

КЛИНИЧЕСКАЯ СТОМАТОЛОГИЯ

Clinical Dentistry (Russia)

dGun[®]
DENTIST

**ИНСТРУМЕНТЫ, НА
КОТОРЫЕ НИ У КОГО
НЕТ НАРЕКАНИЙ**

NEW!

Инъектор dGUN с 2026 года оснащен карпульной иглой нового поколения, дающей стоматологу повышенный уровень комфорта в работе, а пациенту еще больше пониженные болевые ощущения

Отгрузка в ТК в течение

- 24 часов с момента получения оплаты

Производство

- сертифицировано ISO-13485



Контакты:
ООО "Уральская медицинская компания"
Россия, г. Ижевск
8-800-250-99-74
info@denttorg.ru
999@denttorg.ru
dgun.online

На правах рекламы



22

Комплексная оценка стоматологического здоровья детей с ювенильным ревматоидным артритом: клинические, рентгенологические и лабораторные исследования

35

Факторы, влияющие на стабильность ортодонтических мини-имплантатов: обзор

72

Контроль реконструктивного прикуса при несъемном тотальном протезировании: клинический случай

106

Оценка эффективности фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией в зависимости от способа применения фотосенсибилизатора

153

Оценка остеогенного потенциала поверхности дентальных имплантатов, покрытых рекомбинантным BMP-2, в эксперименте in vivo

164

Характеристика зубочелюстных аномалий у пациентов с акромегалией

170

Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия: история развития и современное состояние. Систематический обзор

205

Радиационная безопасность при выполнении рентгеностоматологических исследований у беременных



9 771811 153001


**Дентал
Синтез**



**Сделано
в России**



синтез-имплант.рф

@SYNTHESPRO







Научно-практический рецензируемый журнал «Клиническая стоматология» включен в Перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов и изданий (ВАК), в ядро РИНЦ, в базу данных Russian Science Index на платформе Web of Science, в базу данных Scopus.

№ 1/2026

С 2018 г. выходит при спонсорской поддержке генерального директора «ВладМиВы» проф. Владимира Петровича Чуева

Главные редакторы

С.Ю. Иванов, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии медицинского института РУДН.
Ответственный за разделы: хирургическая стоматология, имплантология, ортопедическая стоматология, ортодонтия, обезболивание в стоматологии, организация здравоохранения и общественное здоровье.

И.М. Рабинович, д.м.н., профессор, заведующий отделом терапевтической стоматологии ЦНИИСиЧЛХ; зав. кафедрой терапевтической стоматологии РМАНПО, заслуженный врач РФ.

Ответственный за разделы: терапевтическая стоматология, заболевания слизистой оболочки рта, пародонтология, эстетическая стоматология, эндодонтия, детская стоматология.

Научный редактор

А.М. Цициашвили, д.м.н., профессор кафедры пропедевтики хирургической стоматологии Российского университета медицины.

Ответственный секретарь

Ю.Л. Васильев, д.м.н., профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Редколлегия

С.И. Абакаров, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии, декан стоматологического факультета РМАНПО.
Н.Н. Аболмасов, д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии с курсом ортодонтии СмолГМУ.
С.Д. Арутюнов, д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии и цифровых технологий Российского университета медицины.
И.М. Байриков, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и стоматологии СамГМУ.
И.П. Балмасова, д.м.н., профессор, зав. лабораторией патогенеза и методов лечения инфекционных заболеваний Научно-исследовательского медико-стоматологического института Российского университета медицины.
А.А. Бахмет, д.м.н., профессор кафедры анатомии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.
Е.А. Булычева, МСс, д.м.н., профессор, зав. кафедрой дополнительного образования по стоматологическим специальностям НовГУ; профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.
В.Д. Вагнер, д.м.н., профессор кафедры ортодонтии и геронтостоматологии Российского университета медицины.
С.И. Гажва, д.м.н., профессор, зав. кафедрой стоматологии Приволжского исследовательского медицинского университета (Нижний Новгород).
Р.Ш. Гветадзе, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, директор НИИ стоматологии Российского университета медицины, заслуженный врач РФ.
С.Н. Гонтарев, д.м.н., профессор, зав. кафедрой детской стоматологии НИУ БелГУ, заслуженный врач РФ.
Л.А. Григорьянц, д.м.н., профессор кафедры стоматологии РУДН.
Л.П. Кисельникова, д.м.н., профессор, зав. кафедрой детской стоматологии Российского универси-

тета медицины, главный внештатный специалист Департамента здравоохранения Москвы по детской стоматологии.
Д.А. Лежнев, д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики Российского университета медицины, вице-президент РОО «Общество рентгенологов, радиологов и специалистов ультразвуковой диагностики в Москве», эксперт научнотехнической сферы НИИ РИНКЦЭ.
С.А. Николаенко, д.м.н., профессор, директор ООО «Клиника профессора Николаенко» и ЦДПО «Профессорская практика», руководитель медико-производственного центра «Эпитетика» (Красноярск)
В.Н. Олесова, д.м.н., профессор, проректор по научной работе Академии постдипломного образования ФНКЦ ФМБА РФ, зав. кафедрой стоматологии медико-биологического университета ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА РФ.
Г.Б. Оспанова, д.м.н., научный консультант ЦНИИСиЧЛХ.
С.А. Рабинович, д.м.н., профессор, зав. кафедрой обезболивания в стоматологии Российского университета медицины.
Г.С. Рунова, к.м.н., доцент кафедры пародонтологии Российского университета медицины.
А.Н. Ряховский, д.м.н., профессор, консультант отдела ортопедической стоматологии ЦНИИСиЧЛХ.
Р.А. Салеев, д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии, декан стоматологического факультета КГМУ, главный врач стоматологической поликлиники КГМУ.
А.Б. Слабовская, д.м.н., профессор кафедры ортодонтии Российского университета медицины.
И.Н. Усманова, д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии БашГМУ.
В.Н. Царев, д.м.н., профессор, зав. кафедрой микробиологии, вирусологии, иммунологии, директор Научно-исследовательского медико-стоматологического института Российского университета медицины.

В.Н. Чиликин, д.м.н., профессор, научный консультант НИКИЭТ.
Р.М. Ахмедбейли, д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии Азербайджанского медицинского университета, президент Азербайджанской ассоциации эстетической стоматологии (Баку, Азербайджан).
Ш. Дирикан-Ипчи, д.м.н., профессор, зав. кафедрой пародонтологии, директор института последипломного образования университета Алтынбаш (Стамбул, Турция).
М.У. Дусмагамбетов, д.м.н., профессор, зав. кафедрой микробиологии и вирусологии Медицинского университета Астаны (Казахстан).
Т. Ичинохе, профессор, зав. кафедрой анестезиологии в стоматологии Токийского стоматологического колледжа (Япония).
С. Маламед, профессор стоматологического факультета Университета Южной Калифорнии, председатель общества «Анестезия и медицина» (Лос-Анджелес США).
Л.Х. Олевник, доктор наук, профессор, зав. кафедрой морфологии и физиологии и зав. отделением клинической анатомии Мазовецкой Академии в Плоцке (Польша)
С.П. Рубникович, член-корр. Национальной академии наук, д.м.н., профессор, ректор Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Белоруссия).
М. Соломонов, д.м.н., профессор, директор программы последипломного образования по эндодонтии департамента эндодонтии госпиталя АОИ «Шибя» (Тель-ха-Шомер, Израиль).
Л. Тестарелли, д.м.н., доцент эндодонтии и реставрации кафедры стоматологии и челюстно-лицевой хирургии университета «Сапиенца» (Рим, Италия).

■ МИКРОБИОЛОГИЯ

- С.Н. Керасов, С.Д. Арутюнов, М.С. Галстян, П.Ю. Колесников, Л.Г. Киракосян, Я.Н. Харах, К.Г. Караков, Д.И. Грачев
Инактивация *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans* в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода: анализ поверхности отклика 6
- И.В. Бажутова, А.В. Лямин, Д.А. Трунин, К.А. Каюмов, А.Е. Пономарев, И.А. Широков, Н.В. Волов, Д.Г. Глубоков
Микробиота как прогностический предиктор риска развития перимплантата у пациентов с хроническим пародонитом 14

■ ОРТОДОНТИЯ

- А.С. Чертихина, Е.А. Картон, И.Г. Островская, Э.Г. Зарецкая, Л.М. Сулейманова
Комплексная оценка стоматологического здоровья детей с ювенильным ревматоидным артритом: клинические, рентгенологические и лабораторные исследования 22
- Д.Р. Орловский, Н.С. Тутуров, В.А. Тугарин, Я.В. Шорстов, Д.С. Булычева, Л.А. Албакова, С.Д. Нурмахматова, М.М. Хамжуева
Оценка изменения объема верхних дыхательных путей после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей 28
- Ю.О. Тулуп, А.И. Абрамова, О.А. Маланова, А.М. Дыбов
Факторы, влияющие на стабильность ортодонтических мини-имплантатов: обзор 35
- А.М. Дыбов, И.Н. Ляшев, Е.В. Дыбова, А.Д. Орлова
Гермэктомия: двухэтапное ортодонтическое лечение скуренного положения зубов (клинический случай) 42
- С.И. Гажва, А.А. Филимонов, Ю.Л. Денисова, А.Г. Манукян, Н.И. Игнатова, Д.А. Сергеев, А.Ю. Карташов
Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров 52

■ ОРТОПЕДИЯ

- К.Г. Ахмедов, С.А. Бочкарева, С.Д. Арутюнов, Т.М. Дибиров, К.Г. Караков, М.М. Магомедов, В.П. Чуев, И.Л. Панов, С.В. Панин
Влияние формы армирующего перфорированного ПЭК-каркаса на несущую способность полного съемного зубного протеза верхней челюсти 58
- А.Н. Ряховский, К.Д. Алтынбеков, Т.Б. Рузудинов
Контроль реконструктивного прикуса при несъемном тотальном протезировании: клинический случай 72

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

- П.О. Петров, Э.Ш. Григорович, М.И. Калинин, А.В. Артохов, И.Н. Усманова
Полная реконструкция зубных рядов у пациентки при повторном протезировании 76

■ АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

- И.С. Найданова, Е.А. Булычева, Д.С. Булычева, Э.Р. Валеев
Морфологические и кинематические характеристики жевательных мышц в норме (часть 2) 84

■ ЭНДОДОНТИЯ

- А.И. Миндубаев, А.У. Зиганшин, Л.Р. Шакирова, Г.Т. Салеева, Д.Э. Цыплаков
Разработка и обоснование применения препарата АТФ при лечении периодонтита у лабораторных крыс 94

■ БОЛЕЗНИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ РТА

- А.Х. Шерегов, А.О. Балкаров, М.Ш. Мустафев, О.М. Гендугова, Ж.А. Абрегова, Б.С. Ерокова, И.В. Тлупов
Клиническое обоснование применения ферментированного фитокомплекса в комплексной терапии эрозивно-язвенной формы красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта 102
- И.М. Рабинович, Т.Н. Новоземцева, К.В. Умарова, Ю.И. Юсупова
Оценка эффективности фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией в зависимости от способа применения фотосенсибилизатора 106

■ ПАРОДОНТОЛОГИЯ

- И.Н. Усманова, В.О. Сенина, И.А. Лакман, Э.Ш. Григорович, Ю.Л. Васильев
Персонализированный подход к диагностике рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и некариозных поражений твердых тканей зубов в зависимости от нарушений углеводного обмена 112

■ ДЕТСКАЯ СТОМАТОЛОГИЯ

- Р.А. Ashour, D.N. Abdulhussein, A.A. Alhaboby, K.A. Al-Salihi
Relationship between occurrence of caries and calcium, phosphorus and vitamin D levels in children in Al-Muthanna province (Iraq) 119
- Е.Е. Маслак, Б.О. Худанов, А.А. Шхагошева, Н.В. Матвиенко, Н. Туйгунов, Ф.А. Абдурахимова, Т.Н. Каменнова, О.А. Костовинская
Применение искусственного интеллекта в детской стоматологии: систематический обзор 126

■ ХИРУРГИЯ

- П.А. Панин, М.С. Подпорин, А.М. Цицишвили, Я.Н. Карасенков, В.Н. Царев, А.М. Панин, А.А. Березкина, С.В. Акулова
Дозозависимое влияние наночастицы серебра на кинетику развития клинически значимых микроорганизмов в практике хирургической стоматологии: in vitro исследование 136
- А.Д. Смирнов, Р.А. Жидков, Д.А. Восканян, А.П. Волощина, А.Ю. Зудилин
Клинико-рентгенологические результаты коронэктомии третьих моляров, прилегающих к нижнечелюстному каналу: серия клинических случаев 142
- А.Г. Степанов, С.В. Апресян, Э.Г. Начарьян, М.В. Копылов, В.С. Левина
Оценка остеогенного потенциала поверхности денальных имплантатов, покрытых рекомбинантным BMP-2, в эксперименте in vivo 153

- А.В. Иващенко
Минимально инвазивная резекция верхушки корня: оценка послеоперационных исходов в стоматологической практике 160
- А.Р. Хасанов, Л.К. Дзеранова, Е.А. Пигарова, Э.А. Меликов, А.Ю. Дробышев
Характеристика зубочелюстных аномалий у пациентов с акромегалией 164
- А.С. Панкратов, Д.В. Ермолин, Т.А. Геворкян, А.И. Шайхалиев
Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия: история развития и современное состояние. Систематический обзор 170

- ИМПЛАНТОЛОГИЯ
- Г.А. Демьяшкин, М.Ю. Дурасов, А.А. Мураев, К.А. Силаков, Д.Ю. Милюкова, С.Ю. Иванов, Г.Е. Дженжера, А.А. Ушаков
Иммуногистохимическая характеристика реакций местных тканей при имплантации высокопористых имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата 178
- О.О. Янушевич, Н.И. Крихели, А.В. Исаев, П.Ю. Перетягин, О.В. Крамар, А.М. Панин, А.М. Цицишвили, Д.А. Лежнев, А.А. Ершов, М.Н. Бычков, М.А. Сухов
Эксплуатационные характеристики фрез с различной геометрией для денальной имплантации в неблагоприятных анатомических условиях при последовательном протоколе сверления с минимальным шагом увеличения диаметра фрезы 188

- ОРГАНИЗАЦИЯ
- В.В. Алямовский, Н.Р. Еварницкая, И.К. Гросицкая, М.О. Царгасова, К.А. Мацелуро, С.А. Орлова, Д.А. Антонов, М.З. Небежева
Инфографика против страха: комплексный подход к преодолению дентофобии у пациентов 198
- М.А. Чибисова, М.Я. Гурджи, А.В. Водоватов
Радиационная безопасность при выполнении рентгеностоматологических исследований у беременных 205
- Е.А. Булычева, И.С. Найданова, В.Н. Трезубов, Д.С. Булычева
Интерактивные методы обучения в рамках освоения раздела «Биомеханика жевательного аппарата (гнатология)» специальности «Стоматология ортопедическая» 209

- ЮБИЛЕЙ
- Стоматологическому образованию Самарского государственного медицинского университета 60 лет 216



TBI
COMPANY

ООО «ТБИ Компания»

Издается при
информационной поддержке



Стоматологической Ассоциации России



Ассоциации торговых и промышленных
предприятий стоматологии
«Стоматологическая индустрия»

■ РЕДАКЦИЯ

Шеф-редактор — М. В. Елисеева
melis1@yandex.ru, editor@k stom.ru
+7 916 596-89-62

Литературный редактор, корректор —
Е. И. Макеева
Технический редактор, верстальщик,
дизайнер — А. А. Капитанников

■ АДРЕС РЕДАКЦИИ

119002, Москва, Сивцев вражек, 29/16,
оф. 205
Тел.: +7 916 596-89-62

ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ
МОЖНО В АГЕНТСТВАХ:

«КНИГА-СЕРВИС» — ИНДЕКС E43036;
«ПРЕССА РОССИИ» — ИНДЕКС 43036;
«ПОЧТА РОССИИ» — ИНДЕКС ПС059;
«УРАЛ-ПРЕСС» — ИНДЕКС 46329.

Журнал зарегистрирован в Министерстве
РФ по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций. Сви-
детельство о регистрации ПИ № 77-1934

Все публикуемые статьи рецензируются. Статья может быть опубликована только после получения положительной экспертной оценки не менее чем от двух рецензентов. Ответственность за содержание рекламных материалов несет рекламодатель. Ответственность за достоверность приводимых в опубликованных материалах сведений несут авторы статей. Перепечатка только с письменного разрешения редакции. Эксклюзивные материалы журнала являются собственностью ООО «Клиническая стоматология».

Тираж 4000 экз. Цена свободная.
© ООО «Клиническая стоматология», 2026



The scientific and practical peer-reviewed journal "Clinical Dentistry (Russia)" is included into the Russian peer-reviewed scientific journals and publications leading list (HAC), in the core of the RSCI, in the Russian Science Index database on the Web of Science platform, and in the Scopus.

№ 1/2026

As of 2018, sponsored by Prof. Vladimir CHUEV, General Director of VladMiVa Company

Chief editors

Ivanov S.Yu., Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Maxillofacial surgery Department at Sechenov University (Moscow, Russia); full professor of the Maxillofacial surgery and surgical dentistry Department at RUDN University (Moscow, Russia)

Accountable for following sections: *surgical dentistry, implantology, orthopedic dentistry, orthodontics, analgesia in dentistry, health management and public health.*

Rabinovich I.M., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Therapeutic dentistry Department at Central Research Institute of Dental and Maxillofacial Surgery (Moscow, Russia); full professor of the Therapeutic dentistry Department at Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russia).

Accountable for following sections: *therapeutic dentistry, oral mucosa diseases, periodontics, aesthetic dentistry, endodontics, paediatric dentistry.*

Science editor

Tsitsiashvili A.M., Doctor of Science in Medicine, professor of the Propaedeutics of Surgical dentistry Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Executive secretary

Vasil'ev Yu.L., Doctor of Science in Medicine, professor of the Operative surgery and topographic anatomy Department at the Sechenov University (Moscow, Russia).

Editorial board

Abakarov S.I., Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics Department, dean of the Dentistry department at the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Moscow, Russia).

Abolmasov N.N., Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics and orthodontics Department at the Smolensk State Medical University (Smolensk, Russia).

Arutyunov S.D., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics and digital technologies Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Bakhmet A.A., Doctor of Science in Medicine, professor of the Human anatomy Department at the Sechenov University (Moscow, Russia).

Balmasova I.P., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Infectious diseases pathogenesis and treatment Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Bayrikov I.M., Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Maxillofacial surgery and dentistry Department at the Samara State Medical University (Samara, Russia).

Bulycheva E.A., MSc, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics, materials science and orthodontics Department at the Novgorod State University (Veliky Novgorod, Russia); professor of the Prosthodontics and material science Department at the Pavlov University (Saint-Petersburg, Russia).

Chilikin V.N., Doctor of Science in Medicine, full professor, scientific advisor of N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering (Moscow, Russia).

Gazhva S.I., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Dentistry Department at the Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia).

Gontarev S.N., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Pediatric dentistry Department at the Belgorod State University, Russia (Belgorod, Russia).

Grigoriants L.A., Doctor of Science in Medicine, professor of the Dentistry Department at the RUDN University (Moscow, Russia).

Gvetadze R.Sh., Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor, director of the Dental Research Institute at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Kiselnikova L.P., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Paediatric dentistry department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Lezhnev D.A., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Radiodiagnosis Department at the Russian University of Medicine, vice-president of the "Moscow society of radiologists and ultrasound specialists," scientific expert of the Republican research and consulting center of expertise (Moscow, Russia).

Nikolaenko S.A., Doctor of Science in Medicine, professor, director of the "Prof. Nikolaenko Clinic" and "Professorial Practice" training center, head of the "Epithetics" medical production facility (Krasnoyarsk, Russia).

Olesova V.N., Doctor of Science in Medicine, full professor, vice-rector for science of the Postgraduate education Academy at the Federal Scientific and Practical Center (Moscow, Russia); head of the Dentistry department at the Medicine and Biology University of the Federal agency for medicine and biology (Moscow, Russia).

Ospanova G.B., Doctor of Science in Medicine, scientific advisor of the Central research institute of dental and maxillofacial surgery (Moscow, Russia).

Rabinovich S.A., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Pain management in dentistry Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Runova G.S., PhD in Medical Sciences, associate professor of the Periodontology Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Ryakhovsky A.N., Doctor of Science in Medicine, full professor, consultant in the Division of Orthopedic Dentistry of the Central research institute of dental and maxillofacial surgery (Moscow, Russia).

Saleev R.A., Doctor of Science in Medicine, professor of the Prosthodontics department at Kazan State Medical University, chief doctor of the University Dental Clinic (Kazan, Russia).

Slabkovskaya A.B., Doctor of Science in Medicine, full professor of Prosthodontics Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Tsarev V.N., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Microbiology, virology, immunology Department, director of the Medico-dental research Institute at the Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia).

Usmanova I.N., Doctor of Science in Medicine, professor of the Therapeutic dentistry Department at the Bashkir State Medical University (Ufa, Russia).

Vagner V.D., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Orthodontics and gerontostomatology Department at the Russian University of Medicine (Moscow, Russia).

Ahmedbeyli R.M., DDS, MD, PhD, DMSci, professor of the Therapeutic dentistry Department at the Azerbaijan Medical University, President of the Azerbaijan Association of Esthetic Dentistry (Baku, Azerbaijan).

Dirikan İpçi Ş., PhD, professor of the Periodontology department, director of Postgraduate health science Institute at Altınbaş University (Istanbul, Turkey).

Dusmagambetov M.U., Doctor of Science in Medicine, full professor of the Microbiology and virology Department (Astana Medical University, Kazakhstan).

Ichinohe T., professor and chairman of the Dental anesthesiology department at the Tokyo dental college (Japan).

Malamed S.F., professor of dentistry at the University of Southern California, the chairperson of the Anesthesia and medicine society (Los Angeles, USA).

Olewnik L.H., Professor of Medicine, head of the Department of Morphological and Physiological Sciences and head of the Clinical Anatomy Unit at the Mazovian University (Plock, Poland).

Rubnikov S.P., National Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, professor, rector of the Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Solomonov M., DMD Endodontist, director of Postgraduate Endodontic Program at the IDF «Sheba» Medical Center (Tel-Ha-Shomer, Israel).

Testarelli L., PhD, associate professor of Dental Restorative and Endodontics of the Dentistry and Maxillofacial Sciences Department at the Sapienza University of Rome (Rome, Italy).

■ MICROBIOLOGY

- S.N. Kerasov, S.D. Arutyunov, M.S. Galstyan, P.Yu. Kolesnikov, L.G. Kirakosyan, Y.N. Kharakh, K.G. Karakov, D.I. Grachev 6

Inactivation of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans* in a sub- and supercritical carbon dioxide environment: response surface analysis

- I.V. Bazhutova, A.V. Lyamin, D.A. Trunin, K.A. Kaiumov, A.E. Ponomarev, I.A. Shirokov, N.V. Volov, D.G. Glubokov 14
- Microbiota as a prognostic predictor of the risk of peri-implantitis development in patients with chronic periodontitis

■ ORTHODONTICS

- A.S. Chertikhina, E.A. Kartov, I.G. Ostrovskaya, E.G. Zaretskaya, L.M. Suleymanova 22

A comprehensive assessment of the dental health of children with juvenile rheumatoid arthritis: clinical, radiographic, and laboratory studies

- D.R. Orlovskiy, N.S. Tuturov, V.A. Tugarin, Ya.V. Shorstov, D.S. Bulycheva, L.A. Albakova, S.D. Nurmakhmatova, M.M. Khamzhueva 28

Assessment of changes in the volume of the upper respiratory tract after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws

- Yu.O. Tulup, A.I. Abramova, O.A. Malanova, A.M. Dybov 35
- Factors affecting the stability of orthodontic mini-implants. A review

- A.M. Dybov, I.N. Lyashev, E.V. Dybova, A.D. Orlova 42
- Germectomy: Two-stage orthodontic treatment of dental crowding (A clinical case)

- S.I. Gazhva, A.A. Filimonov, Yu.L. Denisova, A.G. Manukyan, N.I. Ignatova, D.A. Sergeev, A.Yu. Kartashov 52

Adhesion of oral microbiota to structural materials for manufacturing aligners

■ PROSTHODONTICS

- K.G. Akhmedov, S.A. Bochkareva, S.D. Arutyunov, T.M. Dibirov, K.G. Karakov, M.M. Magomedov, V.P. Chuev, I.L. Panov, S.V. Panin 58

Effect of shape of the reinforcing perforated PEEK frame on bearing capacity of a complete removable denture of the maxilla

- A.N. Ryakhovskiy, K.D. Altynbekov, T.B. Ruzuddinov 72

Bite control of total fixed prosthetics: a clinical case

■ CLINICAL CASE

- P.O. Petrov, E.Sh. Grigorovich, M.I. Kalinin, A.V. Artuhov, I.N. Usmanova 76

Full dental arch reconstruction during repeat prosthetic rehabilitation

- A.N. Naidanova, E.A. Bulycheva, D.S. Bulycheva, E.R. Valeev 84

Morphological and kinematic characteristics of the masticatory muscles under normal conditions (part 2)

■ ENDODONTICS

- A.I. Mindubaev, A.U. Ziganshin, L.R. Shakirova, G.T. Saleeva, D.E. Tsyplakov 94

Development and justification of the use of the drug ATP in the treatment of periodontitis (experimental study)

■ ORAL MUCOSAL DISEASES

- A.Kh. Sheregov, A.O. Balkarov, M.Sh. Mustafaev, O.M. Gendugova, Zh.A. Abregova, B.S. Erokova, I.V. Tlupov 102

Clinical rationale for the use of a fermented phytocomplex in the complex therapy of erosive and ulcerative forms of oral lichen planus

- I.M. Rabinovich, T.N. Novozemceva, K.V. Umarova, Yu.I. Iusupova 106

Evaluation of the effectiveness of photodynamic therapy in the complex treatment of patients with homogenous leukoplakia depending on the method of using the photosensitizer

■ PERIODONTOLOGY

- I.N. Usmanova, V.O. Senina, I.A. Lakman, E.Sh. Grigorovich, Yu.L. Vasil'ev 112

A personalized approach to diagnosing the risks of developing inflammatory periodontal diseases and non-carious hard tooth tissue lesions depending on carbohydrate metabolism disorders

■ PAEDIATRIC DENTISTRY

- R.A. Ashour, D.N. Abdulhussein, A.A. Alhaboby, K.A. Al-Salih 119

Relationship between occurrence of caries and calcium, phosphorus and vitamin D levels in children in Al-Muthanna province (Iraq)

- E.E. Maslak, B.O. Khudanov, A.A. Shkhagosheva, N.V. Matvienko, N. Tuygunov, F.A. Abdurahimova, T.N. Kamennova, O.A. Kostovinskaya 126

Application of artificial intelligence in pediatric dentistry: a systematic review

■ SURGERY

- P.A. Panin, M.S. Podporin, A.M. Tsitsiashvili, Ya.N. Karasenkov, V.N. Tsarev, A.M. Panin, A.A. Berezkina, S.V. Akulova 136

Dose-dependent effect of nanosilver on the kinetics of development of clinically significant microorganisms in oral surgery practice: in vitro study

- A.D. Smirnov, R.A. Zhidkov, D.A. Voskanyan, A.P. Voloshina, A.Y. Zudilin 142

Clinical and radiological results of coronectomy of the third molars adjacent to the mandibular canal: case series

- A.G. Stepanov, S.V. Apresyan, E.G. Nacharyan, M.V. Kopylov, V.S. Levina 153

Evaluation of the osteogenic potential of the surface of dental implants coated with recombinant BMP-2 in an in vivo experiment

- A.V. Ivashchenko 160

Minimally invasive root apex resection: evaluation of postoperative outcomes in dental practice

- A.R. Khasanov, L.K. Dzeranova, E.A. Pigarova, E.A. Melikov, A.Yu. Drobyshev 164

Characteristics of dentofacial anomalies in patients with acromegaly

- A.S. Pankratov, D.V. Ermolin, T.A. Gevorkyan, A.I. Shaikhaliev 170

Intraductal laser sialolithotripsy: History of development and current state. Systematic review

■ IMPLANTOLOGY

- G.A. Demyashkin, M.Yu. Durasov, A.A. Muraev, K.A. Silakov, D.Yu. Milyukova, S.Yu. Ivanov, G.E. Dzhendzhera, A.A. Ushakov 178

Immunohistochemical characterization of local tissue reactions to the implantation of highly porous implants based on polyetheretherketone and polymethylmethacrylate

- O.O. Yanushevich, N.I. Krikheli, A.V. Isaev, P.Yu. Peretyagin, O.V. Kramar, A.M. Panin, A.M. Tsitsiashvili, D.A. Lezhnev, A.A. Ershov, M.N. Bychkova, M.A. Sukhov 188

Performance characteristics of drills with different geometries for dental implantation in unfavorable anatomical conditions with a consistent drilling protocol with a minimum step of increasing the diameter of the drill

■ ORGANIZATION

- V.V. Aliamovskii, N.R. Evarnitskaya, I.K. Grositskaya, M.O. Tsargasova, K.A. Matsepuro, S.A. Orlova, D.A. Antonov, M.Z. Nebezheva 198

The use of infographics in combating fear: an integrated approach to managing dental phobia in patients

- M.A. Chibisova, M.Ya. Gourdji, A.V. Vodovatov 205

Radiation safety during X-ray dental examinations of pregnant women

- E.A. Bulycheva, I.S. Naidanova, V.N. Trezubov, D.S. Bulycheva 209

Interactive teaching methods in the study of the "Biomechanics of the masticatory apparatus (gnathology)" section within the "Prosthodontics" specialty

Founders



VLADMIVA

"VladMiVa" company group

TBI
COMPANY

"TBI Company" LLC

Supported by



Russian Dentistry Association



Association of commercial and industrial enterprises of dentistry "Dental industry"

EDITORIAL

Editor-in-Chief: Marina Eliseeva

melis1@yandex.ru, editor@kstorm.ru

Tel: +7 916 596-89-62

Proofreader, copy editor: Elena Makeeva

Tech. editor, layout and pre-press

master: Anton Kapitannikov

PUBLISHER ADDRESS:

Sivtsev Vrazhek per., 29/16, office 205,
 119002, Moscow, Russia
 Tel: +7 916 596-89-62

FOREIGN READERS BETTER WOULD
 SUBSCRIBE TO THE HIGH-QUALITY PRINT
 VERSION OF OUR JOURNAL VIA EDITORIAL
 OFFICE.

The journal is registered in the Department
 of press, broadcasting and mass media of the
 Russian Federation. Registration certificate:
 PR № 77-1934

All published articles are reviewed.
 An article can be published only after
 receiving a positive expert assessment from
 at least of 2 reviewers.

The advertiser is responsible for the
 advertising materials content. The article'
 authors are responsible for the accuracy of
 the information provided in the published
 materials.

Reprints permitted only with the written
 permission of the editorial board. "Clinical
 dentistry" journal exclusive materials are
 the property of LLC "Clinical dentistry".

Circulation is 4000 copies. Free price.

© "Clinical Dentistry (Russia)", 2026

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_6

[С.Н. Керасов](#)¹,аспирант кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[С.Д. Арутюнов](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедиче-
ской стоматологии и цифровых технологий[М.С. Галстян](#)¹,ассистент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[П.Ю. Колесников](#)¹,м.н.с. лаборатории молекулярно-
биологических исследований НИМСИ[Л.Г. Киракосян](#)¹,к.м.н., ассистент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[Я.Н. Харах](#)¹,к.м.н., доцент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий[К.Г. Караков](#)²,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
терапевтической стоматологии[Д.И. Грачев](#)¹к.м.н., доцент кафедры ортопедической
стоматологии и цифровых технологий¹ Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия² СтГМУ, 355017, Ставрополь, Россия

Инактивация *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans* в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода: анализ поверхности отклика

Реферат. Инфекционный контроль в стоматологии требует эффективных методов обработки инструментария. Традиционные методы (автоклавирование, химическая дезинфекция) имеют ограничения: коррозия металлов, длительность экспозиции, токсичность. Сверхкритический диоксид углерода (scCO₂) рассматривается как альтернатива, однако систематические данные о сравнительной чувствительности различных патогенов к газодинамической обработке отсутствуют. **Цель исследования** — оценить факторно-зависимую и сравнительную эффективность газодинамической инактивации *S. aureus*, *E. coli* и *C. albicans* в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода. **Материалы и методы.** Использовали коллекционные штаммы *S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*. Применяли центральное композиционное планирование с тремя факторами: температура 25—50°C, давление 10—100 атм, время 10—60 минут. Экспериментальная матрица включала 20 точек. Эффективность оценивали по показателю логарифмического снижения числа жизнеспособных микроорганизмов (ЛСМ). Регрессионные модели строили с использованием анализа поверхности отклика и пошаговым отбором факторов. **Результаты.** Газодинамическая обработка обеспечила статистически значимую инактивацию всех микроорганизмов ($p < 0,001$). Медианные значения ЛСМ: *E. coli* — 2,30 log₁₀, *C. albicans* — 1,57 log₁₀, *S. aureus* — 1,25 log₁₀. Давление оказалось единственным значимым предиктором: для *S. aureus* выявлена нелинейная зависимость с квадратичным эффектом ($p = 0,029$), для *E. coli* — линейная тенденция ($p = 0,092$), для *C. albicans* зависимость отсутствовала. Температура и время экспозиции влияния не оказали. **Заключение.** Выявлены существенные различия в чувствительности микроорганизмов к газодинамической обработке: грамотрицательные бактерии наиболее восприимчивы, давление является ключевым технологическим параметром. Метод обладает потенциалом для применения в стоматологии, однако требует валидации в условиях, приближенных к клинической практике.

Ключевые слова: диоксид углерода, стоматологические инструменты, дезинфекция, коррозия, жизнеспособность микроорганизмов

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Керасов С.Н., Арутюнов С.Д., Галстян М.С., Колесников П.Ю., Киракосян Л.Г., Харах Я.Н., Караков К.Г., Грачев Д.И. Инактивация *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans* в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода: анализ поверхности отклика. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 6—13. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_6

[S.N. Kerasov](#)¹,PhD student of the Prosthodontics and digital
technologies Department[S.D. Arutyunov](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Prosthodontics and digital technologies
Department[M.S. Galstyan](#)¹,assistant at the Prosthodontics and digital
technologies Department[P.Yu. Kolesnikov](#)¹,junior researcher at the Molecular biology
research Laboratory of the Medico-dental
research Institute[L.G. Kirakosyan](#)¹,PhD in Medical Sciences, assistant professor
of the Prosthodontics and digital technologies
Department

Inactivation of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans* in a sub- and supercritical carbon dioxide environment: response surface analysis

Abstract. Infection control in dentistry requires effective methods for instrument processing. Traditional methods (autoclaving, chemical disinfection) have limitations: metal corrosion, prolonged exposure time, and toxicity. Supercritical carbon dioxide (scCO₂) is considered as an alternative; however, systematic data on comparative susceptibility of different pathogens to gas-dynamic treatment are lacking. **The aim of this study** was to evaluate the factor-dependent and comparative efficacy of gas-dynamic inactivation of *S. aureus*, *E. coli*, and *C. albicans* in subcritical and supercritical carbon dioxide. **Materials and methods.** Reference strains *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, and *C. albicans* ATCC 10231 were used. Central composite design with three factors was applied: temperature 25—50°C, pressure 10—100 atm, and exposure time 10—60 minutes. The experimental matrix included 20 points. Titanium disks were contaminated with standardized microbial suspensions. Efficacy was assessed by log-reduction values. Regression models were

Y.N. Kharakh¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics and digital technologies Department

K.G. Karakov²,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Therapeutic dentistry Department

D.I. Grachev¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics and digital technologies Department

¹ Russian University of Medicine,

127006, Moscow, Russia

² Stavropol State Medical University,

355017, Stavropol, Russia

constructed using response surface methodology with stepwise factor selection. **Results.** Gas-dynamic treatment provided statistically significant inactivation of all microorganisms ($p < 0,001$). Median log reduction values were: *E. coli* — 2,30 log₁₀, *C. albicans* — 1,57 log₁₀, *S. aureus* — 1,25 log₁₀. Pressure was the only significant predictor: for *S. aureus*, a nonlinear relationship with quadratic effect was revealed ($p = 0,029$); for *E. coli*, a linear trend ($p = 0,092$); for *C. albicans*, no relationship was detected. Temperature and exposure time had no effect. **Conclusions.** Significant differences in microbial susceptibility to gas-dynamic treatment were identified: gram-negative bacteria are most susceptible, with pressure being the key technological parameter. The method shows potential for application in dentistry but requires validation under conditions closer to clinical practice.

Key words: carbon dioxide, dental instruments, disinfection, corrosion, microbial viability

FOR CITATION:

Kerasov S.N., Arutyunov S.D., Galstyan M.S., Kolesnikov P.Yu., Kirakosyan L.G., Kharakh Y.N., Karakov K.G., Grachev D.I. Inactivation of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans* in a sub- and supercritical carbon dioxide environment: response surface analysis. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 6—13 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_6

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционный контроль в стоматологии — ключевой элемент безопасности пациента и персонала. Клинические манипуляции неизбежно связаны с контактом инструментов и поверхностей со слюной, кровью и микробными биопленками, что создает риск перекрестной передачи возбудителей [1, 2]. Спектр контаминирующих микроорганизмов включает грамположительные и грамотрицательные бактерии, а также грибы, способные колонизировать инструменты и поверхности стоматологического кабинета [3, 4]. Патогены сохраняют жизнеспособность на инертных поверхностях от нескольких недель до месяцев, что поддерживает устойчивость контаминации и требует строгих протоколов обработки [5]. Клинически значимые штаммы, такие как метициллин-резистентный *Staphylococcus aureus* (MRSA), и дрожжеподобные грибы рода *Candida* регулярно обнаруживаются на элементах стоматологического оборудования, что подчеркивает необходимость эффективной дезинфекции и стерилизации инструментария [6, 7].

Традиционные методы обработки стоматологических инструментов включают паровую стерилизацию в автоклаве и химическую дезинфекцию. Автоклавирование при температуре в диапазоне от 121 до 134°C обеспечивает надежную инактивацию микроорганизмов, однако термическое воздействие приводит к коррозии и преждевременному износу металлических инструментов, особенно изделий из углеродистой стали [8, 9]. Химические дезинфектанты (например, глутаральдегид, хлорсодержащие растворы) требуют длительной экспозиции и тщательного удаления остатков с поверхности инструментов [10]. Эти ограничения стимулируют поиск альтернативных методов дезинфекции, обеспечивающих микробиологическую безопасность при сохранении целостности материалов.

Сверхкритический диоксид углерода (scCO₂) рассматривается как альтернативный метод обработки медицинских изделий [11–13]. В сверхкритическом состоянии CO₂ приобретает свойства как жидкости, так и газа, обеспечивая высокую проникающую способность при сохранении целостности обрабатываемых материалов [11, 13]. Метод не требует высоких температур, не вызывает коррозии металлов и не оставляет токсичных остатков [11, 12, 14]. Несмотря на имеющиеся данные об инаktivации отдельных видов микроорганизмов, систематические исследования сравнительной чувствительности различных патогенов к газодинамической обработке в условиях варьирования технологических параметров отсутствуют.

Цель исследования — оценить факторно-зависимую и сравнительную эффективность газодинамической инаktivации *S. aureus*, *E. coli* и *C. albicans* в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент был направлен на количественную оценку влияния режима обработки CO₂ под давлением на выживаемость микроорганизмов на поверхности. Образцы с нанесенным инокулятом подвергали обработке в условиях суб- и сверхкритического CO₂ при варьировании температуры, давления и времени экспозиции по плану центрального композиционного планирования. Эффективность оценивали по изменению числа жизнеспособных клеток в смывах с поверхности и выражали как логарифмическое снижение числа жизнеспособных микроорганизмов (ЛСМ). Полученные данные использовали для построения модели для анализа поверхности отклика и выявления статистически значимых факторов.

Дизайн эксперимента

Использовали центральное композиционное планирование (ЦКП) для построения поверхности отклика при варьировании трех факторов: температура (25–50°C), давление (10–100 атм) и время экспозиции (10–60 минут). Экспериментальная матрица включала 20 постановок (точек), сформированных автоматически по заданным диапазонам. Комбинации параметров подбирались по логике ЦКП так, чтобы в наборе опытов были представлены как крайние значения факторов, так и промежуточные уровни и центральная область диапазонов, что позволяет оценить влияние каждого фактора и их сочетаний, а также выявить возможную нелинейность зависимости отклика от параметров обработки и построить квадратичную регрессионную модель. Порядок проведения опытов рандомизировали для исключения систематических ошибок. Каждая экспериментальная точка включала одновременную обработку трех отдельных образцов, контаминированных различными микроорганизмами (*S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*).

Применение центрального композиционного планирования позволило одновременно оценить линейные и квадратичные эффекты трех технологических факторов, а также их парные взаимодействия при минимальном числе опытов (20 экспериментальных точек). Данный объем выборки обеспечивает выявление основных закономерностей процесса инактивации, но не позволяет построить полноквадратичные модели с взаимодействиями высокого порядка, что соответствует задачам пилотного исследования.

Микроорганизмы и подготовка инокулята

В качестве тест-объектов использовали коллекционные штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 и *Candida albicans* ATCC 10231. Суточные культуры выращивали на мясоептонном агаре при 37°C в течение 24 ч. Концентрацию клеток стандартизировали до 0,5 ед. по МакФарланду с денситометрическим контролем прибором DEN-1 (Biosan, Латвия). В качестве инертной подложки для нанесения инокулята использовали титановые диски диаметром 8 мм. На поверхность вносили 100 мкл стандартизированной суспензии и высушивали до образования сухой пленки в асептических условиях (20±2°C, 60 минут). Выбор данных штаммов обусловлен рекомендациями их применения в качестве модельных культур при оценке эффективности методов дезинфекции и стерилизации (ГОСТ Р ИСО 22196:2011, ГОСТ Р 58151.4-2018, Р 4.2.2643-10).

Газодинамическая обработка

Обработку проводили на экспериментальной установке для газодинамической инактивации (Сколковский институт науки и технологий). Использовали диоксид углерода высокой чистоты (99,9%). Образцы в индивидуальной упаковке помещали в рабочую камеру установки. После достижения заданных параметров (температура, давление) выдерживали требуемое время экспозиции согласно матрице эксперимента. Декомпрессию проводили контролируемо со скоростью

не более 10 атм/мин для исключения резкой декомпрессии как дополнительного фактора инактивации. Контроль параметров осуществляли встроенными датчиками температуры и давления с непрерывной регистрацией показателей.

Микробиологический анализ

После обработки образцы переносили в стерильные контейнеры с 5 мл физраствора, интенсивно встряхивали (вортекс, 1000 об./мин, 90 с) для десорбции микроорганизмов. Смывы высевали на чашки Петри с мясоептонным агаром (200 мкл на чашку). Инкубацию проводили при 37°C в течение 24 ч. Подсчет колониеобразующих единиц выполняли визуально и с использованием автоматического счетчика колоний.

Эффективность инактивации оценивали по показателю логарифмического снижения числа жизнеспособных микроорганизмов (ЛСМ):

$$ЛСМ = \lg \frac{N_0}{N},$$

где N_0 — исходная концентрация микроорганизмов (КОЕ/мл), N — остаточная концентрация после обработки (КОЕ/мл).

Статистический анализ

Для анализа влияния технологических параметров на эффективность инактивации строили регрессионные модели с использованием анализа поверхности отклика. Отбор членов модели выполняли пошагово, предпочтение отдавали модели с меньшим значением скорректированного критерия Акаике (AICc). При построении моделей сохраняли их иерархическую структуру: если включалось взаимодействие факторов, автоматически включались и соответствующие линейные эффекты.

В качестве потенциальных предикторов рассматривали линейные и квадратичные эффекты температуры, давления и времени, а также их парные взаимодействия. Качество полученных моделей оценивали по коэффициентам детерминации (R^2 — доля объясненной вариации, R_{adj}^2 — с поправкой на число факторов и R_{pred}^2 — прогнозная способность), а также по результатам дисперсионного анализа (ANOVA, статистическая значимость модели и ее членов) и по тесту на отсутствие несоответствия (lack-of-fit, проверка адекватности модели экспериментальным данным).

Для подтверждения эффекта инактивации применяли критерий знаковых рангов Вилкоксона, проверяя, отличается ли медиана ЛСМ от нуля для каждого вида микроорганизмов. Уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эффективность инактивации

Предварительный анализ подтвердил, что газодинамическая обработка в среде CO_2 обеспечивает значимое снижение количества жизнеспособных микроорганизмов всех трех исследованных видов. Для статистического подтверждения применяли критерий знаковых рангов Вилкоксона, который позволяет оценить, отличается ли эффект инактивации от нуля.

Для всех микроорганизмов получены статистически значимые результаты ($p < 0,001$, статистика Вилкоксона $W = 210,0$), что позволяет с высокой степенью достоверности утверждать: газодинамическая обработка приводит к снижению микробной нагрузки.

Медианные значения ЛСМ составили 1,25 для *S. aureus*, 2,30 для *E. coli* и 1,57 для *C. albicans*, что соответствует снижению концентрации жизнеспособных клеток приблизительно в 18, 200 и 37 раз соответственно. Наиболее выраженный эффект инактивации наблюдался для грамотрицательной бактерии *E. coli*, медиана эффективности в отношении которой почти вдвое превысила показатели двух других микроорганизмов.

В зависимости от комбинации технологических параметров значения ЛСМ для *S. aureus* варьировали от 0,34 до 2,77, для *E. coli* — от 0,52 до 3,14, для *C. albicans* — от 0,29 до 2,85. Максимально достигнутые значения редукции оказались сопоставимы для всех трех видов микроорганизмов, что свидетельствует о потенциальной возможности достижения высокой эффективности инактивации при соответствующих условиях обработки (рис. 1).

Полученные результаты послужили основой для построения регрессионных моделей, позволяющих выявить конкретные факторы, определяющие эффективность инактивации каждого вида микроорганизмов.

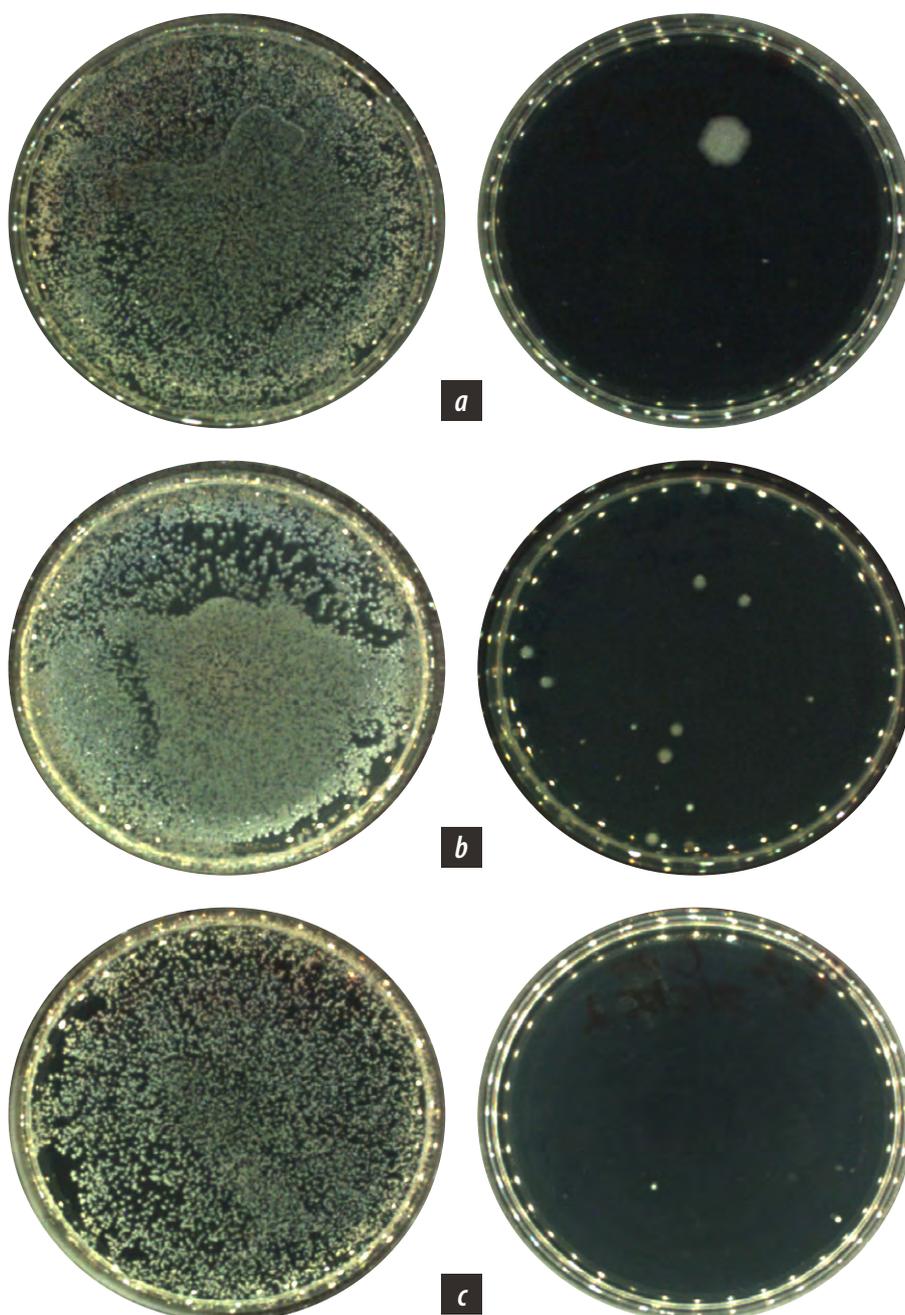


Рис. 1. Культуры микроорганизмов до (слева) и после газодинамической инактивации в среде диоксида углерода (справа): а — *S. aureus*, б — *E. coli*, в — *C. albicans*

Fig. 1. Microbial cultures before (left) and after gas-dynamic inactivation in a carbon dioxide environment (right): а — *S. aureus*, б — *E. coli*, в — *C. albicans*

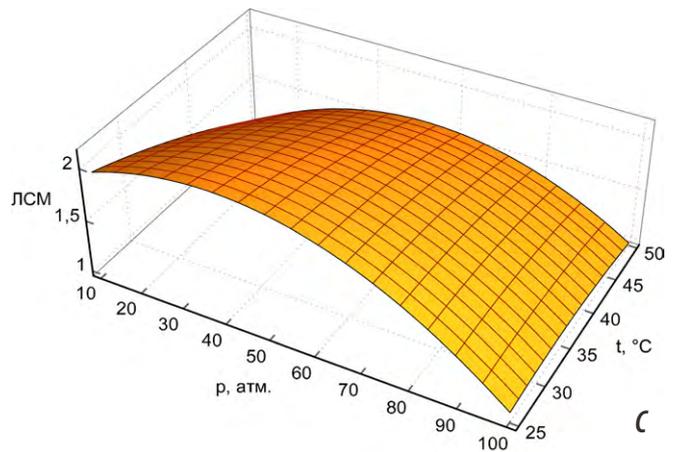
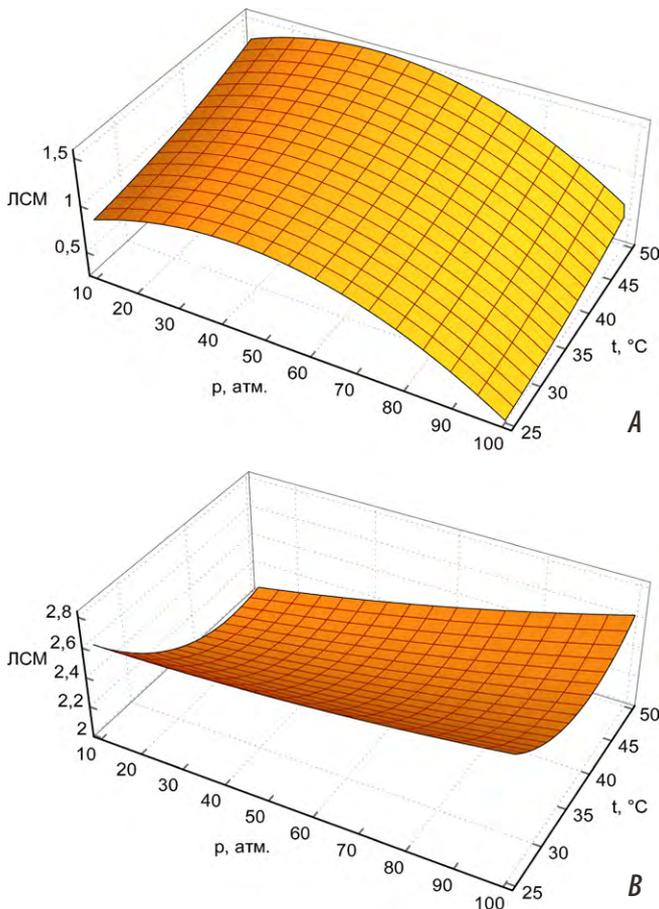


Рис. 2. Поверхности отклика (полная квадратичная модель) зависимости логарифмического снижения числа жизнеспособных микроорганизмов (ЛСМ) от температуры и давления CO₂: А — *S. aureus*, В — *E. coli*, С — *C. albicans*. Время экспозиции фиксировано на 10 минут
Fig. 2. Response surfaces (full quadratic model) showing the dependence of the logarithmic reduction in viable microorganisms (LRV) on CO₂ treatment temperature and pressure: А — *S. aureus*, В — *E. coli*, С — *C. albicans* (exposure time fixed at 10 min)

Регрессионные модели факторной зависимости эффективности инактивации

На основе центрального композиционного планирования построены квадратичные модели поверхности отклика, описывающие зависимость эффективности инактивации от технологических параметров (температуры, давления, времени экспозиции). Для наглядной визуализации характера зависимости логарифмического снижения от параметров обработки приведены поверхности отклика (по полной квадратичной модели; рис. 2).

Далее для получения более компактного описания выполнен пошаговый отбор членов модели по АИСс с сохранением иерархической структуры. Основные характеристики полученных моделей представлены в таблице.

Для *S. aureus* выявлена нелинейная зависимость эффективности инактивации от давления. Оптимальная модель включает линейный и квадратичный эффекты давления, при этом квадратичный термин статистически значим ($p=0,029$), что указывает на существование оптимума давления. Линейный эффект давления формально не достиг порога значимости ($p=0,177$), но был сохранен в модели для соблюдения иерархической структуры.

Модель объясняет около трети изменчивости данных ($R^2=31\%$), при этом скорректированный коэффициент детерминации составил 23%, что

указывает на умеренную объясняющую способность. Предсказательная способность модели ограничена ($R^2_{\text{pred}}=6,3\%$). Тест на соответствие модели экспериментальным данным (lack-of-fit) не выявил значимых расхождений ($p=0,863$), что подтверждает адекватность модели. На диаграмме Парето квадратичный эффект давления пересекает порог статистической значимости (рис. 3).

Характер зависимости указывает на то, что эффективность инактивации *S. aureus* возрастает с увеличением давления до определенного значения, после чего дальнейший рост давления не приводит к усилению эффекта. Температура и время экспозиции в исследованном диапазоне не оказали статистически значимого влияния на результат.

Для *E. coli* получена простая линейная модель, включающая только давление как предиктор. Эффект давления демонстрирует тенденцию к статистической значимости ($p=0,092$), приближаясь к пороговому значению. Модель объясняет небольшую долю изменчивости ($R^2=15\%$, $R^2_{\text{adj}}=10\%$). Предсказательная способность модели нулевая ($R^2_{\text{pred}}=0\%$). Тест lack-of-fit не выявил несоответствия модели данным ($p=0,752$).

Характеристики регрессионных моделей эффективности инактивации

	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
Значимые факторы	p, p_2	p	—
Уравнение модели	$Y=0,947+0,0329p-0,00036p_2$	$Y=2,043+0,00471p$	$Y=1,954$
$R^2, \%$	31,08	14,95	—
$R^2_{\text{adj}}, \%$	22,98	10,22	—
$R^2_{\text{pred}}, \%$	6,26	0,00	—
Достоверность значимости модели	0,042	0,092	—
Достоверность значимости неадекватности модели	0,863	0,752	—
АИСс	49,02	23,12	46,14

Примечание: p — давление, атм; p_2 — квадратичный эффект давления.

С практической точки зрения увеличение давления с 10 до 100 атм приводит к повышению эффективности инактивации на 0,42 log10, что соответствует снижению количества жизнеспособных клеток примерно в 2,6 раза. Это указывает на умеренное влияние давления на *E. coli* в исследованном диапазоне условий. На диаграмме Парето эффект давления приближается к порогу, но не пересекает его (рис. 4). Температура и время экспозиции не показали влияния на эффективность инактивации данного микроорганизма.

Для *S. albicans* процедура пошагового отбора не включила ни один исследованный фактор в модель. Наилучшей по критерию AICс оказалась модель, содержащая только свободный член (константу), равный 1,954 log10. Это означает, что в исследованном диапазоне параметров (25–50°C, 10–100 атм, 10–60 минут) эффективность инактивации *S. albicans* остается относительно постоянной и не зависит от изменения технологических условий.

Диагностика остатков (проверка нормальности распределения, случайности разброса, отсутствия выбросов) не выявила систематических отклонений ни для одной построенной модели, что подтверждает корректность применения регрессионного анализа.

Для всех трех микроорганизмов значения предсказательной способности моделей R^2_{pred} оказались низкими (от 0 до 6%), что указывает на ограниченную возможность точного прогнозирования результата в пределах исследованного диапазона условий. Это объясняется естественной биологической вариабельностью и относительно небольшим объемом выборки ($n=20$ для каждого вида).

Важно отметить, что отсутствие статистически значимого влияния фактора не означает полного отсутствия эффекта, а указывает на то, что в данных условиях эксперимента этот эффект либо слабо выражен, либо маскируется естественной изменчивостью биологического материала.

ОБСУЖДЕНИЕ

Газодинамическая обработка в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода обеспечила статистически значимую инактивацию всех трех исследованных микроорганизмов ($p < 0,001$). Наибольшая медианная эффективность наблюдалась для грамтрицательной бактерии *E. coli* (2,30-log), превысив показатели *S. aureus* (1,25-log) и *S. albicans* (1,57-log). Регрессионный анализ показал, что ключевым технологическим параметром, определяющим эффективность инактивации, является давление: для *S. aureus* выявлена нелинейная зависимость с оптимумом ($p_2=0,029$), для *E. coli* — линейная тенденция ($p=0,092$), для *S. albicans* зависимость отсутствовала. Температура и время экспозиции в исследованном диапазоне не оказали значимого влияния на результат.

Наблюдаемые диапазоны ЛСМ (0,34–2,77 для *S. aureus*, 0,52–3,14 для *E. coli* и 0,29–2,85 для *S. albicans*) отражают вариабельность эффективности инактивации в зависимости от комбинации технологических параметров, а не недостаточную воспроизводимость метода. В рамках центрального композиционного

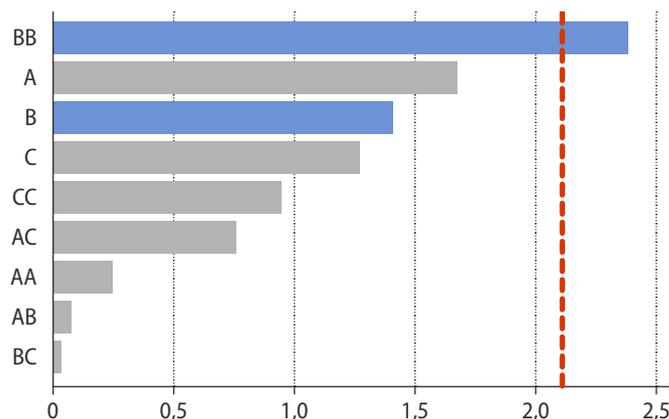


Рис. 3. Диаграмма стандартизованных эффектов для логарифмического снижения числа жизнеспособных микроорганизмов *S. aureus*. Вертикальная линия обозначает порог значимости ($\alpha=0,05$). Обозначения членов модели: A — температура, B — давление, C — время экспозиции; AA, BB и CC — квадратичные члены (A^2, B^2, C^2); AB, AC и BC — взаимодействия факторов. Серые столбцы обозначают эффекты, не входящие в модель

Fig. 3. Standardized effects plot for the logarithmic reduction in viable *S. aureus* microorganisms. Vertical red line indicates the significance threshold ($\alpha=0,05$). Model term notation: A — temperature, B — pressure, C — exposure time; AA, BB, CC — quadratic terms (A^2, B^2, C^2); AB, AC, BC — factor interactions. Gray bar represents a term not in the model

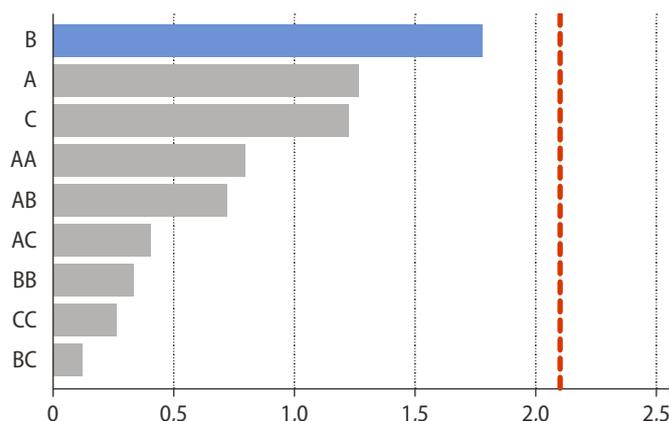


Рис. 4. Диаграмма стандартизованных эффектов для логарифмического снижения числа жизнеспособных микроорганизмов *E. coli*. Вертикальная линия обозначает порог значимости ($\alpha=0,05$). Обозначения членов модели: A — температура, B — давление, C — время экспозиции; AA, BB и CC — квадратичные члены (A^2, B^2, C^2); AB, AC и BC — взаимодействия факторов. Серые столбцы обозначают эффекты, не входящие в модель

Fig. 4. Standardized effects plot for the logarithmic reduction of *E. coli*. Vertical red line indicates the significance threshold ($\alpha=0,05$). Model term notation: A — temperature, B — pressure, C — exposure time; AA, BB, CC — quadratic terms (A^2, B^2, C^2); AB, AC, BC — factor interactions. Gray bar represents a term not in the model

планирования каждая из 20 экспериментальных точек соответствовала уникальному сочетанию температуры, давления и времени экспозиции, что закономерно приводило к различным результатам. Широкий диапазон значений демонстрирует потенциал оптимизации: максимально достигнутые значения ЛСМ (2,77–3,14) сопоставимы для всех трех видов микроорганизмов и подтверждают возможность достижения высокой эффективности при соответствующих условиях обработки.

Наблюдаемые различия в чувствительности трех видов микроорганизмов к газодинамической обработке

согласуются с фундаментальными особенностями строения их клеточных оболочек. Грамотрицательная бактерия *E. coli* продемонстрировала наибольшую восприимчивость (медиана ЛСМ=2,30), что может быть связано с особенностями клеточной оболочки грамотрицательных бактерий [15, 16]. Сверхкритический CO₂ обладает высокой растворимостью в липидных структурах и легко проникает через мембрану, нарушая ее барьерную функцию [16]. *S. aureus* показала наименьшую эффективность инактивации (ЛСМ=1,25): толстая многослойная пептидогликановая стенка грамположительных обеспечивает механическую прочность и частично защищает цитоплазматическую мембрану, хотя диффузия CO₂ и последующее повреждение все же происходят [17]. *C. albicans* имела промежуточные значения ЛСМ (1,57), что согласуется с многослойной клеточной стенкой из β-глюканов и хитина [18]. Общая закономерность повышенной устойчивости грамположительных бактерий по сравнению с грамотрицательными при нетермических физических воздействиях описана в обзорах [19, 20].

Согласно данным проведенного нами регрессионного анализа определено, что давление — это единственный статистически значимый предиктор эффективности инактивации в исследованных условиях. Для *S. aureus* выявлена нелинейная зависимость с квадратичным эффектом ($p=0,029$), указывающая на существование оптимума в пределах диапазона давлений. Для *E. coli* отмечена монотонная тенденция роста редукции с давлением ($p=0,092$) без признаков выхода на плато. Для *C. albicans* зависимость от давления отсутствовала. Критическая роль давления согласуется с литературой: повышение давления увеличивает плотность CO₂ и его растворимость в липидных компонентах мембран, усиливая инактивацию [21, 22]. Нелинейность эффекта и затухание при росте давления описаны кинетическими моделями и отражают сложный характер взаимодействия scCO₂ с клетками [23].

Температура и время экспозиции в исследованных нами диапазонах не внесли статистически значимого вклада. При температуре, превышающей 32°C, обработка проходила в сверхкритической области, а при 25°C в субкритической среде CO₂, тем не менее, в обоих случаях доминирующим фактором оставалось давление [24]. Отсутствие эффекта времени может объясняться тем, что существенная часть инактивации при обработке CO₂ под давлением достигается уже на ранних стадиях процесса, поэтому дальнейшее увеличение выдержки в исследованном диапазоне может давать ограниченный прирост эффекта [25]. В узком температурном диапазоне вклад нагрева менее различим на фоне доминирующего эффекта давления, хотя в ряде исследований расширение температурного окна свыше 60°C ускоряло инактивацию [26].

Полученные значения ЛСМ (2,06–2,30 для бактерий и 1,57 для грибов при 50°C, 45 атм, 10 минут) соответствуют уровню инактивации, описанному для обработки CO₂ под давлением в мягких режимах (малая экспозиция, суб-/близкосверхкритическая область), где ЛСМ часто находится на уровне единиц и существенно зависит от матрицы и параметров процесса [23, 27],

а при умеренных температурах (до 60°C) и повышенных давлениях показано многократное снижение численности микроорганизмов (порядка нескольких логарифмических порядков).

Полученные результаты демонстрируют антимицробную активность газодинамической обработки в среде scCO₂ в отношении клинически значимых микроорганизмов. Ключевые преимущества метода — отсутствие коррозионного воздействия на металлические инструменты и возможность обработки при относительно низких температурах, что было продемонстрировано в наших предыдущих исследованиях [11]. Это особенно важно для термочувствительных материалов и инструментов из коррозионно-уязвимых сплавов. Метод не требует использования токсичных химических агентов и не оставляет остатков на поверхности изделий. Потенциальная область применения метода — обработка стоматологических инструментов, для которых не требуется достижение стерильности, но необходима эффективная инактивация вегетативных форм микроорганизмов.

Полученные результаты позволяют рекомендовать исследованный метод газодинамической инактивации (50°C, 45 атм, 10 минут) для дезинфекции высокого уровня стоматологического инструментария при контаминации вегетативными формами бактерий и грибов. При этом следует учитывать, что достигаемый уровень ЛСМ (2–2,3) недостаточен для стерилизации и не может заменить традиционные методы для инструментария, требующего гарантированного уровня стерилизации. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию параметров обработки для достижения стерилизующего эффекта, в том числе путем применения окислительных добавок, а также на разработку нормативно-методической документации для практического внедрения метода.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на валидацию метода в условиях, приближенных к клинической практике: использование реальных стоматологических инструментов с моделированием органической нагрузки (кровь, слюна), тестирование на смешанных биопленках и расширение спектра микроорганизмов, включая вирусы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Газодинамическая инактивация в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода продемонстрировала статистически значимую эффективность в отношении всех трех исследованных микроорганизмов с выраженными различиями в чувствительности: грамотрицательная *E. coli* оказалась наиболее восприимчивой (медиана ЛСМ=2,30), тогда как грамположительный *S. aureus* показал наименьшее ЛСМ (1,25), а дрожжеподобный гриб *C. albicans* — промежуточное значение (ЛСМ=1,57).

Регрессионный анализ выявил давление как единственный значимый технологический параметр, при этом для *S. aureus* получена нелинейная зависимость с оптимумом, для *E. coli* — линейная тенденция, а для *C. albicans* зависимость отсутствовала; температура и время экспозиции в исследованных диапазонах

влияния не оказали. Полученные результаты указывают на потенциал метода для обработки стоматологического инструментария.

Поступила/Received: 12.11.2025
Принята в печать/Accepted: 22.02.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

- Volgenant C.M.C., de Soet J.J. Cross-transmission in the dental office: Does this make you ill? — *Curr Oral Health Rep.* — 2018; 5 (4): 221—228. [PMID: 30524929](#)
- Volgenant C.M.C., Persoon I.F., de Ruijter R.A.G., de Soet J.J.H. Infection control in dental health care during and after the SARS-CoV-2 outbreak. — *Oral Dis.* — 2021; 27 (Suppl 3): 674—683. [PMID: 32391651](#)
- Smith G., Smith A. Microbial contamination of used dental handpieces. — *Am J Infect Control.* — 2014; 42 (9): 1019—21. [PMID: 25179340](#)
- Baudet A., Guillaso M., Grimmer L., Mediqai Study Group, Regad M., Florentin A. Microbiological contamination of the office environment in dental and medical practice. — *Antibiotics (Basel).* — 2021; 10 (11): 1375. [PMID: 34827313](#)
- Porter L., Sultan O., Mitchell B.G., Jenney A., Kiernan M., Brewster D.J., Russo P.L. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A scoping review. — *J Hosp Infect.* — 2024; 147: 25—31. [PMID: 38447803](#)
- Gonçalves E., Carvalhal R., Mesquita R., Azevedo J., Coelho M.J., Magalhães R., Ferraz M.P., Manso M.C., Gavinha S., Pina C., Lopes Cardoso I. Detection of *Staphylococcus aureus* (MRSA/MSSA) in surfaces of dental medicine equipment. — *Saudi J Biol Sci.* — 2020; 27 (4): 1003—1008. [PMID: 32256160](#)
- Navidi M., Mirkeshavarz M., Haghi F. Assessment of *Candida* species contamination on dental unit surfaces: Prevalence, risk factors, and infection control strategies. — *Journal of Inflammatory Diseases.* — 2025; 29 (2): e161445. [DOI: 10.69107/jid-161445](#)
- Dioguardi M., Sovereto D., Illuzzi G., Laneve E., Raddato B., Arena C., Alberto Caponio V.C., Caloro G.A., Zhurakivska K., Troiano G., Lo Muzio L. Management of instrument sterilization workflow in endodontics: A systematic review and meta-analysis. — *Int J Dent.* — 2020; 2020: 5824369. [PMID: 32148504](#)
- Дунаев С.А. и соавт. Негативное влияние процессов стерилизации на режущую способность эндодонтического ротационного инструмента (обзорная статья). — *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* — 2023; 1: 7—11. [Dunaev S.A., et al. Negative effect of sterilization processes on the cutting ability of endodontic rotary instruments (review article). — *Journal of New Medical Technologies, EEdition.* — 2023; 1: 7—11 (In Russian)]. [eLibrary ID: 50389862](#)
- Акавов А.Н., Расулов И.М., Подпорин М.С., Дешев А.В., Ипполитов Е.В., Царев В.Н., Колесников П.Ю. Антимикробная активность дезинфектантов, применяемых в ортопедической стоматологии в зависимости от степени разведения (экспериментальное исследование in vitro). — *Пародонтология.* — 2024; 3: 331—340. [Akavov A.N., Rasulov I.M., Podporin M.S., Deshev A.V., Ippolitov E.V., Tsarev V.N., Kolesnikov P.Y. Antimicrobial activity of disinfectants used in prosthetic dentistry depending on the degree of dilution (an experimental in vitro study). — *Parodontologiya.* — 2024; 3: 331—340 (In Russian)]. [eLibrary ID: 68624653](#)
- Salimon A.I., Statnik E.S., Kan Yu., Yanushevich O.O., Tsarev V.N., Podporin M.S., Arutyunov S.D., Skripnichenko P.Yu., Galstyan M.S., Korsunsky A.M. Comparative study of biomaterial surface modification due to subcritical CO₂ and autoclave disinfection treatments. — *The Journal of Supercritical Fluids.* — 2022; 191: 105789. [DOI: 10.1016/j.supflu.2022.105789](#)
- Гветадзе Р.Ш., Галстян М.С., Харах Я.Н., Колесников П.Ю., Киракосян Л.Г., Подпорин М.С., Царев В.Н., Арутюнов С.Д. Оптимизация и валидация режимов инактивации спор *Bacillus subtilis* в среде сверхкритического CO₂: чистый газ, перекись водорода, надуксусная кислота. — *Медицина экстремальных ситуаций.* — 2025; Online first. [Gvetadze R.Sh., Galstyan M.S., Kharakh Ya.N., Kolesnikov P.Yu., Kirakosyan L.G., Podporin M.S., Tsarev V.N., Arutyunov S.D. Optimization and validation of *Bacillus subtilis* spore inactivation regimes in supercritical carbon dioxide: Pure gas, hydrogen peroxide, peracetic acid. — *Extreme Medicine.* — 2025; Online ahead of print]. [DOI: 10.47183/mes.2025-359](#)
- Ribeiro N., Soares G.C., Santos-Rosales V., Concheiro A., Alvarez-Lorenzo C., García-González C.A., Oliveira A.L. A new era for sterilization based on supercritical CO₂ technology. — *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* — 2020; 108 (2): 399—428. [PMID: 31132221](#)
- Bernhardt A., Wehr M., Paul B., Hochmuth T., Schumacher M., Schütz K., Gelinsky M. Improved sterilization of sensitive biomaterials with supercritical carbon dioxide at low temperature. — *PLoS One.* — 2015; 10 (6): e0129205. [PMID: 26067982](#)
- Hashimi A., Tocheva E.I. Cell envelope diversity and evolution across the bacterial tree of life. — *Nat Microbiol.* — 2024; 9 (10): 2475—2487. [PMID: 39294462](#)
- Sun J., Rutherford S.T., Silhavy T.J., Huang K.C. Physical properties of the bacterial outer membrane. — *Nat Rev Microbiol.* — 2022; 20 (4): 236—248. [PMID: 34732874](#)
- Wang M., Buist G., van Dijk J.M. *Staphylococcus aureus* cell wall maintenance — the multifaceted roles of peptidoglycan hydrolases in bacterial growth, fitness, and virulence. — *FEMS Microbiol Rev.* — 2022; 46 (5): fuac025. [PMID: 35675307](#)
- Gow N.A.R., Latge J.P., Munro C.A. The fungal cell wall: Structure, biosynthesis, and function. — *Microbiol Spectr.* — 2017; 5 (3): 1—25. [PMID: 28513415](#)
- Rotabakk B.T., Rode T.M. Combining high-pressure processing and supercritical carbon dioxide for inactivation of *Listeria innocua*. — *Foods.* — 2023; 12 (19): 3563. [PMID: 37835216](#)
- Mai-Prochnow A., Clauson M., Hong J., Murphy A.B. Gram positive and Gram negative bacteria differ in their sensitivity to cold plasma. — *Sci Rep.* — 2016; 6: 38610. [PMID: 27934958](#)
- Silva J.M., Rigo A.A., Dalmolin I.A., Debieu I., Cansian R.L., Oliveira J.V., Mazutti M.A. Effect of pressure, depressurization rate and pressure cycling on the inactivation of *Escherichia coli* by supercritical carbon dioxide. — *Food Control.* — 2013; 29 (1): 76—81. [DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.05.068](#)
- Gomez-Gomez A., Brito-de la Fuente E., Gallegos C., Garcia-Perez J.V., Quiles A., Benedito J. Microbial inactivation by means of ultrasonic assisted supercritical CO₂. Effect on cell ultrastructure. — *The Journal of Supercritical Fluids.* — 2022; 179: 105407. [DOI: 10.1016/j.supflu.2021.105407](#)
- Ferrentino G., Calliari N., Bertuccio A., Spilimbergo S. Validation of a mathematical model for predicting high pressure carbon dioxide inactivation kinetics of *Escherichia coli* spiked on fresh cut carrot. — *The Journal of Supercritical Fluids.* — 2014; 85: 17—23. [DOI: 10.1016/j.supflu.2013.10.015](#)
- Budisa N., Schulze-Makuch D. Supercritical carbon dioxide and its potential as a life-sustaining solvent in a planetary environment. — *Life (Basel).* — 2014; 4 (3): 331—40. [PMID: 25370376](#)
- Zambon A., Bourdoux S., Pantano M.F., Pugno N.M., Boldrin F., Hoffland G., Rajkovic A., Devlieghere F., Spilimbergo S. Supercritical CO₂ for the drying and microbial inactivation of apple's slices. — *Drying Technology.* — 2021; 39 (2): 259—267. [DOI: 10.1080/07373937.2019.1676774](#)
- Yu T., Niu L., Iwahashi H. High-pressure carbon dioxide used for pasteurization in food industry. — *Food Eng Rev.* — 2020; 12 (3): 364—380. [PMID: 40476998](#)
- Kustyawati M.E., Pratama F., Saputra D., Wijaya A. Viability of molds and bacteria in tempeh processed with supercritical carbon dioxides during storage. — *Int J Food Sci.* — 2018; 2018: 8591015. [PMID: 30402459](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_14

[И.В. Бажутова](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии ИПО

[А.В. Лямин](#)¹,

д.м.н., доцент, директор

Научно-образовательного
профессионального центра генетических
и лабораторных технологий (НОПЦ ГЛТ)[Д.А. Трунин](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
стоматологии ИПО[К.А. Каюмов](#)¹,специалист лаборатории культуромных
и протеомных исследований НОПЦ ГЛТ[А.Е. Пономарев](#)¹,биолог лаборатории иммунологических
методов исследования НОПЦ ГЛТ[И.А. Широков](#)¹,специалист лаборатории анализа BigData,
коллекции микроорганизмов, биобанка
НОПЦ ГЛТ[Н.В. Волон](#)²,

к.м.н., главный врач

[Д.Г. Глубоков](#)³,

зав. патологоанатомическим отделением

¹ СамГМУ, 443099, Самара, Россия² ЛОР-клиника «Амбулаторный центр
№ 1», 443008, Самара, Россия³ Самарская городская клиническая
больница № 8, 443035, Самара, Россия

Микробиота как прогностический предиктор риска развития периимплантита у пациентов с хроническим пародонтитом

Реферат. Развитие воспаления на месте установленного имплантата с развитием периимплантита и мукозита значительно чаще встречается у пациентов с хроническими заболеваниями пародонта. Исследование направлено на разработку модели прогнозирования риска развития периимплантита у пациентов с хроническим пародонтитом с использованием микробиологических маркеров и алгоритма CART. **Цель** — разработать модель классификации риска развития периимплантита у пациентов с хроническим пародонтитом на основе микробиологических маркеров, используя метод построения дерева решений. **Материалы и методы.** В исследовании были проанализированы 177 пациентов с хроническим пародонтитом, разделенных на три группы: без дентальных имплантатов, с имплантатами без признаков периимплантита и с наличием данных признаков (по 59 человек в каждой группе). Проведен анализ микробиологических показателей, позволивший выявить микробиологические маркеры риска развития периимплантита. Построена модель машинного обучения на базе алгоритма CART с включением индекса Джини. **Результаты.** Для общей выборки модель показала следующие метрики: общая корректность — 0,667, согласованность — 0,639, ROC—AUC — 0,66. У пациентов с периимплантитом выявлены статистически значимые различия в микробиологических показателях. Наиболее характерными микроорганизмами оказались *Rothia mucilaginosa*, *Actinomyces odontolyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus australis*, *Streptococcus oralis*. Такие результаты соотносятся с данными научной литературы. **Заключение.** Микробиологический анализ пациентов с периимплантитом, включающий статистическую обработку данных и применение методов машинного обучения, позволяет прогнозировать риск развития периимплантита у пациентов с хроническим пародонтитом. Результаты подчеркивают важность включения возвратного микробиологического обследования в стандартные протоколы обследования, позволяющие ранее идентифицировать пациентов группы риска, персонализировать превентивные и лечебные мероприятия.

Ключевые слова: периимплантит, хронический пародонтит, микробиологические маркеры, прогнозирование, дентальная имплантация, машинное обучение

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бажутова И.В., Лямин А.В., Трунин Д.А., Каюмов К.А., Пономарев А.Е., Широков И.А., Волон Н.В., Глубоков Д.Г. Микробиота как прогностический предиктор риска развития периимплантита у пациентов с хроническим пародонтитом. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 14—21. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_14

[I.V. Bazhutova](#)¹,PhD in Medical sciences, associate professor
of the Stomatology Department[A.V. Lyamin](#)¹,Doctor of Science in Medicine, associate
professor, director of the Center for Genetic
and Laboratory Technologies[D.A. Trunin](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor,
head of the Stomatology Department[K.A. Kaiumov](#)¹,specialist of the Culturomics and proteomics
research Lab at the Center for Genetic and
Laboratory Technologies[A.E. Ponomarev](#)¹,biologist of the Immunological Research
Methods Lab at the Center for Genetic and
Laboratory Technologies

Microbiota as a prognostic predictor of the risk of peri-implantitis development in patients with chronic periodontitis

Abstract. Development of inflammation at the site of the installed implant, with the development of peri-implantitis and mucositis are much more common in patients with chronic periodontal diseases. The study is aimed at developing a model for predicting the risk of peri-implantitis in patients with chronic periodontitis using microbiological markers and the CART algorithm. Objective: to develop a model for classifying the risk of peri-implantitis in patients with chronic periodontitis based on microbiological markers using the decision tree method. **Materials and methods.** The study analyzed 177 patients with chronic periodontitis, divided into three groups: without dental implants, and implants without signs of peri-implantitis and with the presence of these signs (59 people in each group). An analysis of microbiological indicators was carried out, which allowed us to identify microbiological markers of the risk of peri-implantitis. A machine learning model was built based on the CART algorithm with the inclusion of the Gini index. **Results.** For the total sample, the model demonstrated the following metrics: overall correctness — 0.667, consistency — 0.639, ROC—AUC — 0.66. Statistically significant differences in microbiological

I.A. Shirokov¹,

specialist of the BigData analysis Lab
at the Center for Genetic and Laboratory
Technologies

N.V. Volov²,

PhD in Medical Sciences, chief medical officer

D.G. Glubokov³,

head of the pathoanatomical department

¹ Samara State Medical University,
443099, Samara, Russia

² Otolaryngology Clinic "Ambulatory
Center No. 1", 443008, Samara, Russia

³ Municipal clinical hospital no. 8,
443035, Samara, Russia

parameters were revealed in patients with peri-implantitis. The most typical microorganisms were *Rothia mucilaginosa*, *Actinomyces odontolyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus australis*, *Streptococcus oralis*. These results are consistent with the literature data. **Conclusions.** Microbiological analysis of patients with peri-implantitis, including statistical data processing and the use of machine learning methods, allows us to predict the risk of peri-implantitis in patients with chronic periodontitis. The results emphasize the importance of including repeat microbiological examination in standard examination protocols, which allow for early identification of at-risk patients and personalization of preventive and therapeutic measures.

Key words: periimplantitis, chronic periodontitis, microbiological markers, forecasting, dental implantation, machine learning

FOR CITATION:

Bazhutova I.V., Lyamin A.V., Trunin D.A., Kaiumov K.A., Ponomarev A.E., Shirokov I.A., Volov N.V., Glubokov D.G. Microbiota as a prognostic predictor of the risk of peri-implantitis development in patients with chronic periodontitis. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 14—21 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_14

ВВЕДЕНИЕ

В современной стоматологической практике процедура дентальной имплантации широко применяется у различных групп пациентов при восстановлении утраченных зубов, в том числе у пациентов с хроническим пародонтитом. Периимплантные заболевания рассматриваются как бактериально обусловленные инфекции, традиционно их связывали с пародонтитом и возможной транслокацией пародонтопатогенов в периимплантную борозду [1]. Воспалительные реакции на месте установленного имплантата с развитием мукозита и периимплантита в 3 раза чаще встречаются у пациентов с хроническими заболеваниями пародонта [2, 3]. Состав микробных сообществ, формирующихся при пародонтите, их антагонизм и синергизм, а также способность к образованию биопленок, являются главным этиологическим фактором в последующем развитии периимплантита [4]. Формирование биопленки — это ключевой триггер, запускающий деструктивные процессы в тканях пародонта. Биопленка образуется в придесневых зонах и в межзубных промежутках и представляет собой сообщество из сотен видов микроорганизмов. По мере развития заболевания биопленка заполняет пародонтальный карман, который формируется вокруг зуба.

В зависимости от клинической значимости пародонтопатогены классифицируют на два порядка. К пародонтопатогенам 1-го порядка относятся микроорганизмы, наиболее тесно связанные с прогрессированием хронического пародонтита (ХП). Они обладают выраженными факторами патогенности, включая способность к внутриклеточному паразитизму и передаче от человека к человеку. К этому порядку принадлежат, например, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (серотип b тоx), *Porphyromonas gingivalis* и *Tannerella forsythia*. Пародонтопатогены 2-го порядка в развитии ХП играют второстепенную роль и характеризуются меньшей вирулентностью. Они не обладают всеми ключевыми признаками патогенности, присущими микроорганизмам 1-го порядка [5].

Также микроорганизмы, ассоциированные с заболеваниями пародонта, разделены на соответствующие пародонтопатогенные комплексы. Основные возбудители, такие как *Porph. gingivalis*, *Tan. forsythia*, *Agg. actinomycetemcomitans*, *Filifactor alocis*, *Porph. endodontalis*, *Treponema denticola*, *Prevotella intermedia* и *Fusobacterium nucleatum*, входят в красный и оранжевый пародонтопатогенные комплексы. Помимо данных микроорганизмов, существуют и другие виды бактерий, которые также могут быть связаны с заболеваниями пародонта. Например, к зеленому комплексу относятся *Agg. actinomycetemcomitans*, *Capnocytophaga*, *Campylobacter concisus* и *Eikenella corrodens*. Эти микроорганизмы вызывают воспаление пародонта и могут способствовать воспалительным изменениям в слизистой оболочке рта и твердых тканях зубов. Желтый комплекс включает *Streptococcus sanguinis*, *Str. mitis*, *Str. oralis*, *Str. intermedius* и *Str. gordonii*. Эти бактерии могут выполнять защитную функцию, конкурируя с пародонтальными патогенами и препятствуя их размножению. Пурпурный или фиолетовый комплекс представлен *Actinomyces odontolyticus* и *Veillonella parvula* [6, 7].

Для современной стоматологии исследование микробиоты при пародонтите и периимплантите имеет ключевое значение. Микробиоценоз полости рта представляет собой сложную, динамически изменяющуюся систему, которая играет важную роль в поддержании стоматологического здоровья [8]. Понимание структуры микробиома в периимплантатной зоне и при пародонтите способствует разработке более эффективных методов диагностики, профилактики и лечения заболеваний.

Исследования показывают, что микробиологический профиль пациентов с пародонтитом и периимплантитом имеет схожие характеристики. В обоих случаях в пародонтальных карманах и вокруг имплантатов обнаруживаются схожие микробные ассоциации. Однако некоторые авторы считают, что инфицирование периимплантной зоны патогенами из пародонтальных тканей маловероятно [1].

Отмечается, что микробиом периимплантата характеризуется большим разнообразием по сравнению с микробиотой при пародонтите. В периимплантатной зоне выявляются различные виды бактерий, включая аэробы и анаэробы. В то время как при пародонтите доминируют определенные группы микроорганизмов, такие как *Str. spp.* и *Act. spp.*, в периимплантных тканях обнаруживается более широкий спектр бактерий, включающий грамотрицательные анаэробные виды [9, 10].

Вокруг здоровых имплантатов чаще всего присутствуют микроорганизмы из желтого и пурпурного комплексов, которые являются частью нормальной микробиоты полости рта. Эти бактерии обычно не вызывают воспалительных реакций и способствуют поддержанию здоровья тканей. В то же время при периимплантите основными компонентами микробного сообщества становятся грамотрицательные анаэробные бактерии, такие как *Porph. gingivalis*, *Prev. intermedia* и *Tan. forsythia*. Эти микроорганизмы способны индуцировать воспалительные процессы и приводить к резорбции костной ткани вокруг имплантата [11, 12].

В связи со скрытым началом и бессимптомным течением на ранних стадиях одной из ключевых сложностей в лечении заболеваний пародонта является их поздняя диагностика. При своевременном выявлении и лечении шансы сохранить целостность зубных рядов и избежать осложнений значительно выше [13].

Таким образом, прогнозирование развития периимплантата на основании наличия у пациента пародонтита, данных о выделенных микроорганизмах и других микробиологических параметров, поможет ранней диагностике и своевременной профилактике развития данной патологии.

Алгоритм построения дерева решений (CART — Classification and Regression Trees) является мощным и гибким методом машинного обучения, который широко используется для решения различных задач, включая классификацию и регрессию. Этот метод позволяет с высокой точностью прогнозировать исходы событий, основываясь на наборе входных данных, при этом он обеспечивает возможность интерпретации результатов, что делает его особенно ценным для специалистов в области медицины, биологии, финансов и в других областях, где важна прозрачность и объяснимость моделей.

Дерево решений представляет собой иерархическую структуру, состоящую из узлов и листьев. Узлы проверяют определенные условия, а листья содержат прогнозируемые значения или решения. Процесс построения дерева начинается с корневого узла, который затем разделяется на дочерние узлы в зависимости от выполнения условий. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты листья, представляющие собой конечные результаты или прогнозы.

В медицине алгоритм CART находит широкое применение для диагностики заболеваний, прогнозирования исходов лечения и разработки персонализированных терапевтических стратегий. Использование данных о наличии или отсутствии пародонтита, а также ряда микробиологических параметров (выделенные микроорганизмы, антагонизм или синергизм микробных

сообществ) позволит адекватно прогнозировать риск развития осложнений после дентальной имплантации [14–16].

Цель исследования — разработать модель классификации риска развития периимплантата у пациентов с хроническим пародонтитом на основе микробиологических маркеров, используя метод построения дерева решений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовался набор данных, включающий информацию о 325 пациентах. Изначально пациенты были разделены на 3 группы:

- I — 171 человек без имплантатов;
- II — 95 человек с имплантатами без периимплантата;
- III — 59 человек с имплантатами и диагностированным периимплантитом.

Однако такой значительный дисбаланс в выборке мог негативно повлиять на точность прогнозирования модели. Случайным способом первые две группы были сокращены до 59 человек в каждой, дав итоговую выборку из 177 пациентов.

Далее мы проанализировали широкий спектр микробиологических параметров, которые потенциально могут быть связаны с развитием периимплантата.

В соответствии с методическими указаниями МУ 4.2.2039-05 для микробиологического исследования был собран и транспортирован биоматериал.

Посев биоматериала проводился на 7 типов питательных сред HiMedia (Индия): агар Мюллера—Хинтона с 5% дефибрированной бараньей крови, универсальную хромогенную среду, *Veillonella*-агар, агар для выделения облигатных анаэробов, *Clostridium*-агар, агар для выделения лактобактерий и *Brucella*-агар с 7% дефибрированной бараньей крови. Рассев осуществлялся методом Дригальского. Для культивирования в анаэробных условиях использовалась анаэробная станция Bactron 300-2 (Sheldon Manufacturing, США). Аэробные и микроаэрофильные микроорганизмы культивировались в обычных условиях и при 4–6% CO₂ соответственно, при температуре 36 °С в течение 120 часов.

Идентификацию выросших микроорганизмов проводили с использованием матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации (MALDI-ToF) масс-спектрометрии на приборе Microflex LT (Bruker, Германия).

Для идентифицированных микроорганизмов рассчитан коэффициент постоянства, оценивающий их долю в микробиоте. Микроорганизмы, обнаруженные более чем в 50% случаев, относятся к постоянной микробиоте, в диапазоне 25–50% случаев — к добавочной, менее 25% случаев — к транзитной. Из 197 микроорганизмов были отобраны 20, относящиеся к постоянной и добавочной микробиоте. В ходе работы было проанализировано наличие у пациентов *Actinomyces odontolyticus*, *Actinomyces oris*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum*, *Neisseria flavescens*, *Neisseria macacae*, *Porphyromonas gingivalis*, *Rothia dentocariosa*, *Rothia mucilaginosa*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus*

anginosus, *Streptococcus australis*, *Streptococcus cristatus*, *Streptococcus infantis*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus vestibularis*, *Tannerella forsythia* и *Veillonella atypica*.

Затем мы разделили данные на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки, сохраняя баланс классов. Такой подход (142 пациента в обучающей выборке и 35 в тестовой) позволил обеспечить корректное обучение модели и получить адекватную оценку ее производительности.

Для построения модели классификации был выбран алгоритм CART (Classification and Regression Tree), реализованный в модели DecisionTreeClassifier. CART представляет собой алгоритм машинного обучения, который строит дерево решений — иерархическую структуру, где каждый узел представляет собой проверку условия, а ветви ведут к дальнейшему разбиению данных, пока не будет достигнут конечный результат — классификация пациента по риску развития периимплантита. Процесс построения дерева решений с применением данного алгоритма основан на рекурсивном разбиении данных с учетом ряда критериев. Ключевыми из них являются достижение максимальной глубины дерева, однородность узла (все объекты относятся к одному классу), идентичность значений признаков, а также недостаточный информационный выигрыш для дальнейшего разбиения. В процессе построения дерева оптимальное разбиение на каждом этапе определяется путем максимизации уменьшения коэффициента Джини, который оценивает неоднородность выборки.

Коэффициент Джини определяется по формуле:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^k p_i^2,$$

где k — количество классов, p_i — доля объектов класса i в наборе.

Для оценки качества модели использованы метрики:

- Accuracy (общая корректность) — показывает, сколько предсказаний модель сделала правильно.
- Recall (чувствительность, полнота) — отражает, сколько реальных случаев заболевания модель смогла правильно определить.
- Precision (точность, достоверность) — определяет, насколько можно доверять предсказаниям модели о наличии заболевания.
- Specificity (специфичность) — случаи, когда модель не выявила периимплантит у пациента, однако периимплантит диагностирован.
- F1-score (согласованность) — позволяет оценить баланс между точностью и полнотой.
- ROC—AUC — площадь под кривой ошибок (Receiver Operating Characteristic — Area Under Curve), показывающая способность модели различать классы.

С показателями метрик модели, основанной на выделенных микроорганизмах для прогнозирования риска развития периимплантита, можно ознакомиться в табл. 1.

В процессе обучения модель выявляет значимость признаков, которые позволяют приходиться к определенному решению. Важность признаков — это числовой балл, отражающий вклад каждого входного признака

в предсказания модели на основе дерева решений. Она оценивает, насколько использование данного признака снижает неопределенность в модели за счет того, сколько улучшения разделения в узлах достигается при его участии. Оценки важности выражаются в долях, нормированных так, что сумма важностей всех признаков равна 1. Данные важности признаков модели, основанной на выделенных микроорганизмах для прогнозирования риска развития периимплантита, указаны в табл. 2.

После обучения данной модели были построены деревья решений, ведущие к исходам наличия риска развития периимплантита и к его отсутствию (рис. 1 и 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная модель дерева решений показала следующие метрики для общей выборки. Общая корректность составила 0,667, т.е. модель правильно классифицирует 66,7% случаев. Общая согласованность (F1-score overall), которая показывает сбалансированность модели, составила 0,639. ROC—AUC составляет 0,66, т.е. модель в 66% случаев верно отличает пациентов с периимплантитом от пациентов без данной нозологии. Эти результаты свидетельствуют о том, что модель имеет

Таблица 1. Метрики дерева решений, основанного на выделенных микроорганизмах для прогнозирования риска развития периимплантита

Table 1. Decision tree performance metrics based on identified microorganisms for predicting peri-implantitis risk

Метрика	Класс 0	Класс 1
Accuracy	0,667 (66,7%)	
Общий F1-score	0,639 (63,9%)	
ROC—AUC	0,66	
Precision	0,81	0,47
Recall	0,68	0,64
Specificity	68,0%	63,64%
F1-score	0,74	0,54

Таблица 2. Важность признаков согласно модели, основанной на выделенных микроорганизмах для прогнозирования риска развития периимплантита

Table 2. Feature importance according to the model based on the identified microorganisms for predicting the risk of peri-implantitis development

Микроорганизм	Важность
<i>Actinomyces oris</i>	0,133
<i>Rothia mucilaginosa</i>	0,116
<i>Tannerella forsythia</i>	0,096
<i>Rothia dentocariosa</i>	0,089
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	0,071
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	0,066
<i>Streptococcus cristatus</i>	0,059
<i>Neisseria macacae</i>	0,058
<i>Streptococcus australis</i>	0,056
<i>Actinomyces odontolyticus</i>	0,043

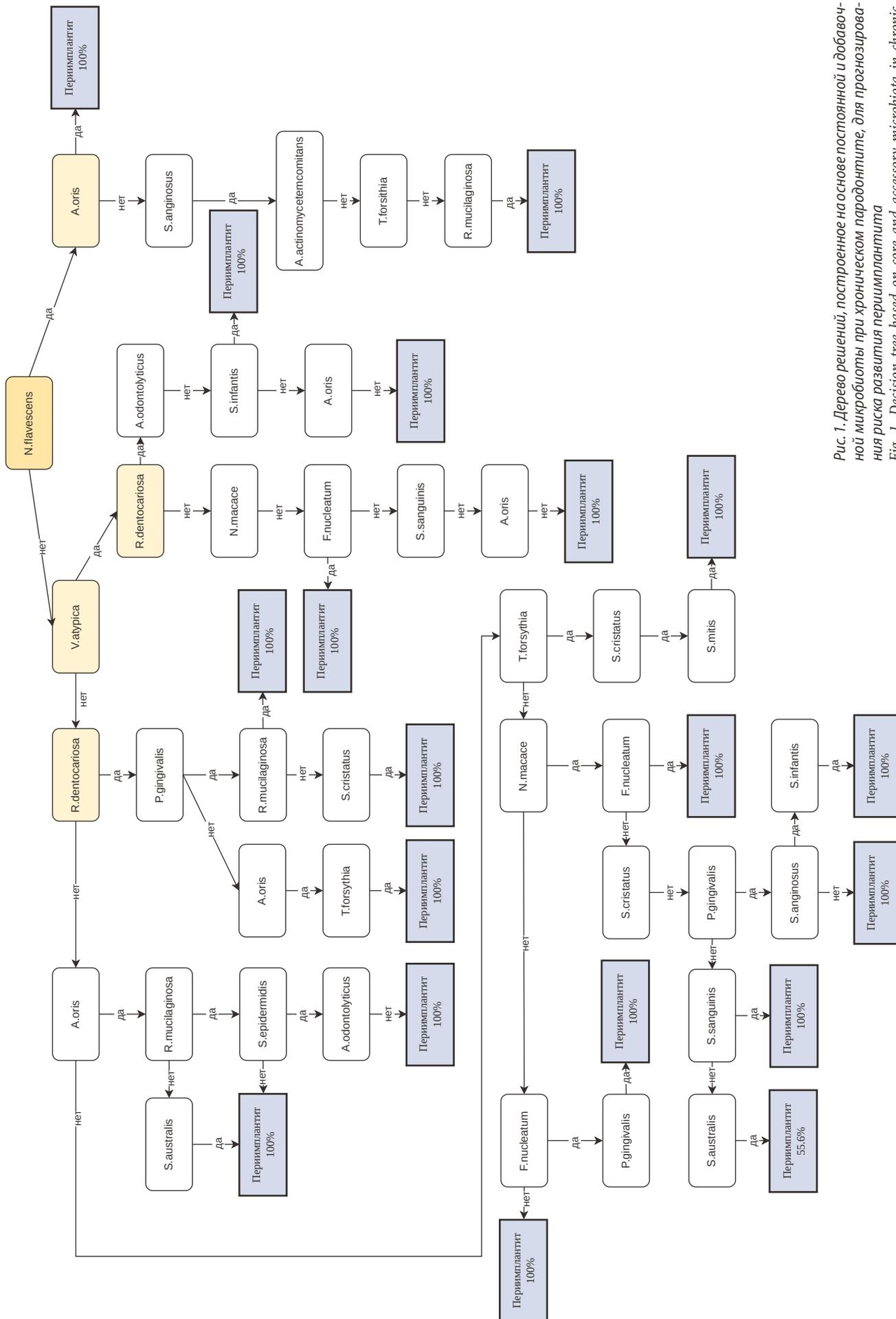


Рис. 1. Дерево решений, построенное на основе постоянной и добавочной микрофлоры при хроническом пародонтите, для прогнозирования риска развития периимплантита
 Fig. 1. Decision tree based on core and accessory microbiota in chronic periodontitis for predicting peri-implantitis risk

умеренную предсказательную способность, что может быть связано с многофакторностью периимплантита и сложностью взаимодействий между микроорганизмами и иммунными реакциями организма. Такая модель может служить полезным инструментом для предварительной оценки риска и выявления пациентов, требующих более детального обследования.

При этом модель дерева решений, построенная на основе выборки, состоящей из II (с имплантатами без периимплантита) и III группы (с имплантатами и диагностированным периимплантитом), достигла общей корректности 0,792 (79,2%), согласованности — 0,788, ROC—AUC — 0,79.

Отдельно в выборке, состоящей из II и III группы, были проанализированы комбинации микроорганизмов:

- *Str. mitis*, *Neis. macacae* и *Veil. atypica*;
- *Str. australis* и *Str. infantis*;
- *Tan. forsythia* и *Porph. gingivalis*;
- *Str. vestibularis* и *Roth. dentocariosa*;
- *Str. anginosus*, *Str. sanguinis* и *Roth. mucilaginosa*;
- *Str. sanguinis*, *Veil. atypica* и *Agg. actinomycetemcomitans*;
- *Str. oralis*, *Str. mitis*, *Staph. epidermidis* и *Roth. dentocariosa*;
- *Act. odontolyticus* и *Roth. dentocariosa*;
- *Neis. macacae*, *Roth. mucilaginosa*, *Str. australis* и *Porph. gingivalis*;
- *Str. oralis*, *Str. mitis*, *Str. vestibularis* и *Neis. flavescens*.

Общая корректность составила 0,917 (91,7%), согласованность — 0,916, ROC—AUC — 0,92.

При анализе микробиологических показателей у пациентов с ХП выявлены наиболее значимые микроорганизмы, ассоциированные с развитием периимплантита: *Roth. mucilaginosa*, *Act. odontolyticus*, *Staph. epidermidis*, *Str. australis*, *Str. oralis*. Эти микроорганизмы являются ключевыми участниками патогенеза периимплантита, что подтверждается их наличием в биопленках, связанных с воспалительными процессами. Такие результаты в целом соответствуют данным литературы о микробиоте, ассоциированной с периимплантитом и пародонтитом [1]. Выделенные представители *Str. spp.* входят в оранжевый пародонтопатогенный комплекс, который вступает в антагонизм с пародонтопатогенами. Однако роль *Str. oralis* в развитии периимплантита до сих пор не ясна. Кроме данных об антагонизме с ведущими пародонтопатогенами, имеются исследования, в том числе *in vivo* на крысиных моделях, где с помощью *Str. oralis* было индуцировано развитие периимплантита [17].

Кроме того, известно, что *Str. oralis* является первичным колонизатором биопленок на имплантате [18].

Act. odontolyticus является представителем пурпурного пародонтопатогенного комплекса, может встречаться как в нормальной микробиоте ротовой полости, так и способствовать развитию воспаления [11].

Roth. mucilaginosa — один из микроорганизмов, который, по данным литературы, более распространены в здоровой биопленке, в отличие от биопленки, связанной с периимплантитом [19]. Это может свидетельствовать о том, что данный микроорганизм играет роль в поддержании баланса микробиоты и предотвращении развития воспалительных процессов. Однако в условиях хронического пародонтита и периимплантита его присутствие может изменяться, что требует дальнейшего изучения.

Staph. epidermidis в литературе описывается как один из первых колонизаторов зубных имплантатов. Этот микроорганизм способен формировать биопленки, которые могут служить матрицей для присоединения других патогенов. Таким образом, *Staph. epidermidis* может играть важную роль в начальной стадии развития периимплантита, создавая благоприятные условия для присоединения более агрессивных микроорганизмов [20, 21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование подтвердило влияние микробиологических факторов на развитие периимплантита у пациентов с ХП. Применение алгоритмов машинного обучения, в частности CART, позволило создать модель прогнозирования риска развития периимплантита. Это свидетельствует о том, что микробиологические данные могут быть эффективно использованы для разработки персонализированных подходов к лечению и профилактике периимплантита.

Включение микробиологических исследований в стандартный мониторинг пациентов с ХП способствует раннему выявлению риска развития периимплантита. Это позволяет своевременно принять меры по предотвращению воспалительных процессов и увеличению срока службы имплантатов. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации тактики ведения пациентов и повышения эффективности предупреждения развития периимплантита.

Поступила/Received: 29.04.2025

Принята в печать/Accepted: 22.02.2026

Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S :

1. Robitaille N., Reed D.N., Walters J.D., Kumar P.S. Periodontal and peri-implant diseases: identical or fraternal infections? — *Mol Oral Microbiol.* — 2016; 31 (4): 285—301. [PMID: 26255984](#)
2. Якупов Б.А., Гуляева О.А., Аверьянов С.В., Лакман И.А. Профилактика периимплантита в области денальных имплантатов у пациентов с генерализованным пародонтитом в анамнезе. — *Институт стоматологии.* — 2024; 2 (103): 39—41.
[Yakupov B.A., Gulyaeva O.A., Averyanov S.V., Lakman I.A. Prevention of periimplantitis in the field of dental implants in patients with a history of generalized periodontitis. — *The Dental Institute.* — 2024; 2 (103): 39—41 (In Russian)]. [eLibrary ID: 68366247](#)
3. Schwarz F., Derks J., Monje A., Wang H.L. Peri-implantitis. — *J Periodontol.* — 2018; 89 Suppl 1: S267—S290. [PMID: 29926957](#)
4. Mombelli A., Müller N., Cionca N. The epidemiology of peri-implantitis. — *Clin Oral Implants Res.* — 2012; 23 Suppl 6: 67—76. [PMID: 23062130](#)
5. Царев В.Н., Николаева Е.Н., Ипполитов Е.В. Пародонтопатогенные бактерии — основной фактор возникновения и развития пародонтита. — *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* — 2017; 5: 101—112.
[Tsarev V.N., Nikolaeva E.N., Ippolitov E.V. Periodontopathogenic bacteria of the main factors of emergence and development of periodontitis. — *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* — 2017; 5: 101—112 (In Russian)]. [eLibrary ID: 32628890](#)
6. Романова Р.О., Зюлькина Л.А., Иванов П.В., Куряев И.И., Кашлевская М.Е. Современные аспекты этиопатогенеза воспалительных заболеваний пародонта (обзор литературы). — *Вятский медицинский вестник.* — 2022; 1 (73): 96—102.
[Romanova R.O., Zylkina L.A., Ivanov P.V., Kuryaev I.I., Kashlevskaya M.E. Modern aspects of etiopathogenesis inflammatory periodontal diseases (review). — *Medical Newsletter of Vyatka.* — 2022; 1 (73): 96—102 (In Russian)]. [eLibrary ID: 48112443](#)
7. Rafiei M., Kiani F., Sayehmiri K., Sayehmiri F., Tavirani M., Dousti M., Sheikhi A. Prevalence of anaerobic bacteria (*Porphyromonas gingivalis*) as major microbial agent in the incidence periodontal diseases by meta-analysis. — *J Dent (Shiraz).* — 2018; 19 (3): 232—242. [PMID: 30175194](#)
8. Li X., Liu Y., Yang X., Li C., Song Z. The oral microbiota: Community composition, influencing factors, pathogenesis, and interventions. — *Front Microbiol.* — 2022; 13: 895537. [PMID: 35572634](#)
9. Yeh H.C., Lu J.J., Chang S.C., Ge M.C. Identification of microbiota in peri-implantitis pockets by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. — *Sci Rep.* — 2019; 9 (1): 774. [PMID: 30692557](#)
10. Di Spirito F., Giordano F., Di Palo M.P., D'Ambrosio F., Scognamiglio B., Sangiovanni G., Caggiano M., Gasparro R. Microbiota of peri-implant healthy tissues, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: A comprehensive review. — *Microorganisms.* — 2024; 12 (6): 1137. [PMID: 38930519](#)
11. Трунин Д.А., Тлустенко В.П., Комлев С.С., Тлустенко В.С., Хоменко И.Н., Лямин А.В. Оценка видового разнообразия микрофлоры, выделенной с эпителия слизистой оболочки полости рта, при использовании съемных ортопедических конструкций с опорой на денальные имплантаты. — *Стоматология.* — 2021; 5: 43—47.
[Trunin D.A., Tlustenko V.P., Komlev S.S., Tlustenko V.S., Khomenko I.N., Lyamin A.V. Evaluation of the species diversity of microflora isolated from the epithelium of the oral mucosa in patients using removable orthopedic structures based on dental implants. — *Stomatology.* — 2021; 5: 43—47 (In Russian)]. [eLibrary ID: 47152092](#)
12. Iușan S.A.L., Lucaciu O.P., Petrescu N.B., Mirică I.C., Toc D.A., Albu S., Costache C. The main bacterial communities identified in the sites affected by periimplantitis: A systematic review. — *Microorganisms.* — 2022; 10 (6): 1232. [PMID: 35744750](#)
13. Bornes R., Montero J., Correia A., Marques T., Rosa N. Peri-implant diseases diagnosis, prognosis and dental implant monitoring: a narrative review of novel strategies and clinical impact. — *BMC Oral Health.* — 2023; 23 (1): 183. [PMID: 36997949](#)
14. Rajasekar A., Varghese S.S. Microbiological profile in periodontitis and peri-implantitis: A systematic review. — *J Long Term Eff Med Implants.* — 2022; 32 (4): 83—94. [PMID: 36017930](#)
15. Kim H.J., Ahn D.H., Yu Y., Han H., Kim S.Y., Joo J.Y., Chung J., Na H.S., Lee J.Y. Microbial profiling of peri-implantitis compared to the periodontal microbiota in health and disease using 16S rRNA sequencing. — *J Periodontal Implant Sci.* — 2023; 53 (1): 69—84. [PMID: 36468472](#)
16. Chun Giok K., Menon R.K. The Microbiome of peri-implantitis: A systematic review of next-generation sequencing studies. — *Antibiotics (Basel).* — 2023; 12 (11): 1610. [PMID: 37998812](#)
17. Ancuța D.L., Alexandru D.M., Crivineanu M., Coman C. Induction of experimental peri-implantitis with strains selected from the human oral microbiome. — *Biomedicines.* — 2024; 12 (4): 715. [PMID: 38672071](#)
18. Petrini M., Giuliani A., Di Campli E., Di Lodovico S., Iezzi G., Piattelli A., D'Ercole S. The bacterial anti-adhesive activity of double-etched titanium (DAE) as a dental implant surface. — *Int J Mol Sci.* — 2020; 21 (21): 8315. [PMID: 33167597](#)
19. Bessa L.J., Egas C., Pires C., Proença L., Mascarenhas P., Pais R.J., Barroso H., Machado V., Botelho J., Alcoforado G., Mendes J.J., Alves R. Linking peri-implantitis to microbiome changes in affected implants, healthy implants, and saliva: a cross-sectional pilot study. — *Front Cell Infect Microbiol.* — 2025; 15: 1543100. [PMID: 40313461](#)
20. Fragkioudakis I., Konstantopoulos G., Kottaridi C., Doufexi A.E., Sakellari D. Quantitative assessment of *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* in peri-implant health and disease: correlation with clinical parameters. — *J Med Microbiol.* — 2024; 73 (11): 2024 Nov; 73 (11)... [PMID: 39601508](#)
21. Bürgers R., Morszeck C., Felthaus O., Gosau M., Beck H.C., Reichert T.E. Induced surface proteins of *Staphylococcus epidermidis* adhering to titanium implant substrata. — *Clin Oral Investig.* — 2018; 22 (7): 2663—2668. [PMID: 29948278](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_22

[А.С. Чертихина,](#)

аспирант кафедры ортодонтии

[Е.А. Картон,](#)

д.м.н., профессор кафедры ортодонтии

[И.Г. Островская,](#)

д.м.н., профессор кафедры биологической химии

[Э.Г. Зарецкая,](#)аспирант кафедры ортодонтии,
старший лаборант кафедры технологий
протезирования в стоматологии[Л.М. Сулейманова,](#)

к.м.н., доцент кафедры ортодонтии

Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Чертихина А.С., Картон Е.А., Островская И.Г., Зарецкая Э.Г., Сулейманова Л.М. Комплексная оценка стоматологического здоровья детей с ювенильным ревматоидным артритом: клинические, рентгенологические и лабораторные исследования. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 22—27.

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_22

[A.S. Chertikhina,](#)

postgraduate at the Orthodontics Department

[E.A. Karton,](#)Doctor of Science in Medicine, professor
of the Orthodontics Department[I.G. Ostrovskaya,](#)Doctor of Science in Medicine, professor
of the Biochemistry Department[E.G. Zaretskaya,](#)postgraduate at the Orthodontics
Department, senior laboratory technician
at the Prosthodontics technology Department[L.M. Suleymanova,](#)PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Orthodontics DepartmentRussian University of Medicine,
127006, Moscow, Russia

Комплексная оценка стоматологического здоровья детей с ювенильным ревматоидным артритом: клинические, рентгенологические и лабораторные исследования

Реферат. Ювенильный ревматоидный артрит (ЮРА) — наиболее распространенное аутоиммунное заболевание среди детей. ЮРА характеризуется хроническим воспалительным процессом, негативно влияющим на слизистую оболочку полости рта, твердые ткани зубов и височно-нижнечелюстной сустав. **Цель исследования** — оценить влияние ЮРА на стоматологическое здоровье детей с данной патологией. **Материалы и методы.** Проведено стоматологическое клиничко-лабораторное обследование 110 детей и подростков в возрасте 6—18 лет с диагнозом ЮРА (M08.0) с использованием стоматологических и функциональных проб, анкетирования, иммуноферментного анализа слюны, КЛКТ по показаниям. **Результаты.** Установлено, что у детей с ЮРА наблюдаются обширный кариес, неудовлетворительная гигиена полости рта, а также эстетические и функциональные нарушения челюстно-лицевой области. Социологический опрос выявил трудности у детей и родителей в поддержании гигиены полости рта, связанные с отсутствием интереса и нерегулярностью чистки зубов. Анализ КЛКТ показал поражения ВНЧС у пациентов, длительно страдающих ЮРА и принимающих иммуносупрессивные препараты. Выявлены значительные различия в показателях слюны (sIgA, РФ-IgM, суммарный РФ, ФНО- α) в зависимости от получаемой терапии. **Заключение.** Исследование выявило значительные структурно-функциональные изменения ВНЧС, высокую распространенность стоматологических заболеваний, усугубляемых сниженной гигиеной полости рта, и особенности иммунного ответа, модулируемые различными фармакологическими препаратами у детей с ЮРА.

Ключевые слова: ювенильный ревматоидный артрит, ротовая жидкость, биомаркеры смешанной слюны, височно-нижнечелюстной сустав

A comprehensive assessment of the dental health of children with juvenile rheumatoid arthritis: clinical, radiographic, and laboratory studies

Abstract. Juvenile rheumatoid arthritis is the most common autoimmune disease among children and is characterized by a chronic inflammatory process that negatively affects the oral mucosa, dental hard tissues, and the temporomandibular joint. **The aim of this study** was to evaluate the impact of juvenile rheumatoid arthritis (JRA) on the dental health of children with this condition. **Materials and methods.** A dental clinical and laboratory examination was conducted in 110 children (6—18 years old) diagnosed with JRA using dental and functional tests, questionnaires, saliva enzyme immunoassay, and CBCT, as indicated. **Results.** It has been established that children with JRA exhibit extensive dental caries, poor oral hygiene, and esthetic and functional disorders of the maxillofacial region. A sociological survey revealed difficulties in maintaining oral hygiene among children and parents, associated with a lack of interest and infrequent brushing. CBCT analysis revealed temporomandibular joint (TMJ) lesions in patients with long-term JRA and taking immunosuppressive medications. Significant differences in salivary parameters (sIgA, IgM RF, total RF, TNF- α) were found depending on the therapy received. **Conclusion.** The study revealed significant structural and functional changes in the TMJ, a high prevalence of dental diseases aggravated by poor oral hygiene, and features of the immune response modulated by various pharmacological drugs in children with JRA.

Key words: juvenile rheumatoid arthritis, oral fluid, mixed saliva biomarkers, temporomandibular joint

FOR CITATION:

Chertikhina A.S., Karton E.A., Ostrovskaya I.G., Zaretskaya E.G., Suleymanova L.M. A comprehensive assessment of the dental health of children with juvenile rheumatoid arthritis: clinical, radiographic, and laboratory studies. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 22—27 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_22

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом все больше пациентов с сопутствующими заболеваниями обращается за стоматологической помощью. Вызывает особое беспокойство тенденция к увеличению числа хронических соматических патологий среди детей, что диктует необходимость пересмотра стратегий профилактики и терапии зубных проблем у данной группы пациентов.

Одним из наиболее значимых и часто встречающихся коморбидных состояний у детей является ювенильный идиопатический артрит (ЮИА). Данное системное хроническое аутоиммунное заболевание соединительной ткани характеризуется продолжительным воспалением суставов, прогрессирующей деструкцией суставных структур и наличием выраженных внесуставных проявлений. Согласно эпидемиологическим данным, средняя распространенность ЮИА составляет приблизительно 150 случаев на 100 тыс. детей, что делает его самой распространенной формой воспалительных аутоиммунных заболеваний соединительной ткани в детском возрасте [1].

Особую сложность представляет комплексная медикаментозная терапия ЮИА, включающая глюкокортикоиды, иммуносупрессоры (в том числе биологические препараты) и нестероидные противовоспалительные средства (НПВС). Эти лекарственные средства способны влиять на состояние слизистой оболочки ротовой полости и функцию слюнных желез, вызывая снижение секреции и изменение состава слюны. В результате у детей ухудшается местный иммунитет, что способствует развитию ксеростомии, кариеса, а также атипичных поражений твердых тканей зубов [1–3]. Кроме того, возможно развитие гингивита, хейлита и других воспалительных заболеваний мягких тканей ротовой полости [4].

Следует отметить, что дети с ЮИА, находящиеся в фазе активного роста, особенно уязвимы к развитию функциональных нарушений височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), включая ограничение амплитуды движений, асимметрию жевательных мышц, щелчки и болезненные ощущения при открывании рта [5]. Такие проявления требуют мультидисциплинарного подхода с привлечением ревматолога, ортодонта и гнатолога.

Несмотря на необходимость длительного лечения медикаментами, частые госпитализации, физические ограничения и ухудшение качества жизни, дети с ЮИА не должны оставаться без должного внимания в плане профилактики и лечения стоматологических заболеваний [6]. Им необходим персонализированный подход, направленный на поддержание здоровья ротовой полости, снижение риска стоматологических осложнений и обеспечение достойного качества жизни в условиях хронического заболевания.

Цель исследования — оценить влияние ювенильного ревматоидного артрита на стоматологическое здоровье детей по клиническим данным и показателям смешанной слюны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В отделении ревматологии Морозовской детской городской клинической больницы (Москва) было выполнено стоматологическое исследование 110 детей и подростков в возрасте от 6 до 18 лет (48 мальчиков и 62 девочки), которым был поставлен диагноз «ювенильный ревматоидный артрит» (ЮРА; M08.0).

В зависимости от получаемой терапии пациенты были разделены на 4 группы:

- I — 13 пациентов со впервые выявленным ЮРА, не получающие медикаментозного лечения (группа сравнения);
- II — 17 пациентов, принимающих глюкокортикоиды;
- III — 61 пациент, принимающий НПВС и иммуносупрессоры;
- IV — 19 пациентов, принимающих только НПВС в качестве противоревматической терапии.

Для оценки уровня физических и эмоциональных трудностей, с которыми сталкиваются дети, страдающие ЮРА, был проведен опрос детей и их родителей.

В ходе стоматологического обследования собирали анамнестические данные и сведения о течении ЮРА на основании медицинских карт пациентов, проводили клинический осмотр полости рта, оценивали уровень гигиены полости рта по Грину—Вермиллиону (ОНИ-S) и проводили функциональные пробы.

Функциональные пробы включали оценку смещения нижней челюсти при выдвигании и при боковых движениях, пробу Гербста для выявления скрытых нарушений окклюзии, пробы с открыванием и закрыванием рта для оценки симметричности движений и функционального состояния ВНЧС.

При наличии жалоб и клинических признаков, указывающих на дисфункцию ВНЧС, пациентам старше 12 лет назначали КЛКТ челюстно-лицевой области, включая ВНЧС. Полученные данные КТ использовали для оценки формы мышелка, ширины суставной щели, состояния латеральных и медиальных отделов ВНЧС, положения мышелкового отростка в суставной ямке, патологические изменения кортикального слоя на фронтальных, аксиальных и коронарных проекциях и срезах.

Проводился забор смешанной слюны в пластиковые мерные пробирки без стимуляции, натошак, в утренние часы, в положении сидя. В полученных образцах методом иммуноферментного анализа определяли концентрацию секреторного IgA (sIgA), антител к IgM ревматоидного фактора (РФ-IgM) часто связанных с аутоиммунными заболеваниями, суммарного ревматоидного фактора (сРФ), а также фактора некроза

опухоли альфа ($\Phi\text{HO}-\alpha$), играющего роль в развитии воспаления при ЮРА.

При анализе результатов выделяли детей со сменным прикусом (от 6 до 12 лет) и подростков с постоянным прикусом (от 13 до 18 лет).

При статистической обработке данных вид распределения проверяли с помощью критерия Шапиро—Уилка. Для оценки различий между группами применяли t -критерий Стьюдента или U -критерий Манна—Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов стоматологический осмотр выявил обширный кариес и неадекватную гигиену ротовой полости. Анализ гигиенического состояния полости показал, что у 51 (46%) обследованного гигиена полости рта была на низком уровне ($\text{ОНИ-S} > 2,6$), а у 41 (37%) пациента состояние гигиены полости рта было признано неудовлетворительным (ОНИ-S от 1,7 до 2,5). Лишь у 14 (13%) детей с ЮРА гигиена полости рта соответствовала удовлетворительному уровню (ОНИ-S от 0,7 до 1,6), и только у 4 (4%) пациентов было отмечено хорошее качество гигиены ($\text{ОНИ-S} < 0,6$). Полученные данные указывают на значительные проблемы с обеспечением надлежащей гигиены полости рта у пациентов с ЮРА.

Был проведен социологический опрос, целью которого являлось выявление проблем, с которыми сталкиваются дети в процессе поддержания гигиены ротовой полости. Более половины опрошенных (59,6%) отмечают наличие эпизодических или постоянных сложностей при уходе за зубами ребенка:

- нет проблем при уходе за зубами у 45 (41%) участников;
- иногда возникают трудности при выполнении гигиенических процедур — 44 (40%);
- часто возникают трудности при выполнении гигиенических процедур — 11 (10%);
- крайне редко возникают трудности при выполнении гигиенических процедур — 8 (7%);
- постоянно возникают трудности при выполнении гигиенических процедур — 2 (2%) участника.

Это указывает на потенциальную проблему, требующую дальнейшего изучения. Основная трудность связана с отсутствием интереса или нежеланием ребенка чистить зубы. Физические ограничения и дискомфорт также играют значительную роль:

- ограниченное открывание рта — 17 (11%) участников;
- трудности в выполнении физических действий — 22 (13%);
- дискомфорт или боль при чистке зубов — 28 (17%);
- отсутствие интереса или нежелание чистить зубы — 95 (59%).

Хотя более половины опрошенных чистят зубы детям дважды в день, значительная часть (47%) делает это реже, что может привести к проблемам с зубами.

Данные указывают на то, что уход за зубами у детей представляет собой проблему для значительной части родителей. Основные трудности связаны с отсутствием интереса у ребенка и нерегулярностью чистки.

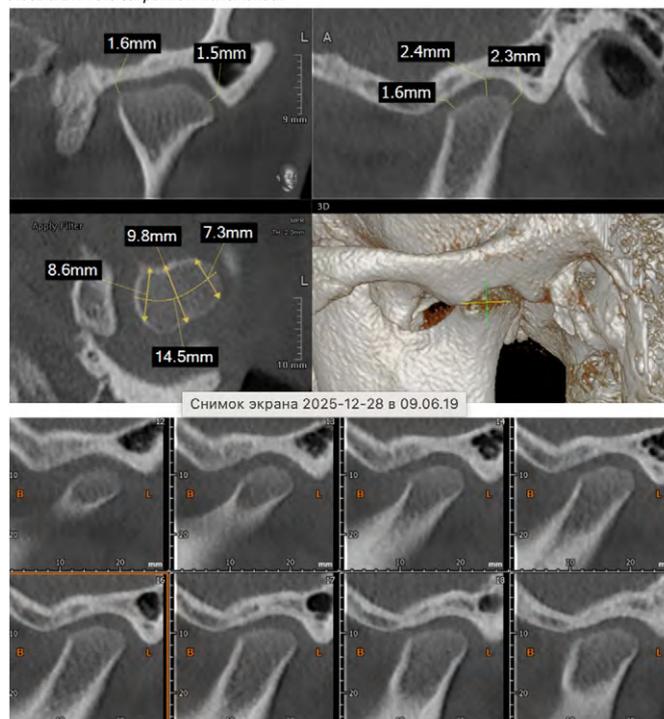
Необходимо разрабатывать и внедрять эффективные стратегии мотивации детей к чистке зубов, а также обучать родителей правильным техникам и важности регулярного ухода. Также важно выявлять и решать проблемы, связанные с физическим дискомфортом или ограничениями. Дальнейшие исследования могут быть направлены на выявление факторов, влияющих на нежелание детей чистить зубы, и разработку индивидуальных подходов к решению этой проблемы.

Исследование показывает, что в исследуемой группе широко распространены различные эстетические и функциональные нарушения, связанные с лицом и челюстно-лицевой областью. Преобладают признаки возрастных изменений (сглаживание носогубных складок, выраженность подбородочной складки), отклонения в конфигурации лицевого профиля (особенно выпуклый профиль и увеличение высоты нижней трети лица), дистальная окклюзия, щелчки в ВНЧС. Менее распространены асимметрия лица, мезиальная окклюзия и значительное ограничение открывания рта (табл. 1).

Таблица 1. Лицевые, зубочелюстные и функциональные изменения у пациентов с ювенильным ревматоидным артритом
Table 1. Facial, dental and functional changes in patients with juvenile rheumatoid arthritis

Характеристика	абс.	%
Носогубный треугольник и подбородочная складка		
Сглаживание носогубной складки	97	88
Выраженность подбородочной складки	82	75
Конфигурация лицевого профиля		
Отклонения конфигурации	98	89
Изменения вертикального размера нижней трети лица	78	71
Выпуклый профиль	63	57
Увеличение высоты нижней трети лица	79	72
Вогнутый профиль	2	2
Уменьшение высоты нижней трети лица	10	9
Симметрия лица		
Признаки асимметрии и симптом «наперстка»	20	18
Нарушения смыкания губ	15	14
Снижение тонуса круговой мышцы рта (гипотония)	6	5
Зубочелюстные аномалии		
Дистальная окклюзия	81	74
Мезиальная окклюзия	4	4
Глубокая резцовая дизокклюзия/окклюзия	47	43
Вертикальная резцовая дизокклюзия	2	2
Прямая резцовая окклюзия	4	4
Функциональные пробы		
Дефлексия нижней челюсти	20	18
Девияция нижней челюсти	25	23
Щелчки в области ВНЧС	75	68
Ограничение открывания рта		
1-я степень (3—4 см)	18	16
2-я степень (1—1,5 см)	7	6
3-я степень (менее 1 см)	1	1

Левый ВНЧС в закрытом положении.

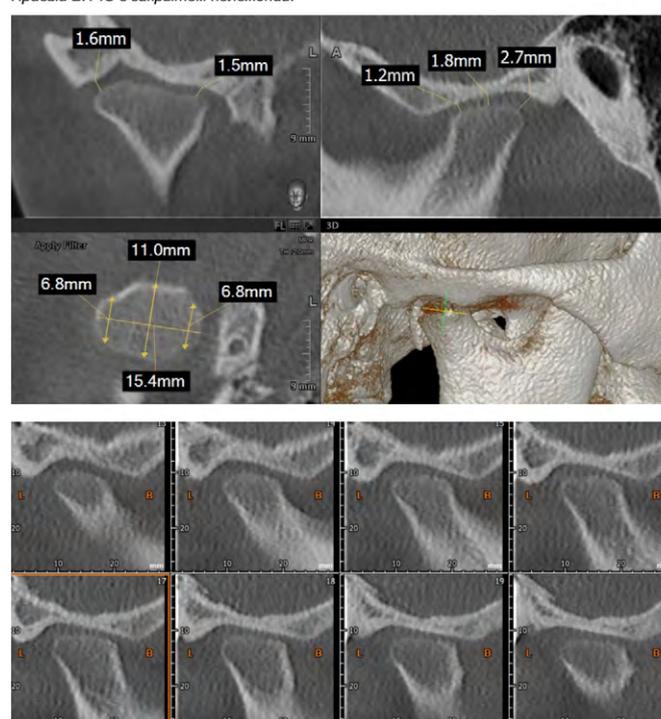


КЛКТ ВНЧС пациента с ювенильным ревматоидным артритом на сагиттальном, коронарном и аксиальном срезе: суставная головка ремоделирована, неправильной эллипсоидной формы, уплощена по верхней поверхности, высота головки снижена в центральных отделах

Анализ КЛКТ показал, что у подростков с постоянным прикусом, дольше 2 лет страдающих заболеванием и принимающих иммуносупрессоры (III группа), наблюдается более выраженное поражение ВНЧС, проявляющееся в виде двустороннего поражения мыщелка, деструктивных изменений и уменьшения высоты суставных головок нижней челюсти (см. рисунок).

Необходимо отметить что у подростков, не принимающих лекарства (I группа), деструктивных изменений ВНЧС на КЛКТ не обнаружено, но у 74% пациентов отмечены явления девиации/дефлексии нижней челюсти, а также щелчки при открывании рта. В то же время у подростков, принимающих НПВС (IV группа), на КЛКТ определена неравномерность суставной щели: сужение в отдельных зонах, а также асимметрия по сравнению с противоположной стороной.

Правый ВНЧС в закрытом положении.



TMJ CBCT in a patient with juvenile rheumatoid arthritis on the sagittal, coronal and axial sections: the articular head is remodeled, irregular elliptical shape, flattened on the upper surface, the height of the head is reduced in the central sections

Наибольший уровень sIgA в слюне зафиксирован у пациентов III группы — 71,3 мг/мл ($p < 0,05$), участники которой принимают как НПВС, так и иммунодепрессанты. Данный факт может свидетельствовать о компенсаторной реакции иммунной защиты либо о перманентном воспалении, провоцирующем усиленную продукцию sIgA. В I и IV группе концентрации sIgA примерно идентичны и ощутимо уступают показателям III группы. II группа демонстрирует несколько более высокие значения sIgA по сравнению с I и IV группой, однако они все еще существенно ниже, чем в III группе (табл. 2).

Максимальные значения антител к РФ-IgM, 2,46 МЕ/мл, обнаружены у пациентов II группы, принимающих глюкокортикостероиды. Вероятно, это обусловлено влиянием данных препаратов на иммунную

Таблица 2. Биохимические показатели слюны пациентов с ювенильным ревматоидным артритом на фоне медикаментозного лечения

Table 2. Biochemical parameters of saliva of patients with juvenile rheumatoid arthritis medicinal treatment

Показатель	I группа (n=13)	II группа (n=17)	III группа (n=61)	IV группа (n=19)
sIgA, мг/мл	29,3±0,92	34,5±2,45	71,3±13,7*	29,1±0,70
Антитела к IgM ревматоидного фактора, МЕ/мл	0,83±0,04	2,46±0,31*	0,69±0,01	1,49±0,64
Суммарный ревматоидной фактор, ед./мл	6,39±1,69	8,08±0,56	32,8±4,45*	37,3±3,81*
ФНО-α, пг/мл	14,0±1,30	5,78±0,88*	11,1±1,76	7,56±0,31*

* — статистически достоверно значимое отличие от показателя I группы.

систему. Минимальные концентрации наблюдаются в I и III группе. В IV группе уровень РФ-IgM превосходит значения I и III групп, но уступает показателям II группы.

Наиболее высокие показатели суммарного РФ отмечены в III и IV группе ($p < 0,05$). Это может указывать на более интенсивные аутоиммунные процессы у этих пациентов. В I и II группе концентрации суммарного РФ существенно ниже.

Наибольшая концентрация ФНО- α в слюне зафиксирована в I группе, не получавшей никакого лечения ($p < 0,05$). Это ожидаемо, поскольку ФНО- α является ключевым провоспалительным цитокином при ЮРА. В III группе уровень ФНО- α также относительно высок. Во II и IV группе концентрации ФНО- α значительно ниже, по всей видимости, это связано с противовоспалительным действием глюкокортикостероидов.

Таким образом, различные схемы лечения ЮРА оказывают существенное влияние на показатели слюны. Иммуносупрессивная терапия (III группа) связана с высоким уровнем sIgA, но с низким уровнем РФ-IgM. Применение глюкокортикостероидов (II группа) связано с высоким уровнем РФ-IgM и низким уровнем ФНО- α . Пациенты, получающие только НПВС (IV группа), имеют высокий уровень суммарного РФ. У пациентов, не получающих лечения (I группа), самый высокий уровень ФНО- α .

ОБСУЖДЕНИЕ

Структурно-функциональные изменения со стороны височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) также были распространены. У многих детей наблюдались ограничения амплитуды открывания рта, признаки постероной ротации суставной головки, асимметрия нижней челюсти и нарушение конфигурации лицевого профиля. Эти изменения могут быть обусловлены как синовиальной гиперплазией и фиброзом суставной капсулы, так и асимметричным замедлением роста суставных компонентов в период активного соматического роста. Несмотря на противовоспалительный эффект базисной противоревматической терапии, агрессивная иммуносупрессивная терапия неблагоприятно воздействует на ВНЧС у детей с ЮРА, особенно старше 12 лет, вызывая замедление роста мышечковых отростков, их резорбцию и деформацию, что приводит к формированию лицевой асимметрии и окклюзионных нарушений. Деструкции суставных компонентов, замедление роста и фиброзных изменений капсулы сустава подтверждают опубликованные ранее сведения о высокой частоте поражений ВНЧС при ЮРА и необходимости их ранней диагностики с использованием КЛКТ и функциональных проб [7–9]. Наиболее частой формой нарушения профиля был выпуклый тип, сочетающийся с увеличением высоты нижней трети лица и сглаженностью носогубной складки, что совпадает с результатами других авторов, указывающих на деструктивные изменения в зоне роста нижней челюсти при ЮРА [10, 11].

Особое внимание заслуживает выявленное снижение мотивации к выполнению гигиенических процедур у большинства пациентов. Согласно проведенному социологическому опросу, более 95% родителей отметили отсутствие у детей желания регулярно чистить зубы, что в сочетании с физиологическими трудностями, в том числе из-за болевых ощущений, физической усталости и ограничений подвижности нижней челюсти создает условия для быстрого прогрессирования стоматологических заболеваний.

Данные биохимического анализа слюны позволяют предположить, что различные механизмы действия фармакологических препаратов по-разному модулируют иммунный ответ и, следовательно, отражаются в составе слюны.

Увеличение концентрации sIgA в слюне при иммуносупрессивной терапии может отражать компенсаторный механизм, направленный на поддержание местного иммунитета слизистой оболочки, подавленного системным воздействием препаратов. Снижение уровня РФ-IgM в этой группе, вероятно, связано с общим угнетением активности В-лимфоцитов, продуцирующих эти аутоантитела.

Возможно, влияние глюкокортикостероидов на увеличение содержания РФ-IgM обусловлено их сложным воздействием на иммунную систему. Хотя глюкокортикостероиды обладают противовоспалительным эффектом, они также могут влиять на созревание и активацию В-лимфоцитов, приводя к увеличению продукции определенных аутоантител. Снижение уровня ФНО- α при использовании глюкокортикостероидов является ожидаемым эффектом, учитывая их способность подавлять выработку этого ключевого провоспалительного цитокина.

Пациенты, получающие только НПВС, демонстрируют высокий уровень суммарного РФ. Это может указывать на то, что НПВС, хотя и уменьшают воспаление, не оказывают существенного влияния на аутоиммунные процессы, лежащие в основе ЮРА. В результате продукция ревматоидного фактора сохраняется, что отражается в повышенном уровне в слюне.

Высокий уровень ФНО- α у пациентов, не получающих лечения, подчеркивает роль этого цитокина в патогенезе ЮРА. ФНО- α является мощным медиатором воспаления и играет важную роль в развитии синовита и разрушении суставов. У пациентов, не получающих адекватного лечения, уровень этого цитокина остается высоким, что способствует прогрессированию заболевания.

Таким образом, анализ слюны представляет собой перспективный метод мониторинга эффективности лечения ЮРА и понимания механизмов действия различных фармакологических препаратов. Дальнейшие исследования, включающие более крупные когорты пациентов и более детальный анализ состава слюны, необходимы для подтверждения этих результатов и разработки новых подходов к диагностике и лечению ЮРА.

ВЫВОДЫ

1. У детей с ювенильным ревматоидным артритом отмечается сочетание низкого уровня гигиены полости рта с высокой распространенностью кариеса. Определены выраженные функциональные нарушения ВНЧС, подтвержденные клиническими данными и анализом КЛКТ.
2. У пациентов старше 12 лет, принимающих иммуносупрессивные препараты, функциональные нарушения ВНЧС встречались в 90% случаев.

3. Изменения состава слюны и иммунологические сдвиги местного иммунитета полости рта дополнительно усугубляют стоматологические проблемы, что подчеркивает необходимость междисциплинарного подхода и разработки индивидуальных программ профилактики и лечения.

Поступила/Received: 16.09.2025
 Принята в печать/Accepted: 17.01.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Кожевников А.Н., Поздеева Н.А., Конев М.А., Селизов В.В., Прокопович Е.В., Никитин М.С., Москаленко А.В., Афоничев К.А. Ювенильный артрит: клинично-инструментальная картина и дифференциальная диагностика. — *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. — 2014; 4: 66—73. [eLibrary ID: 22864351](#) [Kozhevnikov A.N., Pozdeeva N.A., Konev M.A., Selizov V.V., Prokopovich E.V., Nikitin M.S., Moskalenko A.V., Afonichev K.A. Juvenile arthritis: clinical manifestations and differential diagnosis and differential diagnosis. — *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery*. — 2014; 4: 66—73 (In Russian)]. [DOI: 10.17816/PTORS2466-73](#)
2. Козлитина Ю.А. Особенности местного иммунитета полости рта у детей с ревматическими заболеваниями. — *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2011; 1: 300—301. [Kozlitina Y.A. Features of local immunity of an oral cavity at children with rheumatic diseases. — *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. — 2011; 1: 300—301 (In Russian)]. [eLibrary ID: 16910025](#)
3. Кочиева И.В., Мкртчян С.Н., Джанаев Т.И. Изменения в ротовой жидкости при ревматоидном артрите. — *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. — 2015; 2: 25—26. [Kochieva I.V., Mkrtychyan S.N., Djanaev T.I. Saliva changes in rheumatoid arthritis. — *Health and Education Millennium*. — 2015; 2: 25—26 (In Russian)]. [eLibrary ID: 23239241](#)
4. Barr T., Carmichael N.M., Sándor G.K. Juvenile idiopathic arthritis: a chronic pediatric musculoskeletal condition with significant orofacial manifestations. — *J Can Dent Assoc*. — 2008; 74 (9): 813—21. [PMID: 19000466](#)
5. Augdal T.A., Angenete O.W., Shi X.Q., Säll M., Fischer J.M., Nordal E., Rosendahl K. Cone beam computed tomography in the assessment of TMJ deformity in children with JIA: repeatability of a novel scoring system. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 12. [PMID: 36627622](#)
6. Ferrara G., Mastrangelo G., Barone P., La Torre F., Martino S., Pappagallo G., Ravelli A., Taddio A., Zulian F., Cimaz R., Rheumatology Italian Study Group Methotrexate in juvenile idiopathic arthritis: advice and recommendations from the MARAJIA expert consensus meeting. — *Pediatr Rheumatol Online J*. — 2018; 16 (1): 46. [PMID: 29996864](#)
7. Cedströmer A.L., Andlin-Sobocki A., Abbu N., Hedenberg-Magnusson B., Dahlström L., Berntson L. Condylar alterations and facial growth in children with juvenile idiopathic arthritis. — *J Orofac Orthop*. — 2020; 81 (3): 163—171. [PMID: 32077980](#)
8. Chatzigianni A., Kyprianou C., Papadopoulos M.A., Sidiropoulou S. Dentoalveolar characteristics in children with juvenile idiopathic arthritis. — *J Orofac Orthop*. — 2018; 79 (2): 133—139. [PMID: 29464286](#)
9. Rongo R., Michelotti A., Pedersen T.K., Resnick C.M., Stoustrup P. Management of temporomandibular joint arthritis in children and adolescents: An introduction for orthodontists. — *Orthod Craniofac Res*. — 2023; 26 Suppl 1: 151—163. [PMID: 37226648](#)
10. Schmidt C., Ertel T., Arbogast M., Hügler B., Kalle T.V., Neff A. The diagnosis and treatment of rheumatoid and juvenile idiopathic arthritis of the temporomandibular joint. — *Dtsch Arztebl Int*. — 2022; 119 (4): 47—54. [PMID: 34874262](#)
11. Badr F.F., Jadu F.M., Nasir A.M., Jan A.M., Wali S., Mustafa M., Bawazin Y., Meisha D. Comparison of airway measurements in rheumatoid arthritis and non-rheumatoid patients using lateral cephalometric radiographs. — *Niger J Clin Pract*. — 2021; 24 (8): 1200—1205. [PMID: 34397031](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_28

[Д.Р. Орловский](#)¹,

врач-ортодонт

[Н.С. Тутуров](#)²,д.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии
детского возраста и ортодонтии[В.А. Тугарин](#)³,

к.м.н., доцент кафедры ортодонтии

[Я.В. Шорстов](#)⁴,

к.м.н., челюстно-лицевой хирург

[Д.С. Булычева](#)²,к.м.н., доцент кафедры стоматологии
детского возраста и ортодонтииЛ.А. Албакова⁵,

врач-ортодонт

С.Д. Нурмахматова⁶,

врач-ортодонт

М.М. Хамжуева²,ассистент кафедры стоматологии детского
возраста и ортодонтии¹ ООО «Ортодонтическая
лаборатория в городе Москве»,
127521, Москва, Россия² РУДН, 117198, Москва, Россия³ Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия⁴ Университетская клиника
МГУ им. М.В. Ломоносова,
119234, Москва, Россия⁵ ООО «Мирана Дент», 125367,
Москва, Россия⁶ Стоматологическая клиника «Blanco
Clinic», 121354, Москва, Россия

Оценка изменения объема верхних дыхательных путей после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей

Аннотация. Современное ортодонтическое лечение направлено не только на достижение функциональной окклюзии, включающее выравнивание зубов, достижение срединного положения корней зубов в альвеолярном отростке челюстей, оптимальной функции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), но и на достижение оптимального взаиморасположения самих челюстей в пространстве черепа и восстановление объема верхних дыхательных путей пациента. Аномалии окклюзии в переднезаднем направлении — дистальная и мезиальная окклюзия, являются одними из основных факторов развития синдрома обструктивного апноэ сна, поэтому достижение оптимального переднезаднего положения челюстей может значительно улучшить состояние пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна. Однако применение традиционных, усредненных подходов в диагностике и планировании ортодонтического лечения не всегда приводит к достижению оптимального положения челюстей в пространстве черепа для каждого конкретного пациента.

Цель исследования — оценить изменение объема дыхательных путей у взрослых пациентов после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей. **Материалы и методы.** Проведено обследование 24 взрослых пациентов (16 женщин и 8 мужчин) со скелетными зубочелюстно-лицевыми аномалиями. Все пациенты были распределены на две группы в зависимости от вида зубочелюстных аномалий: I — 17 пациентов со скелетными формами дистальной окклюзии; II — 7 пациентов со скелетной формой мезиальной окклюзии. Для диагностики переднезаднего положения челюстей и планирования комбинированного лечения использовали

новую диагностическую платформу 6ElementsONLINE™ на основе уникальных ориентиров человека. **Результаты.** Обнаружены статистически значимые различия в объеме дыхательных путей до и после лечения в двух группах ($p < 0,05$). После достижения оптимального переднезаднего положения челюстей на основе уникальных ориентиров человека в 100% случаев наблюдалось увеличение дыхательных путей. В среднем увеличение составляло 35%. **Заключение.** После достижения оптимального переднезаднего положения челюстей на основе уникальных ориентиров человека наблюдается увеличение верхних дыхательных путей, которое в среднем составляло 35%. Целевая передняя ограничительная линия GALL является надежным экстракраниальным ориентиром, который является уникальным в отношении каждого пациента для достижения оптимального переднезаднего положения челюстей и восстановления объема верхних дыхательных путей пациента.

Ключевые слова: целевая передняя ограничительная линия, дыхательные пути, СОАС, оптимальное переднезаднее положение челюстей

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Орловский Д.Р., Тутуров Н.С., Тугарин В.А., Шорстов Я.В., Булычева Д.С., Албакова Л.А., Нурмахматова С.Д., Хамжуева М.М. Оценка изменения объема верхних дыхательных путей после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 28—34. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_28

[D.R. Orlovskiy](#)¹,

orthodontist

[N.S. Tuturov](#)²,Doctor of Science in Medicine, associate
professor and head of the Pediatric dentistry
and orthodontics Department[V.A. Tugarin](#)³,PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Orthodontics Department[Ya.V. Shorstov](#)⁴,

PhD in Medical Sciences, maxillofacial surgeon

Assessment of changes in the volume of the upper respiratory tract after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws

Annotation. Modern orthodontic treatment is aimed not only at achieving functional occlusion, including tooth alignment, achieving the median position of the roots of the teeth in the alveolar process of the jaws, optimal function of the temporomandibular joint (TMJ), but also at achieving optimal alignment of the jaws themselves in the cranial space and restoring the volume of the patient's upper respiratory tract. Anomalies of occlusion in the anteroposterior direction (distal and mesial occlusion) are one of the main factors in the development of obstructive sleep

D.S. Bulycheva²,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry and orthodontics Department

L.A. Albakova⁵,

orthodontist

S.D. Nurmakhmatova⁶,

orthodontist

M.M. Khamzhueva²,

assistant at the Pediatric dentistry and orthodontics Department

¹“Mosortolab” LLC, 127521, Moscow, Russia

²RUDN University, 117198, Moscow, Russia

³Russian University of Medicine, 127006, Moscow, Russia

⁴Lomonosov Moscow State University Medical Center, 119234, Moscow, Russia

⁵“Mirana Dent” LLC, 125367, Moscow, Russia

⁶Dental clinic “Blanco Clinic”, 121354, Moscow, Russia

apnea syndrome, therefore, achieving optimal anteroposterior jaw position can significantly improve the condition of patients with obstructive sleep apnea syndrome. However, the use of traditional, average approaches in the diagnosis and planning of orthodontic treatment does not always lead to achieving the optimal position of the jaws in the cranial space for each individual patient. The purpose of the study was to evaluate the change in the volume of the respiratory tract in adult patients after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws. **Materials and methods.** 24 adult patients with skeletal maxillofacial anomalies (16 women and 8 men) were examined. All patients were divided into two main groups depending on the type of dental anomalies. The first group consisted of 17 patients with skeletal forms of distal occlusion of varying severity. The second group consisted of 7 patients with skeletal mesial occlusion of varying severity. The new 6ElementsONLINE™ diagnostic platform based on unique human landmarks was used to diagnose the anterior-posterior position of the jaws and plan combined treatment. **Results.** As a result of this study, statistically significant differences in the volume of the respiratory tract before and after treatment were found in the two groups ($p < 0.05$). After reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws based on unique human landmarks, an increase in the respiratory tract was observed in 100% of cases. The average increase was 35%. **Conclusions.** After reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws, based on unique human landmarks, an increase in the upper respiratory tract was observed, with an average increase of 35%. The GALL line is a reliable extracranial landmark that is unique to each patient in order to achieve optimal anterior-posterior jaw position and restore the volume of the patient's upper respiratory tract.

Key words: GALL, respiratory tract, OSA, optimal anterior-posterior (AP) position of the jaws

FOR CITATION:

Orlovskiy D.R., Tuturov N.S., Tugarin V.A., Shorstov Ya.V., Bulycheva D.S., Albakova L.A., Nurmakhmatova S.D., Khamzhueva M.M. Assessment of changes in the volume of the upper respiratory tract after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 28—34 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_28

ВВЕДЕНИЕ

Синдромом обструктивного апноэ во сне (СОАС) страдает от 6 до 24% населения планеты, что определяет его как актуальную проблему для глобальной системы здравоохранения [1].

Основным патофизиологическим механизмом синдрома является спадание и последующая обструкция верхних дыхательных путей во сне, которая ведет к нарушению сна и развитию гипоксии. Хроническая гипоксия приводит к дневной сонливости и снижению работоспособности, развитию сердечной недостаточности, артериальной гипертензии и сахарного диабета, утяжелению имеющихся соматических расстройств, нарушению когнитивной функции, а у детей — к задержке умственного и физического развития. Аномалии окклюзии в переднезаднем направлении (дистальная и мезиальная окклюзия) являются одним из факторов развития апноэ во сне [2]. Поэтому современное ортодонтическое лечение направлено не только на достижение функциональной окклюзии, включающее выравнивание зубов, достижение срединного положения корней зубов в альвеолярном отростке челюстей, оптимальной функции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), но и на достижение оптимального взаиморасположения самих челюстей в пространстве черепа и восстановление объема верхних дыхательных путей пациента [3].

В большинстве исследований дыхательные пути описываются как 3 основных отдела, расположенных в соответствии с анатомией: носоглотка, ротоглотка и гортаноглотка. Было высказано предположение, что ротоглотка наиболее подвержена влиянию внешних

факторов, таких как положение тела в пространстве, что повышает риск коллапса в этой области, поскольку она окружена мягкими тканями. В отличие от ротоглотки, носоглотка более стабильна благодаря окружающей ее костной структуре [4].

С развитием диагностических методов исследования в ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии для оценки объемных размеров дыхательных путей стали использовать конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ) [5]. Сегодня выполнение КЛКТ является ключевым исследованием для диагностики зубочелюстных аномалий в соответствии с клиническими рекомендациями.

В настоящее время существуют разные авторские подходы при оценке состояния верхних дыхательных путей, однако единого протокола оценки состояния верхних дыхательных путей не существует.

Ogawa и соавт. (2007) предложили ограничить исследуемую область верхних дыхательных путей сверху плоскостью, проходящей через самую дистальную точку твердого нёба параллельно франкфуртской горизонтали, снизу — плоскостью, проходящей через самую переднеинфериорную точку второго шейного позвонка параллельно франкфуртской горизонтали, которая соединяет верхний край наружного слухового прохода и самую глубокую точку глазницы [6]. Однако франкфуртская горизонталь — тяжело визуализируемая плоскость при проведении анализа. Наложение костных структур не всегда позволяет хорошо визуализировать верхнюю точку наружного слухового прохода (region), что также влияет на достоверность проводимых измерений. Позднее методика анализа Ogawa и соавт. (2007) была

модифицирована: пространство ротоглотки было ограничено небной плоскостью (ANS—PNS) по верхней границе и плоскостью, ей параллельной, которая проходит через наиболее переднюю точку второго шейного позвонка, по нижней границе. Однако ввиду возможной ротации шейных позвонков у пациентов с дистальным прикусом данный метод расчета объема верхних дыхательных путей также не является объективным.

Н.А. Соколович и соавт. (2024) описали способ, позволяющий оценить объем дыхательных путей по данным КТ. Производят сканирование челюстно-лицевой области с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии с разрешением 17×15 см в естественной окклюзии. Определяют анатомо-функциональные характеристики дыхательных путей. В качестве верхней и нижней границы исследуемой челюстно-лицевой области используют костные ориентиры:

- 1) плоскость верхней челюсти, проходящей через вершину передней носовой ости (ANS) и заднюю носовую ость (PNS);
- 2) плоскость нижней челюсти, проходящей через наиболее выступающую точку угла нижней челюсти (Go) и наиболее нижнюю точку на нижнем контуре тела нижней челюсти в месте наложения симфиза (Me) до их пересечения с задней стенкой глотки на сагиттальном срезе.

При этом в качестве передней, задней и боковой границы исследуемой области выбирают стенки глотки. Трехмерную визуализацию и последующее изменение объема ротоглотки проводят в программе для 3D-цефалометрических расчетов. При значениях объема ротоглотки $12\ 374$ — $17\ 136$ мм³ морфофункциональное состояние верхних дыхательных путей соответствует норме. При значениях объема ротоглотки менее $12\ 374$ мм³ определяют наличие патологического заднего положения нижней челюсти [7].

Для оценки переднезаднего положения самих челюстей в пространстве черепа также существует множество подходов. Одним из традиционных является измерение положения базисов верхней и нижней челюстей относительно переднего основания черепа (углы SNA, SNB). Однако традиционные подходы к диагностике зубочелюстных аномалий используют нестабильные внутричерепные ориентиры. Использование таких ориентиров может быть неинформационным из-за ошибок в их идентификации, нередко их неправильная интерпретация приводит к выбору неверной тактики лечения, а широкий диапазон значений цефалометрических параметров, определяющих возможности создания пространства в зубном ряду, взаиморасположение зубных рядов, делает их использование при выборе этой стратегии неэффективным [8, 9].

Начиная с 1960-х годов в результате более чем 50-летних исследований Л. Эндрюсом были обнаружены ориентиры, уникальные в отношении каждого человека. Для переднезаднего положения ориентиром является целевая передняя ограничительная линия (Goal Anterior Limit Line, GALL). Это экстракраниальный ориентир — линия, которая проходит через мягкотканую точку glabella (G) параллельно истинной фронтальной

плоскости головы. Истинная фронтальная плоскость головы перпендикулярна полу в момент естественного положения головы человека [10].

Верхняя челюсть занимает оптимальное переднезаднее положение, если центральными резцами, которые находятся в середине своей поддерживающей альвеолярной кости с природным значением инклинации $+7^\circ$, находится точкой FA (Facial Axis, серединой клинической коронки) на GALL. Положение нижней челюсти является оптимальным, когда нижние центральные резцы, которые находятся в середине своей поддерживающей альвеолярной кости с природным значением инклинации -1° , находятся в центральной окклюзии с верхним зубным рядом, челюсть которого уже занимает оптимальное переднезаднее положение, при этом ВНЧС находится в центральном соотношении. Оптимальное переднезаднее положение челюстей является элементом II в «Шести элементах орофациальной гармонии» человека [11].

Оценку изменения объема верхних дыхательных путей у пациентов с аномалиями зубочелюстной системы в переднезаднем направлении проводили многие исследователи. Однако сравнительную оценку изменения объема верхних дыхательных путей до лечения и после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей на основе уникального экстракраниального ориентира (GALL) никогда не выполняли.

Цель исследования — оценить изменение объема дыхательных путей у взрослых пациентов после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе клиники ортодонтии MOSORTO (Москва) и университетской клиники МГУ (Москва) проведено обследование 24 взрослых пациентов (16 женщин и 8 мужчин) с зубочелюстными аномалиями. В зависимости от вида зубочелюстных аномалий пациенты были разделены на 2 группы:

- I — 17 пациентов со скелетными формами дистальной окклюзии (средний возраст 34 года);
- II — 7 пациентов со скелетной формой мезиальной окклюзии (средний возраст 35 лет).

Для определения оптимального положения челюстей в переднезаднем направлении первым этапом проводилась клиническая оценка нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти относительно целевой передней ограничительной линии GALL при естественном положении головы (клиническое суждение специалиста относительно FA/GALL) [12]. Клиническая оценка FA/GALL проводилась с применением предложенного нами индикатора фронтальной плоскости головы (рис. 1А) [13].

Алгоритм оценки FA/GALL с помощью приложения цифрового индикатора фронтальной плоскости головы:

- 1) Проводится калибровка пузырькового уровня и метрической линейки приложения перед первым использованием в соответствии с инструкцией (рис. 1В).

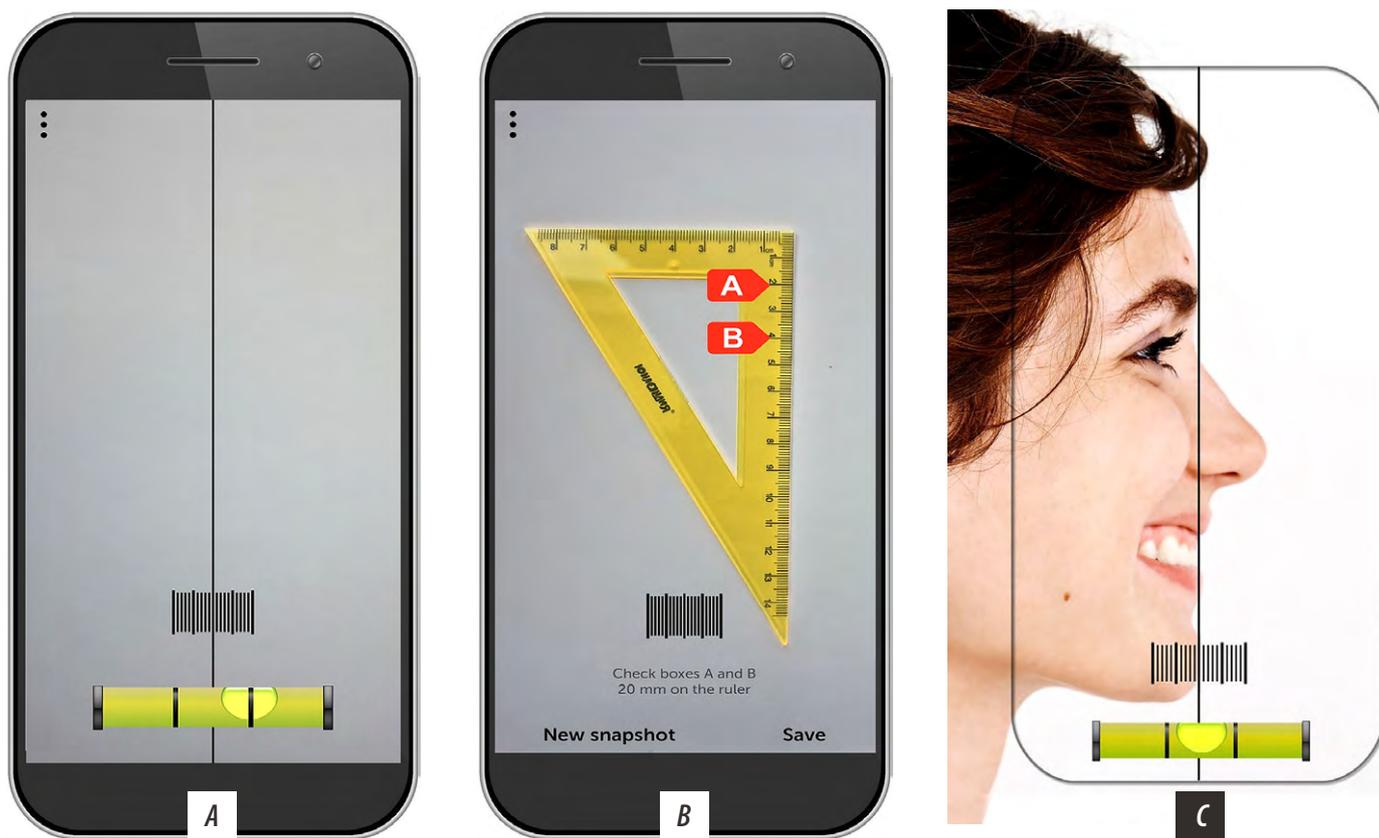


Рис. 1. Цифровой индикатор фронтальной плоскости головы на экране смартфона: А — общий вид программы в рабочем режиме; В — калибровка метрической линейки; С — использование на мобильном телефоне для оценки FA относительно GALL при естественном положении головы пациента

Fig. 1. The digital indicator of the frontal plane of the head on the screen of a mobile device: A — the general view of the program in the operating mode; B — ruler calibration; C — using on a smartphone to estimate FA relative to GALL in the natural position of the patient's head

- 2) Пациент должен находиться с естественным положением головы (рис. 1С).
- 3) Волосы отводятся со лба и фиксируются с помощью ободка, если требуется.
- 4) Пациента просят улыбнуться так, чтобы верхняя губа полностью обнажила верхние резцы.
- 5) Специалист открывает приложение индикатора фронтальной плоскости головы на мобильном телефоне.
- 6) Вертикальная линия цифрового индикатора сопоставляется с мягкотканой точкой glabella.
- 7) Специалист измеряет положение точки FA относительно GALL, при этом необходимо следить, чтобы пузырьковый уровень индикатора был центрирован.
- 8) При необходимости можно сделать захват экрана (нажатием на экран программа делает фотографию).

Вторым этапом полученные клинические данные переносились в новую диагностическую платформу 6ElementsONLINE™ на основе уникальных ориентиров человека [14]. Для оценки переднезаднего положения челюстей на ТРГ головы в боковой проекции резцы верхней и нижней челюсти ориентировались в середину кости (это уникальный ориентир оптимального переднезаднего положения резцов для каждого пациента) с природными значениями инклинации ($+7^\circ$ для верхних центральных резцов, -1° для нижних). Такое положение резцов в кости обозначается как элемент I (рис. 2).

Для оценки переднезаднего положения верхней челюсти программа автоматически проводила замеры от точки FA оптимально расположенных резцов верхней челюсти до GALL — уникального в отношении каждого пациента ориентира оптимального переднезаднего положения челюстей.

Для оценки переднезаднего положения нижней челюсти, после расположения верхней челюсти точкой FA центральных верхних резцов на GALL, программа автоматически проводила замер от режущего края нижнего

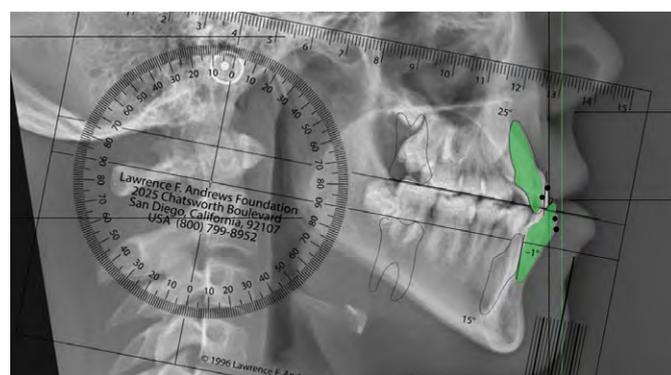


Рис. 2. Определение оптимального положения центральных резцов верхней и нижней челюсти в новой диагностической платформе
Fig. 2. Determination of optimal anterior-posterior boundaries of dentition and jaws in a new diagnostic platform

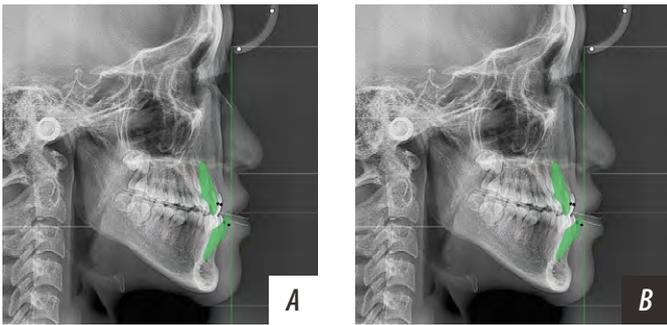


Рис. 3. Диагностика и планирование комбинированного ортодонтического и хирургического лечения с применением новой диагностической программы на основе уникальных ориентиров человека: А — стандартизированный снимок боковой ТРГ в естественном положении головы; В — цели для достижения оптимального положения челюстей
 Fig. 3. Diagnosis and planning of combined (orthodontic and surgical) treatment using a new diagnostic program based on unique human guidelines: A — standardized image of a lateral image in the natural position of the head; B — goals for achieving optimal jaw position

резца, который находился в оптимальном положении до нёбной поверхности верхнего резца, который находился оптимально в верхней челюсти, которая также находилась в оптимальном переднезаднем положении.

После проведения диагностики программа автоматически генерировала стандартизированный снимок ТРГ головы в боковой проекции, в естественном положении головы пациента и со всеми нанесенными ориентирами, а также схему оптимального положения челюстей в переднезаднем направлении, которая

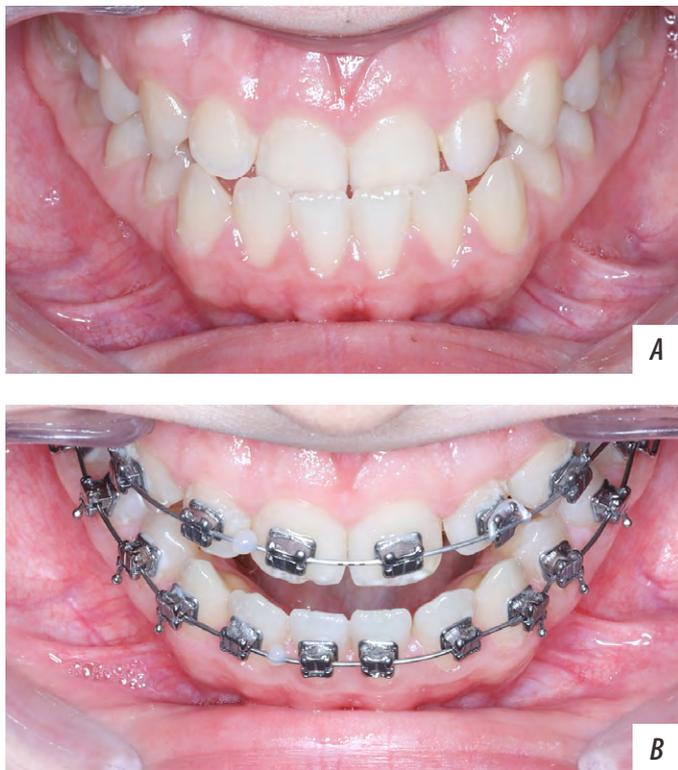


Рис. 4. Пример ортодонтического этапа лечения с применением брекет-системы Andrews SL™. А — до лечения; В — после ортодонтического этапа лечения; С — на этапе постурологического равновесия (перед операцией); D — после ортогнатической операции

одновременно являлась стратегией комбинированного лечения для врача-ортодонта и челюстно-лицевого хирурга (рис. 3).

Для достижения целей оптимального положения челюстей в пространстве черепа на основе проведенной диагностики по уникальным ориентирам проводилось ортодонтическое и хирургическое лечение.

Ортодонтическое лечение заключалось в достижении оптимального положения зубов в челюстях в обеих группах, достижении элемента I и элемента VI шести ключей к оптимальной окклюзии, когда корни всех зубов были центрированы в середине альвеолярной кости, клинические коронки имели природные значения инклинации. Для достижения элементов I и VI применялась брекет-система Andrews SL™. После такой ортодонтической подготовки пациенты обеих групп поступали в отделение челюстно-лицевой хирургии для достижения оптимального переднезаднего положения челюстей (рис. 4).

Расчет объема верхних дыхательных путей до и после лечения проводился в программе Dolphin Imaging по способу, предложенному Н.А. Соколович. При значениях объема дыхательных путей в пределах 12 374—17 136 мм³ объем дыхательных путей считался оптимальным, при значениях менее 12 374 мм³ указывал на наличие сужения верхних дыхательных путей. Данный способ был дополнен нами тем, что пациентам выполняли КТ головы полностью, с размером рамки аппарата 23×26 см и в естественном положении головы (рис. 5, 6).

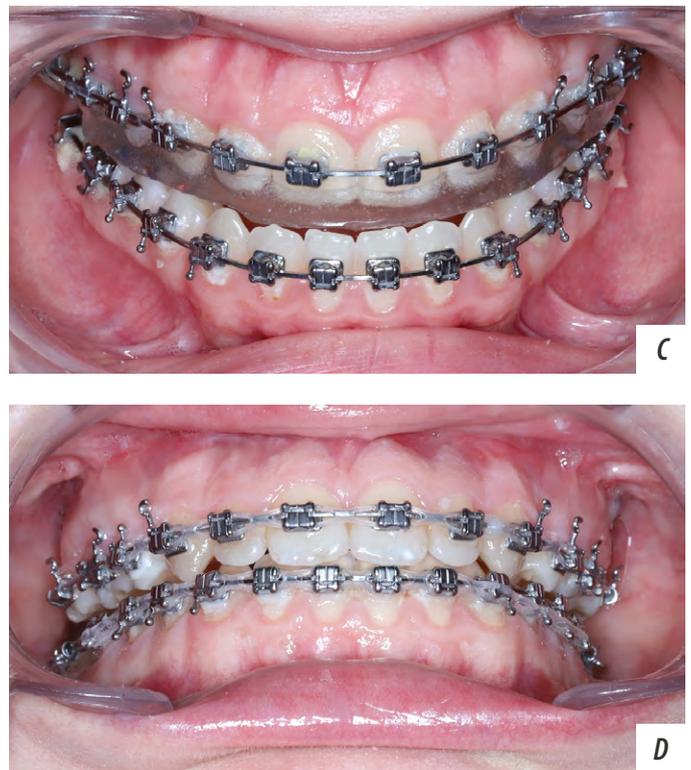


Fig. 4. An example of an orthodontic stage of treatment using the Andrews SL™ bracket system: A — before treatment; B — after orthodontic stage of treatment; C — at the stage of posturological equilibrium (before surgery); D — after orthognathic surgery

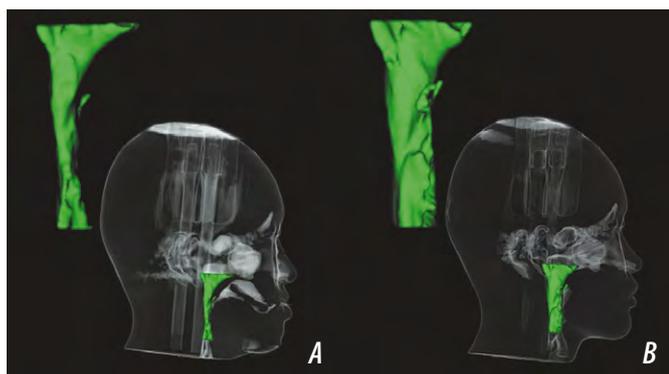


Рис. 5. Оценка объема верхних дыхательных путей: А — до лечения; В — увеличение объема верхних дыхательных путей после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей
Fig. 5. Assessment of the respiratory tract volume: A — before the treatment; B — an increase in the volume of the upper respiratory tract after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws

При статистической обработке данных для межгруппового сравнения применяли *U*-критерий Манна—Уитни. Для величины эффекта использовали среднюю разницу с 95%-ным доверительным интервалом. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ

До лечения у 8 (47%) пациентов I группы объем верхних дыхательных путей был меньше оптимальных значений. У остальных 9 (53%) пациентов этот объем был близок к нижней границе оптимальных значений. После лечения объем дыхательных путей увеличился в среднем на 34,8% ($p < 0,001$).

Во II группе 43% пациентов до лечения имели показатели объема верхних дыхательных путей меньше оптимальных значений, что указывает на недостаточный объем верхних дыхательных путей. 57% пациентов имели значения объема, близкие к нижней границе оптимальных значений. После лечения степень объема дыхательных путей в среднем стала выше на 36,27% [32,97; 39,90] ($p = 0,001$; см. таблицу).

Во всех случаях (100%) достижение оптимального переднезаднего положения челюстей (GALL) приводило к увеличению дыхательных путей (рис. 7).

Объем верхних дыхательных путей до и после лечения

Volume of the upper respiratory tract before and after treatment

	Объем, мм ³				Пациентов с оптимальным объемом		<i>p</i>
	Me	Q ₁ —Q ₃	мин.	макс.	абс.	%	
I группа							
До лечения	12 578	12 010—13 921	11 034	14 987	9	53	<0,001
После лечения	17 369	16 993—17 987	14 688	18 543	17	100	
II группа							
До лечения	12 865	11 876—14 234	11 248	14 350	4	57	0,001
После лечения	17 532	16 953—18 334	16 397	18 733	7	100	

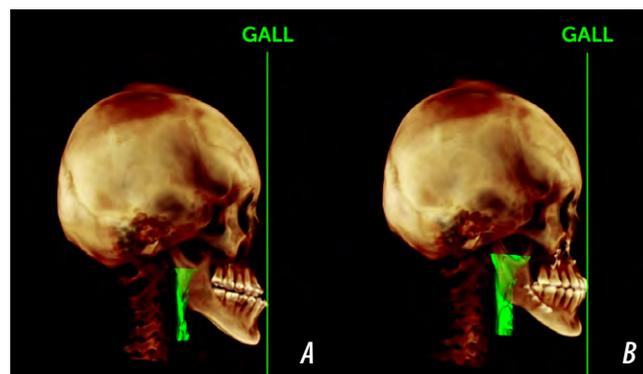


Рис. 6. Оценка дыхательных путей и челюстных структур: А — до лечения; В — после достижения оптимального переднезаднего положения челюстей до GALL
Fig. 6. Assessment of the respiratory tract and jaw structures; A — before the treatment; B — after reaching the optimal anterior-posterior position of the jaws to the GALL

ОБСУЖДЕНИЕ

Достижение оптимального положения челюстей может значительно улучшить состояние пациентов с СОАС. Это связано с тем, что анатомические нарушения окклюзии и положения челюстей часто являются ключевыми факторами, способствующими сужению дыхательных путей и возникновению эпизодов апноэ.

В данном исследовании проводилась оценка взаимосвязи изменения объема дыхательных путей в зависимости от переднезаднего положения челюстей и достижения их оптимального положения в переднезаднем направлении на основе уникального ориентира — GALL.

Однако большинство аномалий зубочелюстной системы редко имеют изолированный характер только в одном направлении и часто сочетаются с аномалиями во всех трех плоскостях пространства (переднезаднем, щечно-язычном и верхненижнем) [15]. В большинстве случаев по оптимальному плану лечение пациентам проводится расширение челюстей (достижение оптимального щечно-язычного положения челюстей) и изменение положения челюстей в верхненижнем направлении (достижение оптимального наклона окклюзионной плоскости и высоты челюстей). Необходимо проведение дальнейших исследований оценки влияния оптимального

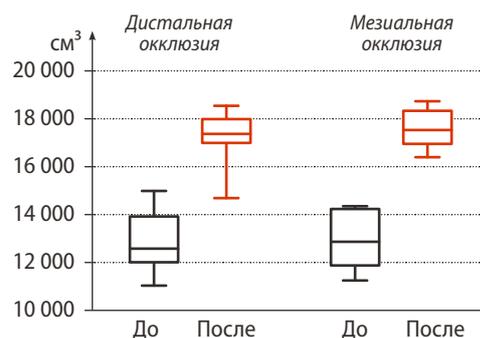


Рис. 7. Объем дыхательных путей до и после лечения
Fig. 7. Airway volume before and after treatment

положения челюстей во всех плоскостях пространства на изменение объема верхних дыхательных путей.

ВЫВОДЫ

1. После достижения оптимального переднезаднего положения челюстей на основе уникальных ориентиров человека в 100% случаев наблюдалось увеличение дыхательных путей. В среднем увеличение составляло 35%.
2. Целевая передняя ограничительная линия GALL является надежным экстракраниальным ориентиром, который является уникальным в отношении каждого

пациента для достижения оптимального переднезаднего положения челюстей и восстановления объема верхних дыхательных путей пациента.

3. Новая диагностическая платформа 6ElementsONLINE™ является эффективным инструментом для диагностики и планирования комбинированного лечения, направленного на восстановление оптимального объема дыхательных путей и улучшение качества жизни пациентов.

Поступила/Received: 07.11.2025

Принята в печать/Accepted: 01.03.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Franklin K.A., Lindberg E. Obstructive sleep apnea is a common disorder in the population—a review on the epidemiology of sleep apnea. — *J Thorac Dis.* — 2015; 7 (8): 1311—22. [PMID: 26380759](#)
2. Neelapu B.C., et al. Craniofacial and upper airway morphology in adult obstructive sleep apnea patients: A systematic review and meta-analysis of cephalometric studies. — *Sleep Med Rev.* — 2017; 31: 79—90. [PMID: 27039222](#)
3. Claudino L.V., et al. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: a preliminary study. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2013; 143 (6): 799—809. [PMID: 23726330](#)
4. Brito F.C., Brunetto D.P., Nojima M.C.G. Three-dimensional study of the upper airway in different skeletal Class II malocclusion patterns. — *Angle Orthod.* — 2019; 89 (1): 93—101. [PMID: 30230378](#)
5. Арсенина О.И., Попова Н.В., Махортова П.И., Гайрбекова Л.А. Комплексная диагностика и лечение пациентов с сужением и деформацией верхней челюсти. — *Клиническая стоматология.* — 2019; 1 (89): 51—57. [eLibrary ID: 37128729](#)
6. Ogawa T., Enciso R., Shintaku W.H., Clark G.T. Evaluation of cross-section airway configuration of obstructive sleep apnea. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* — 2007; 103 (1): 102—8. [PMID: 17178502](#)
7. Соколович Н.А., Саунина А.А. Анализ состояния дыхательных путей с помощью нового способа компьютерной диагностики у пациентов с аномалией окклюзии. — *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* — 2024; 1: 70—80. [eLibrary ID: 64859581](#)
8. Andrews W.A. AP relationship of the maxillary central incisors to the forehead in adult white females. — *Angle Orthod.* — 2008; 78 (4): 662—9. [PMID: 18302465](#)
9. Арсенина О.И., Шишкин К.М., Шишкин М.К., Попова Н.В. Эффективность цефалометрии в планировании ортодонтической коррекции: цефалометрические параметры и их возрастные изменения (часть 1). — *Стоматология.* — 2017; 3: 45—48. [eLibrary ID: 29439302](#)
10. Andrews L.F., Andrews W.A. The six elements of orofacial harmony. — *Andrews Journal.* — 2000; 1 (1): 13—22.
11. Andrews W.A., Andrews L.F. The six elements of the orofacial harmony. — Maringá: Dental Press. — 2025. — P. 149.
12. Rodriguez-Tarma Z.A., et al. A new instrument to clinically evaluate the anteroposterior relationship of the maxillary central incisors to the forehead. — *J World Fed Orthod.* — 2022; 11 (5): 176—180. [PMID: 35934619](#)
13. Орловская Ю.Е., Мамаев Р.Р. Цифровая версия индикатора фронтальной плоскости головы. — Патент RU №2024612945, действ. с 24.00.2024. [eLibrary ID: 60783310](#)
14. Бессонов С.Н., Шорстов Я.В., Орловская Ю.Е., Орловский Р.Р. Способ компьютерной ортодонтической диагностики. — Патент RU №2848632, действ. с 10.00.2025. [eLibrary ID: 83130246](#)
15. Колесов М.А., Майтесян Г.Д. Обзор и критерии выбора лечебных элементов у пациентов с глубокой резцово-окклюзией/ дизокклюзией в сочетании с сагиттальными аномалиями окклюзии. — *Ортодонтия.* — 2020; 1 (89): 21—34. [eLibrary ID: 48369383](#)

REFERENCES:

1. Franklin K.A., Lindberg E. Obstructive sleep apnea is a common disorder in the population—a review on the epidemiology of sleep apnea. *J Thorac Dis.* 2015; 7 (8): 1311—22. [PMID: 26380759](#)
2. Neelapu B.C., et al. Craniofacial and upper airway morphology in adult obstructive sleep apnea patients: A systematic review and meta-analysis of cephalometric studies. *Sleep Med Rev.* 2017; 31: 79—90. [PMID: 27039222](#)
3. Claudino L.V., et al. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 143 (6): 799—809. [PMID: 23726330](#)
4. Brito F.C., Brunetto D.P., Nojima M.C.G. Three-dimensional study of the upper airway in different skeletal Class II malocclusion patterns. *Angle Orthod.* 2019; 89 (1): 93—101. [PMID: 30230378](#)
5. Arsenina O.I., Popova N.V., Makhortova P.I., Gairbekova L.A. A comprehensive diagnostic and treatment of patients with narrowing and deformities of the upper jaw. *Clinical Dentistry (Russia).* 2019; 1 (89): 51—57 (In Russian). [eLibrary ID: 37128729](#)
6. Ogawa T., Enciso R., Shintaku W.H., Clark G.T. Evaluation of cross-section airway configuration of obstructive sleep apnea. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 103 (1): 102—8. [PMID: 17178502](#)
7. Sokolovich N.A., Saunina A.A. Analysis of the condition of the airway using a new method of computer diagnostics in patients with anomaly of occlusion. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2024; 1: 70—80 (In Russian). [eLibrary ID: 64859581](#)
8. Andrews W.A. AP relationship of the maxillary central incisors to the forehead in adult white females. *Angle Orthod.* 2008; 78 (4): 662—9. [PMID: 18302465](#)
9. Arsenina O.I., Shishkin K.M., Shishkin M.K., Popova N.V. Efficiency of cephalometry in orthodontic treatment planning: cephalometric parameters and their age-related changes. *Stomatology.* 2017; 3: 45—48 (In Russian). [eLibrary ID: 29439302](#)
10. Andrews L.F., Andrews W.A. The six elements of orofacial harmony. *Andrews Journal.* 2000; 1 (1): 13—22.
11. Andrews W.A., Andrews L.F. The six elements of the orofacial harmony. Maringá: Dental Press. 2025. P. 149.
12. Rodriguez-Tarma Z.A., et al. A new instrument to clinically evaluate the anteroposterior relationship of the maxillary central incisors to the forehead. *J World Fed Orthod.* 2022; 11 (5): 176—180. [PMID: 35934619](#)
13. Orlovskaya I.E., Mamaev R.R. The digital version of the indicator of the frontal plane (FPI) of the head. Patent RU #2024612945, effective from 24.00.2024 (In Russian). [eLibrary ID: 60783310](#)
14. Orlovskii D.R., Bessonov S.N., Shorstov I.V., Orlovskaya I.E., Orlovskii R.R. Method of computerised orthodontic diagnosis. Patent RU #2848632, effective from 10.00.2025 (In Russian). [eLibrary ID: 83130246](#)
15. Kolesov M.A., Maytesyan G.D. Review and selection criteria of medical elements in patients with deep overbite/overjet in combination with sagittal malocclusion. *Orthodontics.* 2020; 1 (89): 21—34 (In Russian). [eLibrary ID: 48369383](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_35

[Ю.О. Тулуп,](#)

студентка V курса

А.И. Абрамова,

аспирант кафедры детской,
профилактической стоматологии
и ортодонтии

ORCID: 0009-0007-4978-5741

[О.А. Маланова,](#)к.м.н., ассистент кафедры детской,
профилактической стоматологии
и ортодонтии[А.М. Дыбов,](#)д.м.н., зав. кафедрой детской,
профилактической стоматологии
и ортодонтииПервый МГМУ им. И.М. Сеченова,
119991, Москва, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Тулуп Ю.О., Абрамова А.И., Маланова О.А., Дыбов А.М. Факторы, влияющие на стабильность ортодонтических мини-имплантатов: обзор. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 35—41.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_35

[Yu.O. Tulup,](#)5th year student

A.I. Abramova,

postgraduate at the Department of Pediatric
dentistry, preventive dentistry and
orthodontics[O.A. Malanova,](#)PhD in Medical Sciences, assistant professor
of the Department of Pediatric dentistry,
preventive dentistry and orthodontics[A.M. Dybov,](#)Doctor of Science in Medicine, head
of the Department of Pediatric dentistry,
preventive dentistry and orthodonticsSechenov University, 119991,
Moscow, Russia**FOR CITATION:**

Tulup Yu.O., Abramova A.I., Malanova O.A., Dybov A.M. Factors affecting the stability of orthodontic mini-implants. A review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 35—41 (In Russian).
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_35

Факторы, влияющие на стабильность ортодонтических мини-имплантатов: обзор

Аннотация. В современной ортодонтической практике применяется множество различных видов ортодонтических мини-имплантатов (МИ), которые различаются не только своими качественными характеристиками, такими как размер, материал, вид резьбы, стерилизации и обработки, но и техникой и местом установки МИ, что, безусловно, играет роль в достижении тех или иных целей в процессе ортодонтического лечения. Нами было найдено множество исследований отдельных факторов, влияющих на стабильность МИ и успех их применения. Однако крайне мало публикаций, обобщающих все описанные на сегодняшний день факторы, и нет публикаций, подводящих окончательный вывод по данной теме. Поэтому **цель** нашего систематического обзора — анализ всех имеющихся на сегодняшний день исследований факторов, влияющих на стабильность и функциональность МИ, а также подведение наиболее полного вывода по данной теме. После тщательного анализа и отбора на соответствие критериям включения и тематике обзора в систематический обзор было включено 50 публикаций. **Заключение.** Пол и перфорация верхнечелюстной пазухи не оказывают существенного влияния на стабильность МИ. Возраст, опыт врача, толщина кортикальной пластинки и плотность губчатой кости, сторона челюсти, близость корня зуба к МИ, длина, диаметр и вид резьбы МИ, обработка поверхности МИ, крутящий момент установки, сила и время нагрузки, место установки и гигиена полости рта непосредственно влияют на успех установки и функциональность МИ. Однозначных данных о влиянии материала МИ, использования самонарезающих МИ или протокола предварительного создания отверстия, а также времени начала приложения нагрузки к МИ после его установки не найдено. Для получения определенных выводов требуется проведение дальнейших исследований на эти темы.

Ключевые слова: ортодонтические мини-имплантаты, стабильность мини-имплантатов, успех ортодонтического лечения, отторжение ортодонтических мини-имплантатов, IZC, BS

Factors affecting the stability of orthodontic mini-implants. A review

Abstract. In modern orthodontic practice, many different types of orthodontic mini-implants (MI) are used, which differ not only in their qualitative characteristics, such as shape, size, material, thread type, sterilization, and processing, but also in the technique and location of MI placement, which undoubtedly plays a role in achieving certain goals in the orthodontic treatment process. We found many studies on individual factors affecting the stability of MIs and the success of their use. However, there are very few publications reviewing all the factors described to date, and there are no publications drawing a final conclusion on this topic. Therefore, **the aim** of our systematic review was to analyze all currently available studies of factors affecting the stability and functionality of MI and to draw the most comprehensive conclusion on this topic. After careful analysis and selection for compliance with the inclusion criteria and the subject of the review, 50 publications were included in the systematic review. **Conclusions.** Gender and maxillary sinus perforation do not significantly affect MI stability. Age, physician experience, cortical plate thickness and cancellous bone density, jaw side, proximity of the tooth root to the MI, shape, length, diameter, and type of MI thread, MI surface treatment, installation torque, load force and time, installation site, and oral hygiene have a direct impact on the success of MI installation and functionality. No clear data was found on the influence of FI material, the use of self-tapping MI or a pre-drilling protocol, or the time of load application to the MI after its placement. Further research on these topics is needed to draw definitive conclusions.

Key words: orthodontic mini-implants, stability of mini-implants, success of orthodontic treatment, rejection of orthodontic mini-implants, IZC, BS

ВВЕДЕНИЕ

Ортодонтические мини-имплантаты (МИ) широко распространены в качестве стабильной скелетной опоры для перемещения зубов. На сегодняшний день проведено множество исследований, доказывающих, что ортодонтическое лечение с применением МИ значительно быстрее и эффективнее (эффективность — 91,11%), нежели без установки МИ (эффективность — 73%) [1, 2].

Для успешного перемещения зубов необходимы хорошая стабильность МИ и минимальный риск осложнений и отторжений.

Высокая первичная стабильность имеет решающее значение, поскольку она позволяет давать нагрузку на МИ сразу после его установки, что повышает эффективность и скорость лечения. Вторичная стабильность связана с ремоделированием и формированием новой костной ткани вокруг МИ с течением времени. Необходимо учитывать их корреляцию: так, например, недостаточная первичная стабильность и костная поддержка могут снизить вторичную стабильность [3].

При рассмотрении основных осложнений во время и после установки МИ можно выделить следующие: перфорация корня зуба, травма периодонта, кровотечение, повреждение нервов, воспаление окружающих мягких тканей, перфорации носовой полости и верхнечелюстной пазухи, перелом кости или МИ. Большая часть повреждений локализована на корневом уровне и спонтанно устраняется с помощью восстановительного образования цемента корня после быстрого удаления МИ, в некоторых случаях требуется эндодонтическое или хирургическое лечение. Однако частота осложнений довольно низкая, и МИ признаны безопасными [4, 5]. Было клинически доказано, что пародонтальные индексы зубов, расположенных близко к МИ, существенно не отличаются от пародонтальных индексов других зубов, соответственно установка МИ безопасна для пародонта [6, 7].

Также стоит отметить, что большинство пациентов довольны лечением с применением МИ и не отмечают дискомфорта [8].

В современной ортодонтической практике применяется множество различных видов МИ, которые различаются не только своими качественными характеристиками, такими как размер, материал, вид резьбы, стерилизации и обработки, но и техникой и местом установки МИ, что, безусловно, играет роль в достижении тех или иных целей в процессе ортодонтического лечения. Нами было найдено множество исследований отдельных факторов, влияющих на стабильность МИ и успех их применения. Однако крайне мало публикаций, обобщающих все описанные на сегодняшний день факторы, и нет публикаций, подводящих окончательный вывод по данной теме.

Поэтому **цель** нашего систематического обзора — анализ всех имеющихся на сегодняшний день исследований факторов, влияющих на стабильность и функциональность МИ, а также подведение наиболее полного вывода по данной теме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами был проведен поиск современных публикаций, в которых описывались факторы, влияющие на стабильность МИ и успешность ортодонтического лечения с их применением. Отечественных публикаций, соответствующих данной теме и критериям отбора, нами не найдено. Были использованы базы данных PubMed (MEDLINE). При поиске использовали ключевые слова и словосочетания, включающие ряд синонимов и родственных терминов, отражающих данную тему для получения наиболее полного результата. Поиск не ограничивался по языку, основное внимание уделялось работам на английском языке, опубликованным с 2020 по 2024 г., исключая тезисы, публицистические статьи и эпидемиологические исследования.

После тщательного анализа и отбора на соответствие критериям включения и тематике обзора в систематический обзор было включено 50 публикаций. Заключительный этап исследования включал подробное изучение и анализ данных из отобранных исследований. Критерии отбора:

- 1) соответствие целям и задачам систематического обзора;
- 2) исследования на людях без общесоматической патологии;
- 3) публикация не ранее 2020 г.;
- 4) только оригинальные статьи.

В обзор были включены рандомизированные и нерандомизированные клинические исследования, систематические обзоры, систематические обзоры с метаанализом, серии случаев. Процесс отбора завершен 27.03.2025.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализировав доступную литературу, мы выделили основные критерии, влияющие на стабильность МИ и успех лечения с их применением, а также факторы, позволяющие минимизировать риск осложнений.

Возраст пациента

Ограниченное количество исследований утверждает, что возраст пациента не влияет на успешную установку и дальнейшую стабильность МИ [9]. Однако существует противоположное мнение большинства авторов, что возраст является фактором, оказывающим значительное влияние на стабильность МИ. Так, у подростков нарушения стабильности и смещение МИ наблюдались в 2–3 раза чаще, чем у взрослых и у детей до 8 лет. Следовательно, у подростков рекомендовано применение отсроченной нагрузки к МИ [10, 11]. Это объясняется тем, что толщина кортикальной и трабекулярной кости у взрослых больше, чем у подростков, что связано с активным метаболизмом кости и повышенной скоростью ремоделирования костной ткани [12–15].

Пол пациента

Найдено 1 исследование, авторы которого утверждали, что у женщин стабильность МИ выше, чем у мужчин [9].

в то время как множество других статей сообщали об отсутствии влияния пола на стабильность МИ [12, 14–16].

Толщина кортикальной и плотность трабекулярной кости

Результатами множества исследований была доказана положительная корреляция между толщиной кортикальной кости, плотностью трабекулярной кости и стабильностью МИ [12–15]. При более детальном анализе было выявлено, что адекватной стабильности МИ можно добиться при размещении их в кортикальной кости толщиной 1–2 мм. Однако при толщине кортикальной кости 3 мм и более рекомендовано предварительно создать отверстие для МИ для предотвращения перелома кортикальной пластинки [12].

Влияние типа роста лица на строение кости

Было выявлено, что тип роста не влияет на структуру и плотность трабекулярной кости, однако у людей с вертикальным типом роста наблюдалась меньшая толщина как кортикальной, так и трабекулярной кости. Стоит отметить, что пациенты с нормальным типом роста имеют самую толстую (превосходство толщины до 25%) кортикальную кость относительно горизонтального и вертикального типов роста [17, 18].

Следует отметить, что другие авторы утверждают: тип роста не влияет на толщину межрадикулярной кортикальной кости [19].

Челюсть

Авторы только одного исследования утверждали, что применение МИ на нижней челюсти более успешно [9]. В то же время множество исследований сообщали об обратном — на верхней челюсти МИ более стабильны (процент отказа МИ на верхней челюсти — 11,8%, а на нижней 28,2%), так как именно на верхней челюсти образуется больше кортикальной кости за меньший период времени, что, безусловно, важно для вторичной стабильности [16, 20].

Сторона челюсти

Существуют утверждения, что сторона челюсти не влияет на стабильность МИ, а также что при установке МИ слева ниже вероятность потери стабильности, чем справа [9]. Стоит обратить внимание на то, что вторичная стабильность МИ была выше в ретромолярной области и в задних отделах полости рта по сравнению с передними отделами. На верхней челюсти средний крутящий момент удаления МИ в области задних и передних зубов составил 3,83 и 3,32 Н·см, на нижней — 5,66 Н·см в ретромолярной области, 4,58 Н·см в области задних зубов и 3,0 Н·см в области передних [21].

Опыт врача

Обнаружена положительная корреляция между опытом врача и успешностью установки МИ [9, 20].

Близость корня к импланту

Близость корня оказывает отрицательный эффект на стабильность МИ и повышает процент отторжения.

Согласно результатам исследований, для минимизации количества отторжений МИ рекомендовано позиционирование МИ на расстоянии 1–1,5 мм от корня зуба [15].

Перфорация верхнечелюстной пазухи

Перфорация верхнечелюстной пазухи не влияет на стабильность МИ [22]. Общий успех установки МИ в IZC составляет около 96,7%, при этом 78,3% из них были размещены с перфорацией верхнечелюстной пазухи. Также было отмечено, что бикортикальное размещение (при перфорации пазухи) более стабильное, чем монокортикальное [23]. Немаловажно, что при проникновении МИ в пазуху на 1 мм и менее негативной реакции со стороны слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи не отмечено.

Длина и диаметр импланта

На сегодняшний день по всему миру были разработаны и распространены различные типы мини-винтов; их длина колеблется от 5 до 12 мм, а диаметр — от 1,3 до 2,0 мм [24]. Найдено множество публикаций с диаметрально противоположными выводами, касающимися влияния длины и диаметра МИ:

- ни диаметр, ни длина не влияют на стабильность МИ [9];
- диаметр не влияет на успешность применения, но более длинные МИ более стабильны [20, 25];
- более стабильны МИ с большим диаметром и большей длиной [26].

Стоит отметить, что наилучшие показатели стабильности наблюдались при использовании МИ с длиной, большей или равной 8 мм [25, 27, 28]. На стабильность влияет длина внутрикостной части МИ, а длина экспозиционной части не влияет [26]. Так, длина внутрикостной части МИ от 5 мм показывает результаты с наилучшей стабильностью [12, 26]. При установке МИ в IZC 14 мм МИ чаще проникали в верхнечелюстную пазуху, чем 12 мм. При этом стабильность 14 мм МИ была незначительно выше. Исследователи рекомендуют использовать 12 мм МИ для установки в IZC.

Материал импланта

При сравнении клинической успешности лечения с применением МИ из нержавеющей стали и титанового сплава мнение исследователей разделилось:

- при использовании МИ из нержавеющей стали частота отторжений больше, чем при использовании титановых МИ [20];
- МИ из нержавеющей стали обладают большей механической прочностью, устойчивостью к перелому и смещению выше на 15–20% по сравнению с МИ из титана; при этом они обладают схожими клиническими характеристиками [29];
- материал не влияет на стабильность МИ [22].

Требуются дополнительные исследования для получения более точных выводов.

Обработка импланта

Обработка МИ усиливает шероховатость и гидрофильность МИ, увеличивая его остеоинтеграцию и вторич-

ную стабильность. Согласно данным исследований, как пекоструйная, так и обработка кислотным травлением улучшила стабильность МИ и его остеоинтеграцию. Отмечено ускорение остеоинтеграции и увеличение вторичной стабильности в 3 раза при покрытии МИ кристаллическим BioCaP (анодирование с последующим покрытием апатитом) [30].

Вид резьбы

МИ с двойной резьбой демонстрируют лучшие механические свойства благодаря большему максимальному крутящему моменту установки, большему максимальному крутящему моменту и большей силе извлечения, чем МИ с одиночной резьбой. А также они показали отличные результаты у молодых пациентов [20]. Другие исследователи утверждают, что МИ как с одиночной, так и с двойной резьбой показывают отличные результаты, однако разницы в успешности их использования не выявлено [31]. А также большая ширина шага резьбы, больший угол резьбы и ее меньшая высота способствуют повышению стабильности МИ в результате уменьшения микрповреждений и увеличения сжатия кости [32]. Говоря о точных численных данных, исследователи выяснили, что наиболее эффективные значения глубины и шага резьбы соответственно равны 0,1–0,2 и 0,6–0,7 мм. В результате клинических испытаний они показали наилучшую стабильность МИ [32]. Однако существует и противоположное мнение: наименьший шаг резьбы МИ способствует большей стабильности МИ и не зависит от глубины резьбы [33].

Согласно данным исследования наличие микроиной резьбы на шейке МИ не влияет на его стабильность и механическую прочность [3].

Максимальный крутящий момент установки

Результаты одного исследования показывают, что крутящий момент не оказывает влияния на стабильность МИ [21]. Стоит обратить внимание на выводы других авторов. Более низкие значения максимального крутящего момента установки МИ более благоприятны для остеоинтеграции и положительно влияют на вторичную стабильность МИ. Применение большего максимального крутящего момента при установке МИ способствует большему количеству микрповреждений кости. Наилучшие показатели стабильности наблюдались при применении крутящего момента равного 10 Н·см или больше [27]. Было отмечено, что применение механической вибрационной силы при установке МИ способствует снижению нагрузки на кость и снижению напряжения в МИ.

Угол установки

При установке МИ под углом 70° к кости была отмечена лучшая стабильность, чем при введении МИ под углом 90°. Исследования показали, что наилучшей стабильности можно добиться при установке МИ под углом 30° к кости [25]. Авторы всего одной публикации сообщали об отсутствии влияния угла введения МИ на его стабильность [34].

Способ установки с созданием предварительного отверстия и самонарезающие импланты

При создании предварительного отверстия для установки МИ была отмечена большая первичная и вторичная стабильность МИ, чем при использовании самонарезающих МИ [35].

Другие исследования сообщают об отсутствии отличий в клинической успехе при использовании самонарезающих МИ и создании предварительного отверстия для установки МИ. Стоит отметить, что при использовании самонарезающих МИ точность установки выше. Также существует мнение, что устойчивость выше у самонарезающих МИ [36]. Для более точных выводов необходимы дальнейшие исследования.

Вид стерилизации импланта

При сравнении механических свойств и первичной стабильности МИ, стерилизованных паром и сухим жаром, было выяснено, что при стерилизации паром первичная стабильность МИ выше, чем при стерилизации сухим жаром, который также негативно влияет на механические свойства МИ [37].

Время использования

После 6 месяцев использования МИ отмечено ухудшение его механических свойств и изменение рельефа поверхности, что, в свою очередь, способствует нарушению стабильности МИ. Согласно данным исследования спустя 3 месяца после установки МИ часто наблюдается потеря стабильности МИ и рентгенологически диагностированное разряжение костной ткани вокруг МИ [7].

Другие авторы утверждают обратное — больше всего (15,2%) потеря стабильности МИ наблюдалась в течение 1 месяца после установки МИ и меньше всего в течение 2–3 месяцев (3,7%) [16].

Повторное использование

Было доказано, МИ, которые уже использовались, содержат различные отложения на своей поверхности, микрповреждения резьбы и коррозию поверхности. Максимальный крутящий момент установки таких МИ был увеличен по сравнению с новыми МИ, как и само время установки. Авторы допускают повторное использование МИ только для тех же пациентов и только для немедленного перемещения, однако категорически не рекомендуют для отсроченного перемещения и аллогенное использование таких МИ [38].

Стоит отметить, что при повторном использовании МИ отмечается значительная частота отторжений: коэффициент риска — 0,46 [39].

Приложенные силы к импланту

При более толстой кортикальной пластинке кости возможно приложение большей силы к МИ в процессе ортодонтического лечения. Средняя рекомендуемая сила для безопасного приложения к МИ составляет 3,75–4,5 Н. Согласно результатам исследования, при приложении большей силы наблюдается меньшее количество отторжений МИ [9].

При использовании эластичной цепочки для приложения силы к МИ значительно чаще отмечается воспаление тканей вокруг МИ, чем при использовании стальной лигатуры [20].

Срок начала приложения нагрузки

Нарушение стабильности МИ часто наблюдается в течение 13 недель после приложения силы к нему, а также при отсутствии приложенной силы в течение 12 недель, поэтому необходимо тщательно следить за стабильностью МИ в течение первых 3 месяцев после установки. Исследования показывают, что применение отсроченной нагрузки к МИ (через 2 недели после установки) более успешно (до 100% успешности установки МИ) в долгосрочной перспективе стабильности МИ, чем применение немедленной нагрузки (успешность установки 60,9%). Это объясняется тем, что в большинстве случаев преждевременная нагрузка сопровождается образованием фиброзной ткани между МИ и костной тканью [20].

Другие исследователи, в свою очередь, утверждают, что время ожидания перед применением нагрузки к МИ после его установки существенно не влияет на его стабильность. Однако у подростков рекомендовано применение отсроченной нагрузки к МИ [10].

Гигиена полости рта

Гигиена полости рта и очищение наддесневой части МИ имеет высокое значение в предупреждении воспаления перимплантанных тканей и, соответственно, сохранении стабильности МИ [28].

При сравнении использования электрических и ручных зубных щеток для домашней гигиены полости рта у людей с зафиксированными МИ не отмечено клинической разницы в степени удаления зубных отложений, состоянии пародонта и стабильности МИ [40]. Также применение хлоргексидина, хитозана и диодного лазера помогает снизить или избежать воспаления, повышая стабильность МИ [28, 41]. Фотобиомодуляция и низкоуровневая лазерная терапия в области уставленного МИ повышает вторичную стабильность МИ в 3 раза и снижает количество отторжений [41, 42]. Существует исследования, которые утверждают, что положительная роль фотобиомодуляции и низкоуровневой лазерной терапии не доказана и является спорной [43].

Место установки импланта

Было обнаружено, что для установки МИ подходят различные анатомические участки, например межкорневая, небная и ретромолярная области, подскуловой гребень (IZC), наружная косая линия нижней челюсти (BS). IZC — костный гребень, проходящий вдоль кривизны между альвеолярным и скуловым отростками верхней челюсти, который используется для установки МИ для перемещения моляров и премоляров верхней челюсти. BS — костный гребень, располагающийся между телом и ветвью нижней челюсти, используется для установки МИ для перемещения моляров и премоляров нижней челюсти [13].

Согласно статистическим данным, уровень отторжения и потери стабильности межкорневых МИ (доля

успеха — 80%) значительно ниже, чем IZC, BS (доля успеха — 62%). Исходя из вышеописанных факторов, влияющих на стабильность МИ, огромное значение в успешной установке и лечении с применением МИ имеет правильно выбранное место для МИ, в котором будут наблюдаться достаточный объем кости, наибольшая толщина кортикальной пластинки и отсутствие важных анатомических образований.

Наилучшее место для установки в зону IZC

Максимальная глубина кости (необходимая для установки МИ) присутствовала на 13 мм выше окклюзионной плоскости с углом наклона к плоскости десны 50° и дистальным наклоном 30°. Максимальная толщина кости присутствовала в месте установки на 17 мм выше окклюзионной плоскости с углом наклона к плоскости десны 70° и дистальным наклоном 30° [23]. Многие авторы сообщали, что оптимальное место установки МИ в IZC находится на 13–18 мм выше окклюзионной плоскости на уровне мезиально-щечного корня верхнего второго моляра, наклон 50–70° к плоскости десны и 30° дистально.

Авторы не рекомендуют устанавливать МИ на уровне дистально-щечного корня первого верхнего моляра и выше 17 мм от окклюзионной плоскости [13, 14]. Другие исследователи утверждают, что наилучшее место для установки МИ в IZC находится на 0,4 мм дистальнее и на 8,2 мм выше цементно-эмалевой границы первого верхнего моляра под углом наклона 56,4° к плоскости десны [44]. Был предложен еще один вариант размещения МИ в данной зоне: между первым и вторым молярами верхней челюсти на 9 мм выше окклюзионной плоскости [45].

Наилучшее место для установки в зону BS

Толщина кортикальной кости, а соответственно и наилучшее место для установки МИ, была наибольшей на уровне дистального щечного бугра второго нижнего моляра. Ширина кости была наибольшей на 8–11 мм ниже цементно-эмалевой границы (ЦЭГ) второго нижнего моляра. МИ также имели наибольшую близость к нижнечелюстному нерву в данном месте, но расстояние до нерва превышало 13 мм под углом 30° к оси зуба [46, 47]. Другие авторы утверждают, что наилучшим местом для установки МИ в зону BS является мезиальный корень второго нижнего моляра на расстоянии 5–8 мм ниже ЦЭГ под углом 10–30° к плоскости десны, чтобы избежать контакта МИ и корня [48]. Установка МИ в зону BS не рекомендуется растущим пациентам из-за близости к развивающимся корням [49].

Наилучшее место для установки межкорневых имплантов

Согласно статистическим данным, наилучшие места для установки межкорневых МИ располагаются следующим образом: на верхней челюсти — между вторым премоляром и первым моляром на 10 мм выше окклюзионной плоскости; на нижней челюсти — между первым и вторым премоляром на 6–10 мм ниже окклюзионной плоскости, между вторым премоляром и первым моляром

на 10 мм ниже окклюзионной плоскости, между первым и вторым моляром на 8–10 мм ниже окклюзионной плоскости [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После анализа всех отобранных исследований нами были выявлены основные факторы, оказывающие влияние на стабильность МИ и успех ортодонтического лечения с их применением. Они кратко перечислены ниже.

1. Пол, перфорация верхнечелюстной пазухи не оказывают существенного влияния на стабильность МИ. Подростковый возраст соотносится с меньшей первичной и вторичной стабильностью МИ. Успешность установки МИ напрямую зависит от опыта врача.
2. Увеличение толщины кортикальной пластинки и плотности трабекулярной кости коррелирует с увеличением стабильности МИ. Успешность установки МИ выше на верхней челюсти, а не на нижней. Стабильность МИ выше в ретромолярной области, в задних отделах полости рта и на правой стороне челюсти. Близость корня оказывает отрицательный эффект на стабильность МИ.
3. Увеличение длины и диаметра МИ коррелируют с увеличением первичной и вторичной стабильности МИ. Наличие двойной резьбы, большая ширина шага резьбы, большой угол резьбы и меньшая ее высота способствуют повышению стабильности МИ. Пескоструйная обработка, обработка кислотным травлением и покрытие МИ

кристаллическим BioCaP оказывают положительное влияние на вторичную стабильность МИ. Стерилизация паром оказывала положительное влияние на успешность установки МИ, а стерилизация сухим жаром наоборот оказывала отрицательное влияние.

4. Наилучшие показатели стабильности наблюдались при применении крутящего момента 10 Н·см и более и установке под углом 30–70° к кости. Средняя рекомендуемая сила для безопасного приложения к МИ составляет 3,75–4,5 Н. Использование металлической лигатуры предпочтительнее, нежели эластической цепочки. Место установки МИ также оказывает значительное влияние на успешность дальнейшего применения МИ.
5. Срок безопасного использования МИ в среднем составлял 3–6 месяцев, однако стоит отметить, что данный показатель индивидуален для каждого пациента. Гигиена полости рта напрямую влияет на уровень отторжения МИ. Фотобиомодуляция оказывает положительное воздействие на вторичную стабильность МИ.
6. Однозначных данных о влиянии материала МИ, использования самонарезающих МИ или протокола предварительного создания отверстия, времени начала приложения нагрузки к МИ после его установки не найдено. Для получения определенных выводов требуется проведение дальнейших исследований на эти темы.

Поступила/Received: 27.05.2025

Принята в печать/Accepted: 16.01.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. de Almeida M.R. Current status of the biomechanics of extra-alveolar mini-screws. — *J World Fed Orthod.* — 2024; 13 (1): 25–37. PMID: 38155064
2. Shetty S., Ramesh A., Maniyankod S.B., Parveen K., Selvakumar S.G., Mubeen M., Amin V. Comparing the efficiency of infrazygomatic crest (IZC) screws and conventional method for anterior retraction in patients undergoing fixed orthodontic treatment for class 2 malocclusion: A prospective clinical study. — *Cureus.* — 2024; 16 (2): e54599. PMID: 38524017
3. Tseng Y.C., Chen H.S., Hsiao S.Y., Hsu K.J., Chen C.M. Effect of microimplant neck design with and without microthread on pullout strength and destruction volume. — *Materials (Basel).* — 2021; 14 (20): 5991. PMID: 34683583
4. Inchingolo A.M., et al. Tooth Complications after orthodontic miniscrews insertion. — *Int J Environ Res Public Health.* — 2023; 20 (2): 1562. PMID: 36674316
5. Truong V.M., Kim S., Kim J., Lee J.W., Park Y.S. Revisiting the complications of orthodontic miniscrew. — *Biomed Res Int.* — 2022; 2022: 8720412. PMID: 35958810
6. Moeini N., Sabri H., Galindo-Fernandez P., Mirmohamadsadeghi H., Valian N.K. Periodontal status following orthodontic mini-screw insertion: A prospective clinical split-mouth study. — *Clin Exp Dent Res.* — 2023; 9 (4): 596–605. PMID: 37340755
7. Yildiz M.S., Ulutas P.A., Ozenci I., Akcali A. Clinical and radiographic assessment of the association between orthodontic mini-screws and periodontal health. — *BMC Oral Health.* — 2024; 24 (1): 1376. PMID: 39543578
8. Vale F., Travassos R., Couto I., Ribeiro M., Marques F., Caramelo F., Marto C.M., Spagnuolo G., Paula A.B., Nunes C., Francisco I. Patients perspective on miniscrews during orthodontic treatment—A systematic review with meta-analysis. — *Orthod Craniofac Res.* — 2025; 28 (2): 217–241. PMID: 39377777
9. Valeri C., Aloisio A., Marzo G., Costigliola G., Quinzi V. What is the impact of patient attributes, implant characteristics, surgical techniques, and placement location on the success of orthodontic mini-implants in young adults? A Systematic Review and Meta-Analysis. — *Saudi Dent J.* — 2024; 36 (9): 1149–1159. PMID: 39286583
10. Zhao Y., Jia T., Wang Z. Comparative analysis of anchorage strength and histomorphometric changes after implantation of miniscrews in adults and adolescents: an experimental study in Beagles. — *BMC Oral Health.* — 2023; 23 (1): 639. PMID: 37670309
11. Jaramillo-Bedoya D., Villegas-Giraldo G., Agudelo-Suárez A.A., Ramírez-Ossa D.M. A scoping review about the characteristics and success-failure rates of temporary anchorage devices in orthodontics. — *Dent J (Basel).* — 2022; 10 (5): 78. PMID: 35621531
12. Zhang S., Wei X., Wang L., Wu Z., Liu L., Yan X., Lai W., Long H. Evaluation of optimal sites for the insertion of orthodontic mini implants at mandibular symphysis region through cone-beam computed tomography. — *Diagnostics (Basel).* — 2022; 12 (2): 285. PMID: 35204375
13. Song Q., Jiang F., Zhou M., Li T., Zhang S., Liu L., Pu L., Lai W., Long H. Optimal sites and angles for the insertion of orthodontic mini-implants at infrazygomatic crest: a cone beam computed tomography (CBCT)-based study. — *Am J Transl Res.* — 2022; 14 (12): 8893–8902. PMID: 36628253
14. Pan Y., Wei L., Zheng Z., Bi W. An evaluation of bone depth at different three-dimensional paths in infrazygomatic crest region for miniscrew insertion: A cone beam computed tomography study. — *Heliyon.* — 2024; 10 (3): e25827. PMID: 38352741
15. Toriya T., Kitahara T., Hyakutake H., Todo M., Takahashi I. Analysis for predictors of failure of orthodontic mini-implant using patient-specific finite element models. — *Ann Biomed Eng.* — 2023; 51 (3): 594–603. PMID: 36167866
16. Bungău T.C., Vaida L.L., Moca A.E., Ciavoi G., Iurcov R., Romanul I.M., Buhaş C.L. Mini-Implant rejection rate in teenage patients depending on insertion site: A retrospective study. — *J Clin Med.* — 2022; 11 (18): 5331. PMID: 36142978

17. Hasani M., Afzoon S., Karandish M., Parastar M. Three-dimensional evaluation of the cortical and cancellous bone density and thickness for miniscrew insertion: a CBCT study of interradicular area of adults with different facial growth pattern. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 753. [PMID: 37833666](#)
18. Mehta S., Arqub S.A., Sharma R., Patel N., Tadinada A., Upadhyay M., Yadav S. Variability associated with mandibular ramus area thickness and depth in subjects with different growth patterns, gender, and growth status. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2022; 161 (3): e223—e234. [PMID: 34802867](#)
19. Tavares A., Crusoé-Rebello I.M., Neves F.S. Tomographic evaluation of infrazygomatic crest for orthodontic anchorage in different vertical and sagittal skeletal patterns. — *J Clin Exp Dent*. — 2020; 12 (11): e1015—e1020. [PMID: 33262865](#)
20. Tarigan S.H.P., Sufarnap E., Bahirrah S. The orthodontic mini-implants failures based on patient outcomes: Systematic review. — *Eur J Dent*. — 2024; 18 (2): 417—429. [PMID: 37848073](#)
21. Kim H.J., Park H.S. Long-term evaluation of factors affecting removal torque of microimplants. — *Prog Orthod*. — 2021; 22 (1): 42. [PMID: 34778924](#)
22. Rodríguez-Rimachi M.E., Malpartida-Pacheco M.I., Olazábal-Martínez W.C. Success rate of infrazygomatic miniscrews considering their design and insertion techniques. A review. — *Rev Cient Odontol (Lima)*. — 2022; 10 (3): e117. [PMID: 38389546](#)
23. Tavares A., Montanha-Andrade K., Cury P.R., Crusoé-Rebello I., Neves F.S. Tomographic assessment of infrazygomatic crest bone depth for extra-alveolar miniscrew insertion in subjects with different vertical and sagittal skeletal patterns. — *Orthod Craniofac Res*. — 2022; 25 (1): 49—54. [PMID: 33908170](#)
24. Sakamaki T., Watanabe K., Iwasa A., Deguchi T., Horiuchi S., Tanaka E. Thread shape, cortical bone thickness, and magnitude and distribution of stress caused by the loading of orthodontic miniscrews: finite element analysis. — *Sci Rep*. — 2022; 12 (1): 12367. [PMID: 35859046](#)
25. Mohan S., Srinivasan D., Arumugam E., Devasahayam D., Kannan R. Effect of placement angle, diameter, length and bone density on the pull-out strength of orthodontic mini-implants: An in vitro study. — *J Orthod*. — 2022; 49 (2): 143—150. [PMID: 34666551](#)
26. Du B., Lin Y., Ji M., Yang Q., Jiang J., Wang F., Wang X., Tan J., Jia R., Li J. Effects of exposure length, cortical and trabecular bone contact areas on primary stability of infrazygomatic crest mini-screws at different insertion angles. — *BMC Oral Health*. — 2024; 24 (1): 924. [PMID: 39123162](#)
27. Palone M., Darsiè A., Maino G.B., Siciliani G., Spedicato G.A., Lombardo L. Analysis of biological and structural factors implicated in the clinical success of orthodontic miniscrews at posterior maxillary interradicular sites. — *Clin Oral Investig*. — 2022; 26 (4): 3523—3532. [PMID: 34837567](#)
28. Favero R., Fabiane M., Zuccon A., Conte D., Ludovichetti F.S. Maintaining hygiene in orthodontic miniscrews: Patient management and protocols — A literature review. — *Dent J (Basel)*. — 2024; 12 (7): 227. [PMID: 39057014](#)
29. Puls G.L., et al. Insertion torque, flexural strength and surface alterations of stainless steel and titanium alloy orthodontic mini-implants: an in vitro study. — *Dental Press J Orthod*. — 2024; 29 (2): e2423282. [PMID: 38775601](#)
30. Byeon S.M., Kim H.J., Lee M.H., Bae T.S. Enhancement of bioactivity and osseointegration in Ti-6Al-4V orthodontic mini-screws coated with calcium phosphate on the TiO₂ nanotube layer. — *Korean J Orthod*. — 2022; 52 (6): 412—419. [PMID: 36424809](#)
31. Fukumoto T., Fukasawa S., Yamada K., Nakajima R., Yamaguchi M. Evaluation of the success rate of single- and dual-thread orthodontic miniscrews inserted in the palatal side of the maxillary tuberosity. — *J World Fed Orthod*. — 2022; 11 (3): 69—74. [PMID: 35589502](#)
32. Ye Y., Yi W., Fan S., Zhao L., Yu Y., Lu Y., Yao Q., Wang W., Chang S. Effect of thread depth and thread pitch on the primary stability of miniscrews receiving a torque load: A finite element analysis. — *J Orofac Orthop*. — 2023; 84 (2): 79—87. [PMID: 34581834](#)
33. Jedliński M., et al. How does orthodontic mini-implant thread minidesign influence the stability? — Systematic review with meta-analysis. — *J Clin Med*. — 2022; 11 (18): 5304. [PMID: 36142951](#)
34. Golshah A., Gorji K., Nikkerdar N. Effect of miniscrew insertion angle in the maxillary buccal plate on its clinical survival: a randomized clinical trial. — *Prog Orthod*. — 2021; 22 (1): 22. [PMID: 34337677](#)
35. Ummat A., Shetty S., Desai A., Nambiar S., Natarajan S. Comparative assessment of the stability of buccal shelf mini-screws with and without pre-drilling- a split-mouth, randomized controlled trial. — *Clin Oral Investig*. — 2024; 28 (10): 567. [PMID: 39365318](#)
36. Marchi A., Camporesi M., Festa M., Salvatierra L., Izadi S., Farronato G. Drilling capability of orthodontic miniscrews: In vitro study. — *Dent J (Basel)*. — 2020; 8 (4): 138. [PMID: 33371233](#)
37. Samie S., Alavi S., Asadi F., Raji S.H. Effect of steam and dry heat sterilization on the insertion and fracture torque of orthodontic miniscrews. — *Dental Research Journal*. — 2020; 3: 219. [DOI: 10.4103/1735-3327.284729](#)
38. Ioana T.R., Boeru F.G., Antoniac I., Mitruț I., Staicu I.E., Rauten A.M., Uriciuc W.A., Manolea H.O. Surface analysis of orthodontic mini-implants after their clinical use. — *J Funct Biomater*. — 2024; 15 (9): 244. [PMID: 39330220](#)
39. Jahanbin A., Ziya F., Bardideh E., Hafez S., Abtahi M. In vitro physical properties and clinical stability of reused orthodontic miniscrews: A systematic review and meta-analysis. — *J World Fed Orthod*. — 2025; 14 (2): 97—110. [PMID: 39472213](#)
40. Mylonopoulou I.M., Pepelassi E., Madianos P., Halazonetis D.J. A randomized, 3-month, parallel-group clinical trial to compare the efficacy of electric 3-dimensional toothbrushes vs manual toothbrushes in maintaining oral health in patients with fixed orthodontic appliances. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2021; 160 (5): 648—658. [PMID: 34752255](#)
41. Zhang B., Huang X., Huo S., Zhang C., Cen X., Zhao Z. Effect of photobiomodulation therapy on mini-implant stability: a systematic review and meta-analysis. — *Lasers Med Sci*. — 2021; 36 (8): 1557—1566. [PMID: 33660109](#)
42. Figueiredo A.L., Travassos R., Nunes C., Ribeiro M.P., Santos M., Iaculli F., Paula A.B., Marto C.M., Caramelo F., Francisco I., Vale F. Surface treatment of dental mini-sized implants and screws: A systematic review with meta-analysis. — *J Funct Biomater*. — 2024; 15 (3): 68. [PMID: 38535261](#)
43. Michelogiannakis D., Jabr L., Barmak A.B., Rossouw P.E., Kotsailidi E.A., Javed F. Influence of low-level-laser therapy on the stability of orthodontic mini-screw implants. A systematic review and meta-analysis. — *Eur J Orthod*. — 2022; 44 (1): 11—21. [PMID: 34114609](#)
44. He Y., Liu J., Huang R., Chen X., Jia X., Zeng N., Fan X., Huang X. Clinical analysis of successful insertion of orthodontic mini-implants in infrazygomatic crest. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 348. [PMID: 37264370](#)
45. Tang Y., Lu W., Zhang Y., Wu W., Sun Q., Zhang Y., Liu X., Liang W., Chen S., Han B. Variations in the alveolar bone morphology in maxillary molar area: a retrospective CBCT study. — *BMC Oral Health*. — 2024; 24 (1): 872. [PMID: 39090625](#)
46. Fang X., Ding H., Fan C., Pang L., Xu T., Liu J., Jiang C. Comparison of mandibular buccal shelf morphology between adolescents and adults with different vertical patterns using CBCT. — *Oral Radiol*. — 2024; 40 (1): 58—68. [PMID: 37773481](#)
47. Aleluia R.B., Duplat C.B., Crusoé-Rebello I., Neves F.S. Assessment of the mandibular buccal shelf for orthodontic anchorage: Influence of side, gender and skeletal patterns. — *Orthod Craniofac Res*. — 2021; 24 Suppl 1: 83—91. [PMID: 33354889](#)
48. Wang Y., Sun J., Shi Y., Li X., Wang Z. Buccal bone thickness of posterior mandible for microscrews implantation in molar distalization. — *Ann Anat*. — 2022; 244: 151993. [PMID: 36041697](#)
49. Gandhi V., Upadhyay M., Tadinada A., Yadav S. Variability associated with mandibular buccal shelf area width and height in subjects with different growth pattern, sex, and growth status. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2021; 159 (1): 59—70. [PMID: 33221093](#)
50. Dharmadeep G., Naik M.K., Reddy Y.M., Cheruluri S., Praveen Raj K., Reddy B.R. Three-dimensional evaluation of interradicular areas and cortical bone thickness for orthodontic miniscrew implant placement using cone-beam computed tomography. — *J Pharm Bioallied Sci*. — 2020; 12 (Suppl 1): S99—S104. [PMID: 33149438](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_42

А.М. Дыбов¹,

д.м.н., доцент, зав. кафедрой детской профилактической стоматологии и ортодонтии

И.Н. Ляшев²,

к.м.н., челюстно-лицевой хирург, пластический хирург при Медицинском научно-образовательном институте

Е.В. Дыбова³,

старший преподаватель кафедры стоматологии

А.Д. Орлова¹,

ординатор кафедры детской профилактической стоматологии и ортодонтии

¹ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119991, Москва, Россия² МГУ им. М. В. Ломоносова, 119234, Москва, Россия³ Медицинский университет «РЕАВИЗ», 117418, Москва, Россия

Гермэктомия: двухэтапное ортодонтическое лечение скученного положения зубов (клинический случай)

Реферат. Исправление скученного положения зубов остается одной из основных задач ортодонтии. Частота встречаемости этой аномалии варьирует от 34% в сменном прикусе до 68% в постоянном прикусе. Один из способов коррекции данной аномалии — ортодонтическое лечение с удалением премоляров. При этом ретенция и дистопия третьих моляров нижней челюсти часто сопутствует скученному положению зубов и наблюдается у 35—50% населения. Эта проблема связана с недостатком роста нижней челюсти и должна рассматриваться как осложняющий фактор вышеуказанной патологии. Аномалии прорезывания третьих моляров могут вызывать различные осложнения (кариес вторых моляров, перикорониты) и теоретически провоцировать развитие дисфункции ВНЧС. Удаление третьих моляров во взрослом возрасте травматично и связано с высоким риском серьезных осложнений (альвеолит, травма нижнеальвеолярного нерва). Гермэктомия (удаление зачатка зуба на стадии развития корня менее одной трети) — теоретически возможный способ предотвращения этих осложнений. Однако данный подход до сих пор не получил широкого распространения ввиду отсутствия строгих показаний к проведению указанного метода лечения.

Цель — проанализировать возможные преимущества двухэтапного ортодонтического лечения скученного положения зубов с применением гермэктомии на примере пилотного клинического случая.

Материалы и методы. В течение 14 лет проведено динамическое наблюдение за пациенткой со скученностью зубов. На первом этапе лечения (возраст 8—14 лет) была проведена гермэктомия нижних третьих моляров и удаление первых премоляров на обеих челюстях. Начальная скученность резцов составила 8 мм на верхней челюсти и 5 мм на нижней челюсти. Для обоснования гермэктомии использовались методики прогнозирования темпов роста по Риккетсу и Турли. Диагностика включала оценку фотографий зубных рядов и лица, ОПТГ, ТРГ и КЛКТ, анализ диагностических моделей.

Результаты. На основе расчетов по Риккетсу с учетом среднего размера моляров (10 мм) и прогнозируемого прироста (1,5 мм/год) был предсказан дефицит пространства для прорезывания третьего моляра около 8,5 мм. Сравнение ОПТГ в 9 и 11 лет подтвердило наличие 100% пространства для вторых моляров и отсутствие для третьих. Анализ КЛКТ в 20 лет показал фактическое отсутствие ретромолярного пространства, несмотря на то что последующее лечение проводилось с удалением четырех премоляров и мезиализацией боковой группы зубов. Это подтвердило справедливость теоретических расчетов. Гермэктомия успешно предотвратила развитие постериальной скученности. **Заключение.** Гермэктомия нижних третьих моляров, проведенная на первом этапе, позволила успешно предотвратить развитие постериальной скученности. Однако удаление зачатков нижних третьих моляров не повлияло на недостаток пространства в переднем отделе нижнего зубного ряда, что потребовало последовательного удаления премоляров и последующего полноценного ортодонтического лечения. Вопросы методологии раннего удаления зубов по ортодонтическим показаниям, включая гермэктомию, требуют дальнейшего детального изучения для совершенствования алгоритмов их применения.

Ключевые слова: гермэктомия, последовательное удаление премоляров, скученность зубов, расчет пространства по Риккетсу, направленные прорезывание

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Дыбов А.М., Ляшев И.Н., Дыбова Е.В., Орлова А.Д. Гермэктомия: двухэтапное ортодонтическое лечение скученного положения зубов (клинический случай). — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 42—51. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_42

A.M. Dybov¹,

Doctor of Science in Medicine, associate professor and head of the Department of Pediatric preventive dentistry and orthodontics

I.N. Lyashev²,

PhD in Medical Sciences, maxillofacial surgeon, plastic surgeon at the Medical Scientific and Educational Institute

E.V. Dybova³,

senior lecturer of the Dentistry Department

A.D. Orlova¹,

resident at the Department of Pediatric preventive dentistry and orthodontics

¹ Sechenov University, 119991, Moscow, Russia² Lomonosov Moscow State University, 119234, Moscow, Russia³ Medical University "REAVIZ", 117418, Moscow, Russia

Germectomy: Two-stage orthodontic treatment of dental crowding (A clinical case)

Abstract. Correction of dental crowding remains one of the main objectives of orthodontics. The prevalence of this anomaly varies from 34% in mixed dentition to 68% in permanent dentition. One of the methods for correcting this anomaly is orthodontic treatment with premolar extraction. At the same time, retention and distopia of the mandibular third molars often accompany dental crowding and are observed in 35–50% of the population. This problem is associated with insufficient growth of the mandible and should be considered a complicating factor of the aforementioned pathology. Eruption anomalies of the third molars can cause various complications (caries of the second molars, pericoronitis) and theoretically provoke the development of temporomandibular joint (TMJ) dysfunction. Extraction of third molars in adulthood is traumatic and associated with a high risk of serious complications (alveolitis, injury to the inferior alveolar nerve). Germectomy (removal of a tooth germ at the stage of root development less than one-third) is a theoretically possible way to prevent these complications. However, this approach has not yet become widespread due to the lack of strict indications for its use. **The aim** is to analyze the potential benefits of two-stage orthodontic treatment of dental crowding using germectomy, illustrated by a pilot clinical case. **Materials and methods.** A 14-year dynamic follow-up was conducted for a female patient with dental crowding. At the first stage of treatment (age 8–14 years), germectomy of the mandibular third molars and extraction of the first premolars on both jaws were performed. The initial incisor crowding was 8 mm in the maxilla and 5 mm in the mandible. To justify the germectomy, growth prediction methods according to Ricketts and Turley were used. Diagnostics included assessment of dental arch and facial photographs, panoramic radiograph (OPTG), lateral cephalogram (TRG), and

cone-beam computed tomography (CBCT), as well as analysis of diagnostic models. **Results.** Based on Ricketts' calculations, considering the average molar size (10 mm) and predicted annual growth (1.5 mm/year), a space deficit of approximately 8.5 mm for third molar eruption was predicted. Comparison of panoramic radiographs at ages 9 and 11 confirmed 100% space availability for the second molars and its absence for the thirds. CBCT analysis at age 20 showed an actual lack of retromolar space, despite subsequent treatment involving extraction of four premolars and mesialization of the lateral teeth. This confirmed the validity of the theoretical calculations. Germectomy successfully prevented the development of posterior crowding. **Conclusion.** Germectomy of the mandibular third molars, performed at the first stage, successfully prevented the development of posterior crowding. However, the removal of the mandibular third molar germs did not affect the space deficiency in the anterior segment of the mandibular arch, which necessitated sequential premolar extraction and subsequent comprehensive orthodontic treatment. The methodology of early tooth extraction for orthodontic indications, including germectomy, requires further detailed study to improve the algorithms for its application.

Key words: germectomy, serial premolar extraction, dental crowding, Ricketts space analysis, guided eruption

FOR CITATION:

Dybov A.M., Lyashev I.N., Dybova E.V., Orlova A.D. Germectomy: Two-stage orthodontic treatment of dental crowding (A clinical case). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 42—51 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_42

ВВЕДЕНИЕ

Проблема устранения скученного положения зубов остается одной из центральных и наиболее обсуждаемых в современной ортодонтии [1]. Распространенность этой аномалии достигает 34% в сменном прикусе и приблизительно 68% в постоянном прикусе [2]. Один из исторически наиболее эффективных, хотя и вызывающих споры, методов получения необходимого пространства для устранения скученности и камуфлирования легких скелетных диспропорций — удаление зубов, в частности первых или вторых премоляров [3, 4]. При этом удаление третьих моляров (зубов мудрости) является широко распространенной рутинной практикой [5].

Однако удаление третьих моляров нижней челюсти во взрослом возрасте сопряжено с высокой травматичностью и повышенным риском развития серьезных постоперационных осложнений, таких как альвеолит, синдром «сухой лунки», кровотечение, перелом челюсти, а также парестезии и парезы вследствие травмы нижнеальвеолярного нерва. Таким образом, существует острая необходимость в разработке и внедрении превентивных подходов, теоретически позволяющих избежать осложнений, связанных с прорезыванием и удалением ретинированных третьих моляров.

Ретенция (задержка прорезывания) и дистопия (неправильное положение) третьих моляров нижней челюсти, распространенность которых в популяции составляет от 35 до 50%, в значительной степени обусловлены диспропорцией между совокупными размерами зубов и размерами челюстных костей, что зачастую является следствием недостаточного роста челюстного

базиса. Биометрические исследования моделей челюстей у пациентов со скученностью подтверждают, что 94% таких пациентов имеют деформацию зубоальвеолярной дуги и апикального базиса нижней челюсти, а в 96% случаев в этой группе отмечена ретенция зубов мудрости [4, 6].

На фоне дефицита пространства формируется как антериальная (фронтальная), так и постериальная (ретромоларная) скученность. Помимо прямого влияния на развитие так называемой поздней скученности, аномалии положения третьих моляров могут провоцировать ряд других патологических проявлений:

1. Повреждение соседних зубов: затрудненная гигиена способствует развитию кариеса на дистальной поверхности вторых постоянных моляров, а также их некариозной деструкции [7].
2. Воспалительные процессы: развитие перикоронитов, патологических зубодесневых карманов, сопровождающихся выраженной болевой симптоматикой, контрактурой жевательных мышц и затрудненным открыванием рта [8—10].
3. Дисфункция ВНЧС: недостаток ретромоларного пространства может способствовать неблагоприятной недостаточной ротации окклюзионной плоскости против часовой стрелки. Избыточно вертикальное положение окклюзионной плоскости, в свою очередь, может формировать окклюзионные интерференции, нарушать траекторию движения нижней челюсти и, согласно окклюзионной теории, являться фактором риска развития внутрисуставных патологий [8].

Таким образом, ретенция третьих моляров нижней челюсти является следствием недостаточного роста

челюсти и может стать причиной широкого спектра окклюзионных нарушений, что подчеркивает необходимость разработки мероприятий, направленных на их минимально травматичное удаление в случае неблагоприятного прогноза их прорезывания.

Раннее удаление моляров нижней челюсти теоретически может рассматриваться как метод профилактики постериальной скученности. Гермэктомия — это хирургическое удаление зачатка зуба на ранних стадиях его развития, когда степень формирования корня составляет менее одной трети его общей длины. Данный подход, впервые внедренный в 1950-х годах, теоретически позволяет предотвратить вышеперечисленные осложнения и избежать травматичного удаления уже сформированных зубов во взрослом возрасте [7–9, 11].

Однако, несмотря на кажущуюся целесообразность, гермэктомия не получила широкого распространения из-за ряда нерешенных вопросов и противоречий, выявленных в литературе: целесообразность раннего удаления для предотвращения антериальной и постериальной скученности, теоретическая, но недостаточно подтвержденная возможность самопроизвольной корректной ротации окклюзионной плоскости, определение оптимального возраста для вмешательства

и отсутствие единых протоколов выполнения операции. Превентивное удаление требует строгой диагностики и точного прогнозирования показаний и предполагаемых исходов, поскольку вероятность ошибки в прогнозе влечет за собой морально-этические и юридические риски [5, 12, 13].

Цель работы — проанализировать возможные преимущества двухэтапного ортодонтического лечения скученного положения зубов на примере пилотного клинического случая с применением гермэктомии.

Задачи:

- 1) валидация прогностических методик (Рикеттс, Турли) для оценки роста ретромолярного пространства;
- 2) оценка эффективности гермэктомии как профилактического метода предотвращения постериальной скученности и ее влияния на потребность в пространстве в переднем отделе зубного ряда.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Родители пациентки Т. 8 лет обратились с жалобами на эстетический дефект улыбки. При внешнем осмотре отмечались выпуклый профиль лица, носовой тип дыхания, соматический тип глотания. Анализ окклюзионных



Рис. 1. Пациентка в возрасте 8 лет: внешний вид, привычная окклюзия и окклюзионные поверхности зубов верхней и нижней челюсти
Fig. 1. Patient at the age of 8 years: facial appearance, habitual occlusion, and occlusal surfaces of the maxillary and mandibular teeth

соотношений в сменном прикусе определил смыкание моляров I класса по Энглю. Средние линии резцов верхней и нижней челюсти соответствовали друг другу. Выявлена выраженная скученность зубов во фронтальном отделе: 8 мм на верхней челюсти, на нижней — 5 мм. Также присутствовала тенденция к формированию рецессий в области зубов 3.1 и 4.1 и тонкий биотип десны (рис. 1).

Рентгенологический анализ (ОПТГ) выявил полный комплект зачатков постоянных зубов, причем фолликулы третьих моляров на нижней челюсти располагались на уровне окклюзионной плоскости. ТРГ в боковой проекции показала тенденцию к вертикальному типу роста и открытый суставной угол (S—Ar—Go). При этом у пациентки рассчитаны нейтральные значения гониального угла Ar—Go—Me, нейтральные скелетные соотношения в сагиттальной плоскости, нормотрузионное положение резцов верхней и нижней челюсти (рис. 2, таблица).

На основании проведенного обследования был поставлен диагноз «скученное положение зубов» (K07.3) и составлен план ортодонтического лечения.

Этапы лечения:

- 1) 8—14 лет — гермэктомия нижних третьих моляров, удаление молочных зубов (5.3—8.3, 5.5, 7.4 и 8.4)

и последующее удаление постоянных премоляров (1.4—4.4) в рамках последовательного удаления по методу Хотца.

- 2) 14—22 года — детализация окклюзионных соотношений с применением несъемной ортодонтической аппаратуры (брекет-система).

Для диагностики и динамического контроля использовали:

- фотометрические исследования последовательно на всех этапах лечения с 8 до 22 лет;
- ОПТГ в 9 (исходная), 11 (промежуточная) и 20 лет (окончательная);
- ТРГ в боковой проекции в 9 (исходная), 11 и 17 лет (промежуточная);
- КЛКТ в 20 лет для детальной оценки результатов лечения.
- биометрическое исследование гипсовых моделей с измерением выраженности скученности зубов.

Оценка вероятности прорезывания третьих постоянных моляров нижней челюсти

Прогнозирование проводилось на основании совокупного биометрических и рентгенологических методов исследования, включая методики Рикеттса и Турли.

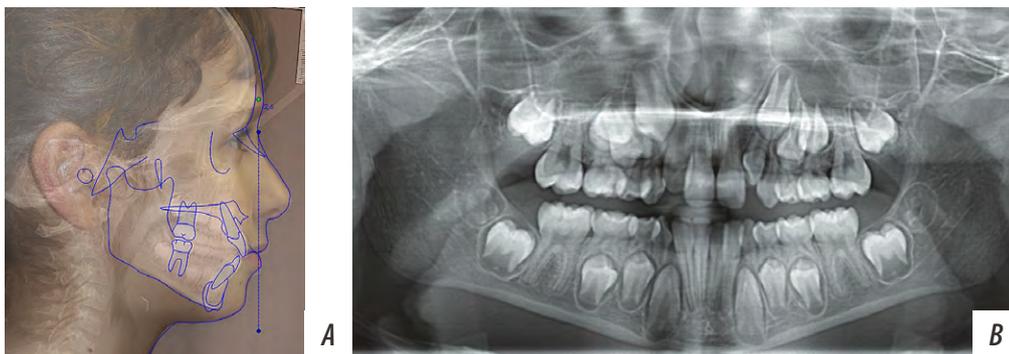


Рис. 2. Начальная рентгенодиагностика: А — телерентгенограмма в боковой проекции; В — ортопантомограмма
Fig. 2. Initial radiographic diagnosis: A — lateral cephalometric radiograph; B — orthopantomogram

Цефалометрический анализ до лечения Cephalometric analysis before treatment

	Пациентка	Норма
Угловые размеры, °		
Базальный угол (Saddle Angle)	113,4	122,0±5,0
Суставной угол (Articular Angle)	150,5	143,0±6,0
Гониальный угол (Gonial Angle)	118,1	130,0±7,0
Сумма базального, суставного и гониального углов	392,1	396,0±6,0
Верхний гониальный угол	46,4	53,5±1,5
Нижний гониальный угол	71,7	72,5±2,5
Ar—Go—Me	64,2	54,0±3,0
Артикуляционный угол (Arts—SN)	97,3	90,0±5,0
GoMe—SN	33,0	36,0±3,0
SNA	83,0	82,0±2,0
SNB	77,5	80,0±2,0
ANB	5,4	3,0±2,0
Наклон резцов (L1 к SN)	96,1	85,0±1,0
Угол нижней челюсти	18,2	26,0±2,0

	Пациентка	Норма
Наклон верхних резцов (U1 к SN)	103,2	102,5±3,4
Наклон нижних резцов (L1 к GoMe)	100,4	95,5±3,5
Межрезцовый угол (U1—L1)	119,3	131,0±6,0
Линейные размеры, мм		
Длина переднего основания черепа	60,6	73,0±3,0
Длина тела нижней челюсти	59,8	74,0±5,0
PNS—A	42,0	48,5±1,5
Go—Pog	62,8	73,3±1,5
Длина заднего основания черепа	29,3	33,1±3,0
Li—Pog' (губы)	-7,9	5,0±2,0
Высота ветви (Ramus Height)	35,7	45,9±5,0
Li—Pog' (губы)	5,4	0,0±2,0
Передняя высота лица	96,3	112,5±7,5
Задняя высота лица	63,1	77,5±7,5
Относительные показатели		
Соотношение задней и передней высоты, %	65,5	63,5±1,5
Соотношение основания/ветви	0,8	0,8±0,3

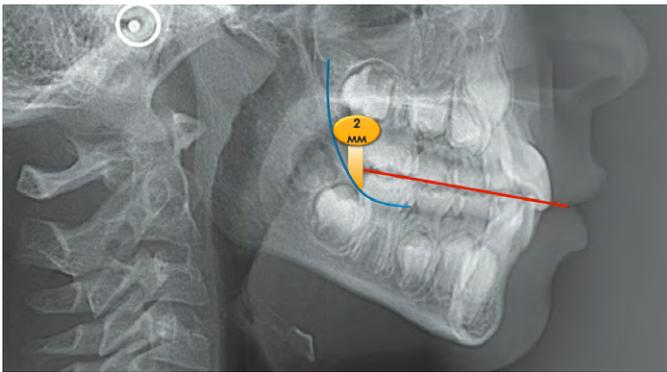


Рис. 3. Оценка ретромолярного пространства по Рикеттсу: красная прямая линия — окклюзионная плоскость, голубая кривая — передний край ветви нижней челюсти, желтый прямоугольник — имеющееся пространство

Fig. 3. Assessment of retromolar space according to Ricketts: the red straight line represents the occlusal plane, the blue curved line represents the anterior border of the mandibular ramus, the yellow rectangle indicates the available space

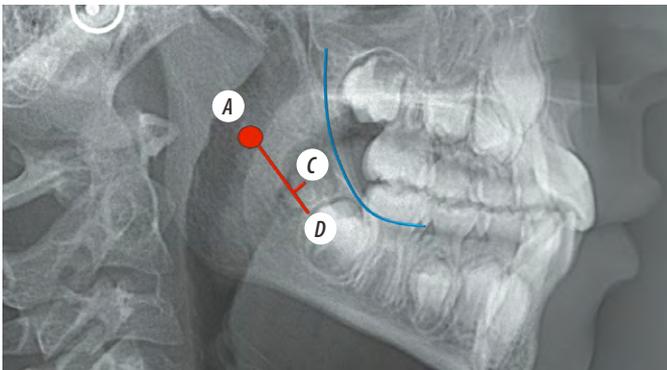


Рис. 4. Оценка вероятности прорезывания третьего моляра нижней челюсти по Турли

Fig. 4. Assessment of the mandibular third molar eruption probability according to Turley

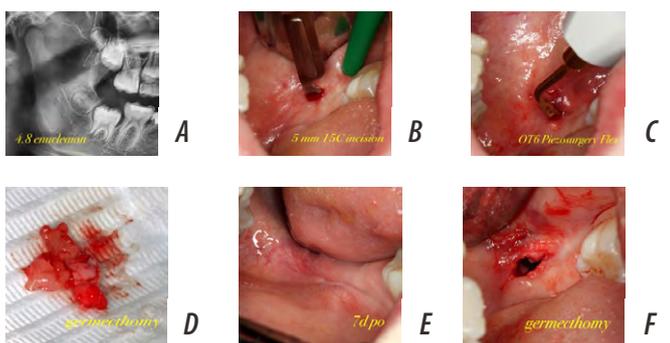


Рис. 5. Последовательность проведения хирургического этапа: А — гермэктомия была выполнена на зачатках нижних третьих моляров В — разрез для доступа, проведенный от середины коронки второго моляра под углом 45°; С — удаление передней кортикальной пластинки с использованием пьезоскальпеля; D — визуализация зачатка третьего моляра (зуб 4.8); E — лунка после удаления зачатка; F — состояние области вмешательства через 7 дней (полное заживление)

Fig. 5. Sequence of the surgical stage: A — Germectomy was performed on the mandibular third molar tooth germs; B — Access incision made from the mid-crown of the second molar at a 45° angle; C — Removal of the anterior cortical plate using a piezosurgery scalpel; D — Visualization of the third molar tooth germ (tooth 4.8); E — Socket after germ removal; F — Condition of the surgical site at 7 days postoperatively (complete healing).

Р.М. Рикеттс установил, что прирост пространства в ретромолярной области на нижней челюсти происходит за счет резорбции переднего края ветви и составляет около 1,5 мм в год с каждой стороны [4, 14]. Активный рост у девочек продолжается в среднем до 14 лет, что совпадает с пубертатным созреванием.

На момент первичного обращения (фактически в 9 лет) имеющееся пространство в ретромолярной зоне нижнего зубного ряда у пациентки составляло 2 мм (рис. 3).

Расчет предполагаемого пространства для прорезывания:

- предполагаемый активный рост — 7,5 мм (по 1,5 мм за 5 лет, с 9 до 14 лет пациентки);
- общее пространство для прорезывания — 9,5 мм (2 мм имеющееся и 7,5 мм прирост);

С учетом Е-пространства, в среднем составляющего 2 мм (совокупная разница размеров 1-го и 2-го постоянного премоляров и 1-го и 2-го молочных моляров), итоговый расчет пространства составил 11,5 мм (9,5+2 мм).

Средний размер второго и третьего моляров составляет по 10 мм, что требует суммарно 20 мм пространства в зубном ряду на каждой стороне. Таким образом, вероятность прорезывания второго моляра приближается к 100%, но дефицит пространства для прорезывания третьего моляра составляет $11,5 - 20 = 8,5$ мм на каждой стороне. Теоретически это свидетельствовало о нулевой вероятности его прорезывания.

Альтернативная оценка по методу Турли также показала невозможность полноценного прорезывания третьих моляров [13]. Согласно методике перпендикуляр, проведенный через центр зачатка третьего моляра, делил отрезок АВ (расстояние от нижнечелюстного отверстия до дистальной поверхности второго моляра) таким образом, что АС был больше СВ (рис. 4). По мнению автора методики, вероятность прорезывания третьего моляра при таком геометрическом расчете стремится к нулю [4, 14].

Такие логические умозаключения стали морфологическим показанием к удалению зачатков третьих моляров нижней челюсти в возрасте 9 лет. Метод гермэктомии был согласован и одобрен родителями пациентки.

Проведение гермэктомии

Хирургическое вмешательство (гермэктомия) проводилось на зачатках нижних третьих моляров [15, 16]. Для доступа использовался разрез, начинающийся от середины второго моляра, направленный дистально под углом 45°. Предпочтение отдавалось парамаргинальной технике формирования лоскута (разрез между прикрепленной и свободной десной), которая, по мнению ряда авторов, лучше сохраняет здоровье пародонта и снижает постоперационный дискомфорт по сравнению с маргинальной техникой. Переднюю кортикальную пластинку удаляли при помощи пьезоскальпеля. Время манипуляции составило 15 мин для каждой стороны. Таким образом, гермэктомия третьих моляров нижней челюсти показала малую травматичность, простоту, малую длительность процедуры и быстрое время заживления (рис. 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамическое инструментальное подтверждение результатов

Проведенное динамическое наблюдение с использованием рентгенографии подтвердило прогностические расчеты. Сравнение ортопантомограмм, выполненных в возрасте 9 и 11 лет, показало, что к 11 годам имелось 100% пространства, необходимого для прорезывания вторых моляров, и фактически не было пространства для прорезывания третьих моляров. Это наблюдение

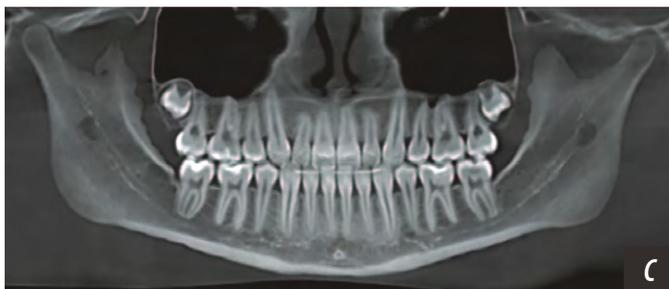


Рис. 6. ОПТГ Пациентки в 9 (A), 11 (B) и 20 лет (C)

Fig. 6. Panoramic radiographs (OPTG) of the patient at 9 (A), 11 (B), and 20 (C) years of age

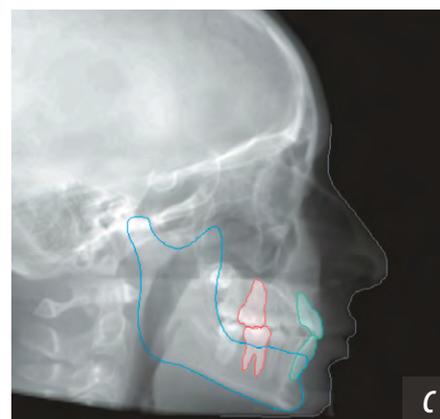
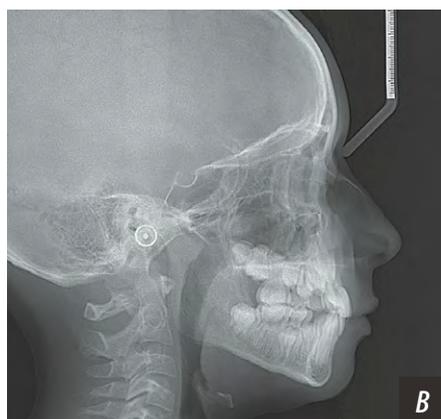


Рис. 7. ТРГ в боковой проекции пациентки в 9 (A), 11 (B) и 17 лет (C)

Fig. 7. Lateral cephalograms of the patient at 9 (A), 11 (B), and 17 (C) years of age

подтвердило теоретическую оценку свободного пространства в ретромолярной области (рис. 6).

Динамическая оценка ТРГ

Динамическая оценка телерентгенограмм в боковой проекции (9, 11, 17 лет) также подтвердила вышеописанные теоретические предположения. Пространство для прорезывания третьих моляров отсутствовало (рис. 7).

Наиболее значимые результаты были получены при финальном контроле в 20 лет (рис. 8). ОПТГ в этом возрасте теоретически демонстрировала наличие пространства в ретромолярной зоне. Однако при анализе КЛКТ-реформатов было однозначно установлено, что пространство в ретромолярной области фактически отсутствовало.

Этот ключевой этап оценки результата лечения позволил сформулировать два важных вывода:

1. **Обоснованность прогноза: фактическое отсутствие пространства в ретромолярной зоне, выявленное на КЛКТ в 20 лет, несмотря на проведенное ортодонтическое лечение с удалением четырех премоляров и мезиализацией боковой группы зубов, подтвердило справедливость и высокую точность методик теоретического расчета (Рикеттс, Турли), прогнозировавших дефицит в 8,5 мм.** Таким образом, проведенная гермэктомия, успешно предотвратила развитие выраженной постериальной скученности, которая, вероятнее всего могла спровоцировать дистопию и ретенцию третьих моляров нижней челюсти.

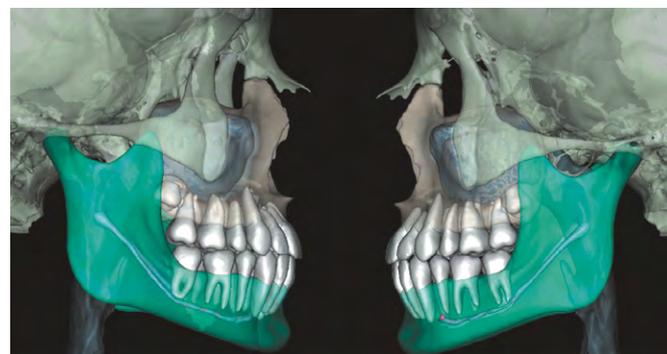


Рис. 8. Реформат КЛКТ правой и левой стороны пациентки в 20 лет

Fig. 8. Reformatted CBCT images of the right and left sides of the patient at 20 years of age

2. Недостаточная информативность ОПТГ: ортопантомография неинформативна для точной оценки величины пространства в ретромолярной зоне из-за выраженных проекционных искажений. Метод выбора — проведение ТРГ в боковой проекции или КЛКТ для более точной оценки выраженности дефицита пространства.

Помимо вышесказанного, необходимо также отметить ряд аспектов:

- **Влияние гермэктомии на фронтальную скученность.** Основная задача первого этапа — предотвращение постериальной скученности. Крайне важный вывод: факт удаления зачатков нижних третьих моляров никоим образом не отразился на количестве необходимого пространства в переднем отделе нижнего зубного ряда. Выраженность скученности в 5 мм на нижней челюсти и 8 мм на верхней челюсти потребовала дальнейшего хирургического вмешательства, что привело ко второму шагу первого этапа лечения: последовательному удалению премоляров на верхней и нижней челюстях.

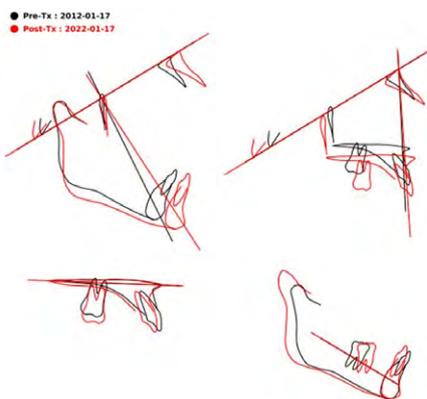


Рис. 9. Наложение боковых ТРГ до лечения и по его окончании. Отмечается ротация «у оси» против часовой стрелки, не наблюдаемая в ходе естественного роста и развития лицевого скелета
 Fig. 9. Superimposition of lateral cephalograms before and after treatment. Counterclockwise rotation around the “y-axis” is noted, which is not observed during natural growth and development of the facial skeleton

• Последовательное удаление премоляров.

Лечение с удалением премоляров — это классический подход для устранения выраженного дефицита пространства. Однако оно подвергается критике из-за потенциального негативного влияния на профиль лица, сужения улыбки и возможного отрицательно-воздействия на ВНЧС, а также наличия альтернативных консервативных методов (дистализация, расширение, сепарация).

В данном клиническом случае показаниями для проведения последовательного удаления (по методу Хотца) были:

- выраженная скученность — 8 мм на верхней челюсти, 5 мм на нижней челюсти;
- тонкий биотип десны с тенденцией к формированию рецессий уже в 8 лет;
- открытый суставной угол с тенденцией к вертикальному типу роста. Этот аспект не является само собой разумеющимся аргументом в пользу выбора метода лечения с последовательным удалением премоляров.

Иными словами, целью проведения ортодонтического лечения было не только выравнивание скученного положения зубов, но и закрытие лицевой оси, уплощение окклюзионной плоскости и улучшение профиля лица за счет ротации нижней челюсти против часовой стрелки (рис. 9) [4, 17].

Выбор в пользу удаления премоляров также был продиктован следованием концепции направленного прорезывания, целью которой является создание пространства для самопроизвольного выравнивания зубов с минимальным использованием активной ортодонтической аппаратуры [3, 4]. Удаление молочных клыков (5.3—8.3) на первом этапе привело к самопроизвольному выравниванию скученности резцов через 1,5 года динамического наблюдения. Последующее удаление первых премоляров (1.4—3.4) и молочных моляров (5.5, 7.4 и 8.4) позволило достичь практически полного самопроизвольного закрытия постэкстракционных промежутков (рис. 10—12).

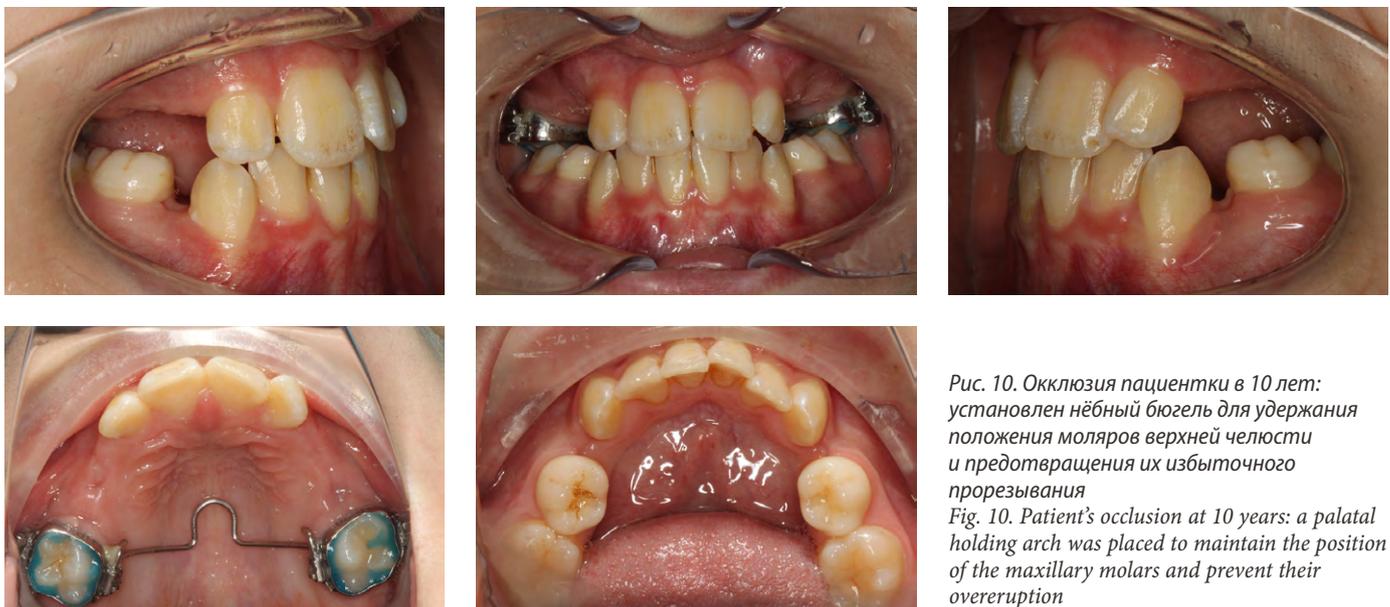


Рис. 10. Окклюзия пациентки в 10 лет: установлен небный бюгель для удержания положения моляров верхней челюсти и предотвращения их избыточного прорезывания
 Fig. 10. Patient’s occlusion at 10 years: a palatal holding arch was placed to maintain the position of the maxillary molars and prevent their overeruption



Рис. 11. Окклюзия пациентки в 11 лет: наблюдалось прорезывание зубов 1.5, 2.5 и клыка 1.3, который занял правильное положение в зубной дуге благодаря наличию достаточного пространства. На нижней челюсти отмечено уменьшение скученности в результате дистализации клыков 3.3 и 4.3

Fig. 11. Patient's occlusion at 11 years: Eruption of teeth 1.5, 2.5, and canine 1.3 was observed, with the canine assuming its correct position in the dental arch due to sufficient space availability. A reduction in crowding was noted in the mandible as a result of distalization of canines 3.3 and 4.3



Рис. 12. Окклюзия пациентки в 14 лет: завершение первого этапа лечения (8—14 лет). Отмечено полное прорезывание всех зубов

Fig. 12. Patient's occlusion at 14 years: completion of the first treatment stage (ages 8—14). Full eruption of all teeth was noted



Рис. 13. Завершающий этап ортодонтического лечения пациентки

Fig. 13. Final stage of orthodontic treatment of the patient

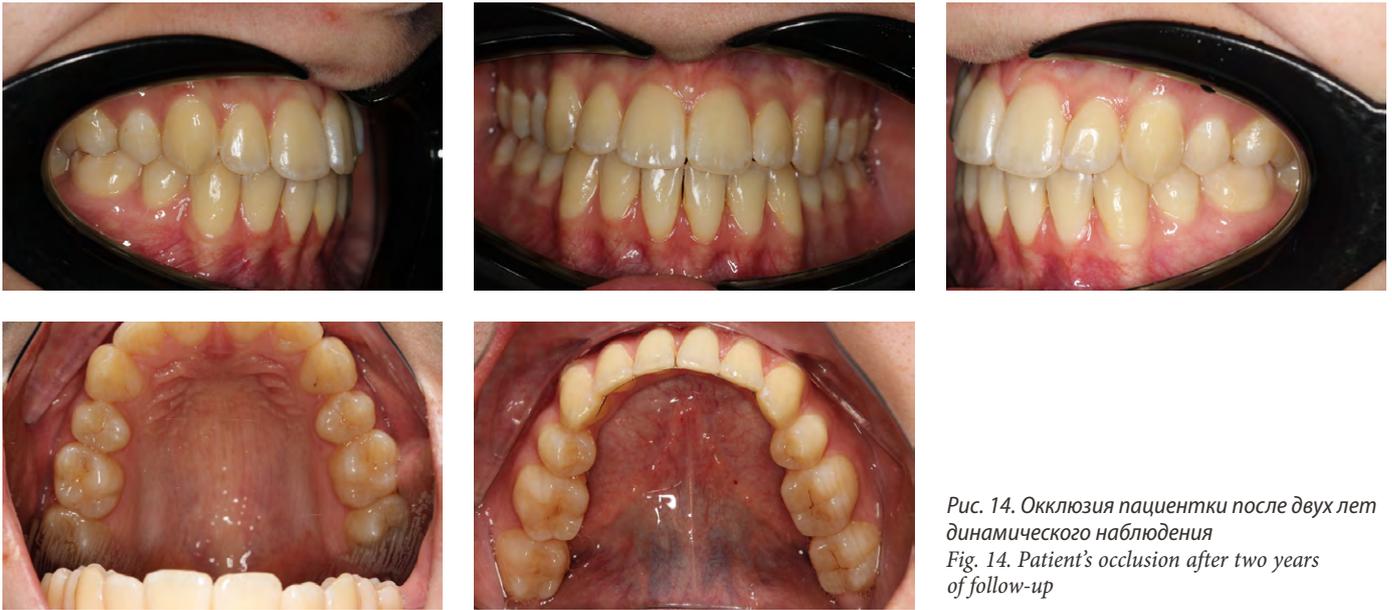


Рис. 14. Окклюзия пациентки после двух лет динамического наблюдения
 Fig. 14. Patient's occlusion after two years of follow-up

Ортодонтическая детализация окклюзионных соотношений

Цель проведения второго этапа ортодонтического лечения с использованием полной брекет-системы в возрасте 14–22 лет была обусловлена не столько закрытием избыточного пространства после удаления премоляров, сколько необходимостью идеализации окклюзионных

и соотношений с функциональной и эстетической точки зрения (рис. 13 и 14).

Противоречия и перспективы

Несмотря на успешный результат (рис. 15), полученный в данном пилотном клиническом примере, вопросы, связанные с ранним удалением зубов (как зачатков

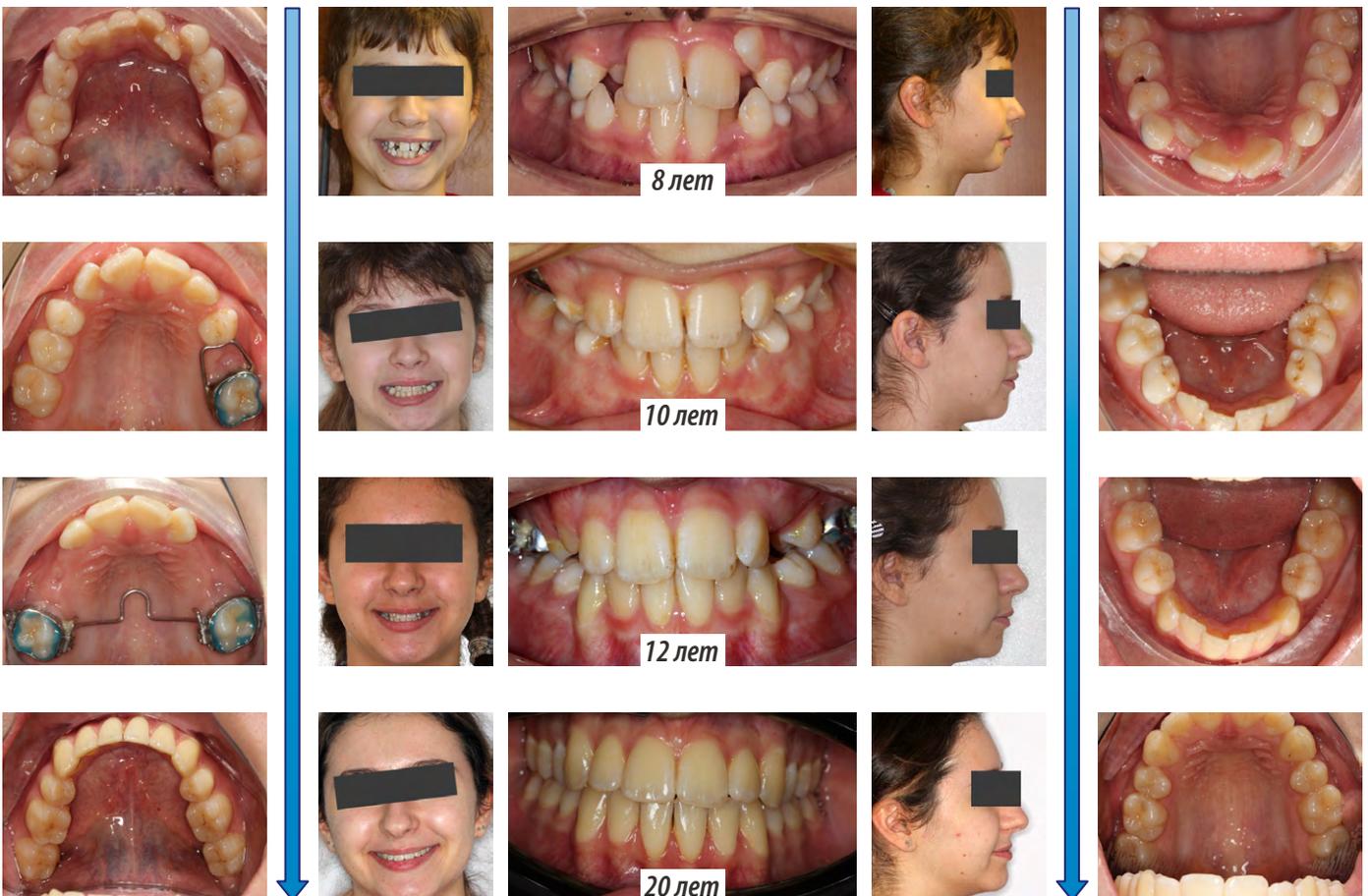


Рис. 15. Общая динамика изменения окклюзии и эстетических параметров лица на этапах ортодонтического лечения

Fig. 15. Overall dynamics of occlusal and facial aesthetic parameters during the stages of orthodontic treatment

третьих моляров, так и премоляров) по ортодонтическим показаниям, остаются предметом научных разногласий. Отсутствие общепринятых протоколов, обосновывающих выбор тактики лечения с удалением зубов, создает высокие репутационные и юридические риски для врачей-ортодонтов. Зачастую это приводит к тому, что выбор стратегии без удаления диктуется не клинической целесообразностью, а негативным информационным фоном.

Проведенное пилотное исследование, демонстрируя успешную валидацию прогностических методик Рикеттса и Турли, теоретически позволяет усовершенствовать методологию ранней диагностики морфологических показаний к гермэктомии, тем самым снижая риски, связанные с несвоевременным вмешательством. Необходимость дальнейших исследований заключается в разработке четких клинических рекомендаций и протоколов для практикующих врачей [13, 14, 18, 19].

ВЫВОДЫ

1. Гермэктомия нижних третьих моляров может являться методом выбора при прогнозировании выраженного дефицита ретромюлярного пространства, что подтверждается теоретическими расчетами по Рикеттсу и геометрическим анализом по методу Турли.
2. Результаты динамического наблюдения, подтвержденные КЛКТ в возрасте 20 лет, валидируют прогностиче-

ские методики, демонстрируя фактическое отсутствие пространства в ретромюлярной области, даже после обширного ортодонтического лечения с удалением зубов.

3. Гермэктомия эффективно решает проблему предотвращения постериальной скученности и связанных с ней патологических проявлений.
4. Удаление зачатков третьих моляров не влияет на устранение антериальной скученности. Устранение выраженного дефицита пространства во фронтальном отделе (скученность 8 мм на верхней и 5 мм на нижней челюсти) потребовало второго шага первого этапа лечения — последовательного удаления премоляров.
5. Рентгенологический контроль при помощи ОПТГ в контексте оценки ретромюлярного пространства недостаточно информативен вследствие выраженных проекционных искажений, что подчеркивает необходимость использования КЛКТ для точного подтверждения диагноза и оценки результатов лечения.
6. Ортодонтическое лечение с удалением премоляров было и остается эффективным способом, направленным не только на устранение скученного положения зубов, но и обеспечивающим закрытие лицевой оси, что в конечном счете при адекватном планировании и реализации лечения позволяет улучшить эстетические и функциональные кондиции зубочелюстной системы.

Поступила/Received: 07.10.2025

Принята в печать/Accepted: 20.02.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Bishara S.E., Andreasen G. Third molars: a review. — *Am J Orthod.* — 1983; 83 (2): 131—7. [PMID: 6572040](#)
2. Bin Rubaia'an M.A., Neyaz A., Talic F., Alkhamis A., Alghabban A., As-sari A. The association between skeletal facial types and third molars impaction in a Saudi Arabian subpopulation: A CBCT study. — *Clin Cosmet Invest Dent.* — 2023; 15: 143—156. [PMID: 37601239](#)
3. Turner S., Harrison J.E., Sharif F.N., Owens D., Millett D.T. Orthodontic treatment for crowded teeth in children. — *Cochrane Database Syst Rev.* — 2021; 12 (12): CD003453. [PMID: 34970995](#)
4. Almpani K., Kolokitha O.E. Role of third molars in orthodontics. — *World J Clin Cases.* — 2015; 3 (2): 132—40. [PMID: 25685759](#)
5. Shiller W.R. Positional changes in mesio-angular impacted mandibular third molars during a year. — *J Am Dent Assoc.* — 1979; 99 (3): 460—4. [PMID: 288779](#)
6. Haavikko K., Altonen M., Mattila K. Predicting angulational development and eruption of the lower third molar. — *Angle Orthod.* — 1978; 48 (1): 39—48.
7. Mazur M., Ndokaj A., Marasca B., Sfasciotti G.L., Marasca R., Bossù M., Ottolenghi L., Polimeni A. Clinical indications to germectomy in pediatric dentistry: A systematic review. — *Int J Environ Res Public Health.* — 2022; 19 (2): 740. [PMID: 35055565](#)
8. Veerabhadrappe S.K., Hesarghatta Ramamurthy P., Yadav S., Bin Zamzuri A.T. Analysis of clinical characteristics and management of ectopic third molars in the mandibular jaw: a systematic review of clinical cases. — *Acta Odontol Scand.* — 2021; 79 (7): 514—522. [PMID: 33764264](#)
9. Staderini E., Patini R., Guglielmi F., Camodeca A., Gallenzi P. How to manage impacted third molars: Germectomy or delayed removal? A systematic literature review. — *Medicina (Kaunas).* — 2019; 55 (3): 79. [PMID: 30917605](#)
10. Hattab F.N., Albashaireh Z.S., Al-Qudah M.A., Bataineh A.B. Third molar dilemma: an overview. — *Dental News.* — 1999, VI (3): 43—47.
11. Themkumkwun S., Sawatdeenarunat S., Manosuthi P. Surgical removal of third molars in a young adult: review of indications and surgical techniques. — *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* — 2023; 49 (4): 184—191. [PMID: 37641900](#)
12. Salagnac J.M. Is the recommendation for the enucleation or the extraction of 3rd molars in subjects during or at the end of dento-facial orthopedic treatment always justified? The viewpoint of a practitioner after 40 years of orthodontic practice. — *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics.* — 2014, 17 (4): 403. [DOI: 10.1051/odfen/2014024](#)
13. Ragini, et al. Prediction of third molar eruption. — *Journal of Indian Orthodontic Society.* — 2003, 36: 103—112. [DOI: 10.1177/0974909820030207](#)
14. Ricketts R.M. A principle of arcial growth of the mandible. — *Angle Orthod.* — 1972, 42 (4): 368—86.
15. Bisconte P., et al. Germectomy of third molars in orthodontic therapy: Usefulness of volumetric analysis with TC Cone Beam. — *Austin Journal of Radiology.* — 2017, 4 (3): 1072
16. D'Angeli G., Zara F., Voza I., D'Angeli F.M., Sfasciotti G.L. The evaluation of further complications after the extraction of the third molar germ: A pilot study in paediatric dentistry. — *Healthcare (Basel).* — 2021; 9 (2): 121. [PMID: 33504054](#)
17. Gonca M., Gunacar D.N., Kose T.E., Karamehmetoglu I. Evaluation of mandibular morphologic measurements and trabecular structure among subgroups of impacted mandibular third molars. — *Oral Radiol.* — 2022; 38 (1): 63—71. [PMID: 33870446](#)
18. Ludovichetti F.S., Mazzoleni S., Menin M., Parcianello R.G., Romanowski F., Stellini E., Zuccon A. Marginal and para-marginal technique in late germectomy of lower third molars. — *Children (Basel).* — 2023; 10 (6): 1077. [PMID: 37371308](#)
19. Bailey E., et al. Surgical techniques for the removal of mandibular wisdom teeth. — *Cochrane Database Syst Rev.* — 2020; 7 (7): CD004345. [PMID: 32712962](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

[С.И. Гажва](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
стоматологии[А.А. Филимонов](#)¹,очный аспирант 3-го года обучения,
ассистент кафедры стоматологии[Ю.Л. Денисова](#)²,д.м.н., профессор, заместитель зав.
кафедрой по учебно-методической работе[А.Г. Манукян](#)¹,соискатель ученой степени к.м.н. кафедры
стоматологии[Н.И. Игнатова](#)¹,к.б.н., доцент кафедры эпидемиологии,
микробиологии и доказательной медицины[Д.А. Сергеев](#)¹,ординатор 2-го года обучения кафедры
стоматологии[А.Ю. Карташов](#)¹,очный аспирант 1-го года обучения
кафедры стоматологии¹ Приволжский исследовательский
медицинский университет, 603005,
Нижний Новгород, Россия² БГМУ, 220083, Минск, Белоруссия

Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров

Реферат. В условиях растущего спроса на коррекцию аномалий положения отдельных зубов наблюдается активное внедрение цифровых технологий и разработка новых фотополимерных материалов для производства элайнеров. Это обуславливает необходимость проведения системного исследования их конструкционных характеристик. Известно, что создание дополнительных ретенционных пунктов в полости рта за счет элайнеров способствует формированию бактериальной биопленки, скорость образования которой зависит в том числе от особенностей материалов. **Цель** — изучить адгезивную активность представителей микробиоты рта к конструкционным материалам для элайнеров, изготовленных различными способами. **Материалы и методы.** Исследовали материал для 3D-печати Graphy Direct Aligner (Ю. Корея) и материалы для термоформования Zendura (США), Biolon (Германия) и Duran (Германия). Из них было изготовлено по 18 образцов одинакового размера диаметром 10 мм (площадь 78,5 мм²). Культуры *C. albicans*, *C. kruzei*, *Str. pyogenes*, *S. aureus* и *Str. salivarius* окрашивали генцианвиолетом и выдерживали в планшете с образцами в течение 1, 3 и 6 часов. Затем измеряли оптическую плотность раствора красителя, элюированного с помощью спирта из клеточных стенок микробов, прилипших к поверхности образцов. В качестве контроля служили образцы без добавления микробной взвеси, окрашенные тем же способом. **Результаты.** Установлено, что перечисленные микроорганизмы обладают различной скоростью адгезии к конструкционным материалам. Кроме того, имеет место быть видовая специфичность микроорганизмов: *S. aureus* показал универсальную адгезивную активность, *Candida spp.* — варибельную реакцию, что необходимо обязательно учитывать при выборе материала. **Заключение.** Выявлена видовая специфичность микроорганизмов, требующая индивидуального подхода к выбору материала для изготовления элайнеров. Результаты исследования подчеркивают необходимость дальнейшего изучения физико-химических характеристик материалов и их влияния на микробиоту полости рта. Материал Zendura рекомендован для применения у пациентов с повышенным риском воспалительных заболеваний, в то время как использование материала Graphy может быть сопряжено с более высоким риском адгезии микроорганизмов.

Ключевые слова: элайнеры, адгезия микроорганизмов, конструкционные материалы, 3D-печать, термоформование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гажва С.И., Филимонов А.А., Денисова Ю.Л., Манукян А.Г., Игнатова Н.И., Сергеев Д.А., Карташов А.Ю. Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 52—56.

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

[S.I. Gazhva](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Dentistry Department[A.A. Filimonov](#)¹,3rd year postgraduate and assistant
at the Dentistry Department[Yu.L. Denisova](#)²,Doctor of Science in Medicine, Professor,
Deputy Head of the Department for
Educational and Methodological Work[A.G. Manukyan](#)¹,

PhD candidate at the Dentistry Department

[N.I. Ignatova](#)¹,PhD in Biology, associate professor
of the Epidemiology, microbiology, and
evidence-based medicine Department

Adhesion of oral microbiota to structural materials for manufacturing aligners

Abstract. With the growing demand for correction of individual tooth position anomalies, there is an active implementation of digital technologies and the development of new photopolymer materials for the production of aligners. This necessitates a systematic study of their structural characteristics. It is known that the creation of additional retention points in the oral cavity due to aligners contributes to the formation of a bacterial biofilm, the rate of formation of which depends, among other things, on the properties of the materials. **The aim of the study** was to study the adhesive activity of oral microbiota representatives to structural materials for aligners manufactured using various methods. **Materials and methods.** The 3D printing material Graphy Direct Aligner (South Korea) and thermoforming materials Zendura (USA), Biolon (Germany), and Duran (Germany) were studied. Eighteen identically sized samples of 10 mm in diameter (area 78.5 mm²) were fabricated from each of these materials. Cultures of *C. albicans*, *C. kruzei*, *Str.*

[D.A. Sergeev](#)¹,

2nd year resident in the Dentistry Department

[A.Yu. Kartashov](#)¹,

1st year postgraduate at the Dentistry Department

¹ Privolzhsky Research Medical University, 603005, Nizhny Novgorod, Russia

² Belarusian State Medical University, 220083, Minsk, Belarus

pyogenes, *S. aureus*, and *Str. salivarius* were stained with gentian violet and incubated in the sample plate for 1, 3, and 6 hours. The optical density of the dye solution, eluted with alcohol from the cell walls of microbes adhered to the sample surface, was then measured. Samples without the addition of a microbial suspension, stained in the same manner, served as a control. **Results.** It was established that the listed microorganisms have different rates of adhesion to structural materials. In addition, species specificity of microorganisms is observed: *S. aureus* demonstrated universal adhesive activity, *Candida spp.* — a variable reaction, which must be taken into account when selecting a material. **Conclusion.** Species specificity of microorganisms was revealed, requiring an individual approach to the selection of material for the manufacture of aligners. The results of the study highlight the need for further study of the physicochemical characteristics of materials and their impact on the oral microbiota. Zendura is recommended for use in patients with an increased risk of inflammatory diseases, while the use of Graphy may be associated with a higher risk of microbial adhesion.

Key words: aligners, microbial adhesion, structural materials, 3D printing, thermofforming

FOR CITATION:

Gazhva S.I., Filimonov A.A., Denisova Yu.L., Manukyan A.G., Ignatova N.I., Sergeev D.A., Kartashov A.Yu. Adhesion of oral microbiota to structural materials for manufacturing aligners. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 52—56 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_52

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ортодонтическое лечение не теряет свою востребованность, а его новые цифровые методы и способы набирают популярность благодаря, в том числе появлению новых конструкционных материалов и их физико-химическим свойствам. Известно, что применение любого ортодонтического аппарата создает дополнительные ретенционные пункты в полости рта, что способствует адгезии микроорганизмов и может привести к формированию бактериальной биопленки на поверхности капп [1–3]. Кроме того, факторами риска повышения адгезионной активности микробиоты к ортодонтическим конструкциям являются различия физико-химических свойств самих материалов, из которых они изготавливаются [4]. Критическим аспектом при этом выступают особенности структуры и состава материалов: исследования подтверждают, что у 60–70% пациентов, применяющих элайнеры, уже через 3 месяца отмечается увеличение бактериальной нагрузки [5].

Разработка элайнеров связана с внедрением инновационных материалов, таких как многослойные полиуретаны, термопластичные композиты и гибридные полимеры. Аддитивное производство позволило создать фотополимерные составы для 3D-печати, чьи свойства, включая взаимодействие с микроорганизмами, требуют углубленного изучения [6]. Бактериальные биопленки, формирующиеся на ортодонтических конструкциях, могут вызывать осложнения в полости рта. Колонизация патогенов приводит к деминерализации эмали из-за кислотного воздействия, что провоцирует кариес [7]. Избыточный рост микрофлоры вызывает воспаление слизистой, проявляющееся гингивитом, стоматитом и другими заболеваниями пародонта [8, 9]. Ключевыми факторами, определяющими адгезию патогенов, являются микрорельеф поверхности, гидрофобные характеристики и химическая стабильность [10].

Актуальность исследования связана с потребностью анализа адгезивной активности некоторых представителей микробиоты рта к материалам, используемым

при производстве элайнеров методами вакуумного термоформования и прямой 3D-печати. Научная гипотеза основана на предположении, что различия в адгезивных свойствах материалов могут влиять на клинические результаты и здоровье полости рта. Полученные данные расширят знания о биосовместимости современных ортодонтических материалов и могут стать основой для разработки новых стандартов безопасности лечения.

Цель исследования — изучение адгезивной активности представителей микробиоты рта к конструкционным материалам для 3D-печати и вакуумного термоформования элайнеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов нового поколения выбрали:

- 1) Graphy Tera Harz (Graphy Inc., Ю. Корея) — фотополимер на основе метакрилата с эффектом памяти для 3D-печати;
- 2) Zendura A (Zendura Dental, США) — полиуретановые пластины для вакуумного формования;
- 3) Biolon (Drewe Dentamid, Германия) — пластины из полиэтилентерефталатгликоля (ПЭТГ) для вакуумного формования;
- 4) Duran (Scheu-Dental, Германия) — пластины из ПЭТГ для вакуумного формования.

Из перечисленных материалов для исследования изготовили по 18 дисков диаметром 10 мм (площадь 78,5 мм²). Образцы из конструкционного материала Graphy были напечатаны на 3D-принтере Uniz NBEE 4K, а диски из термоформовочных материалов вырезали из пластин.

В качестве тест-культур для микробиологического исследования использовали штаммы бактерий *Str. salivarius*, *Str. pyogenes*, *S. aureus* и микромицеты *C. albicans*, *C. kruzei*. Данные микроорганизмы были отобраны случайно. *Str. salivarius*, *C. kruzei* и *C. albicans* являются ранними колонизаторами слизистой оболочки рта и важными компонентами биопленки. *S. aureus* способен как формировать собственные биопленки, так

и действовать в качестве инициаторов биопленочного процесса для других микробов. *Str. pyogenes* относится к представителям патогенных видов бактерий и является частой причиной инфекционных заболеваний полости рта.

Сточные культуры микроорганизмов разводили в питательном бульоне до достижения оптической плотности микробной взвеси равной 0,5 ед. по МакФарланду, что соответствует концентрации клеток примерно 10^8 КОЕ/мл. Оптическую плотность при этом измеряли денситометром DEN-1 (Biosan, Латвия).

Диски из исследуемых материалов помещали в 12-луночные планшеты, заливали 1 мл микробной взвеси и инкубировали в термостате при 37°C в течение 1, 3 или 6 часов. По истечении времени пластинки извлекали пинцетом, перекладывали в новые планшеты, трижды промывали физраствором и 10 минут выдерживали в спирте. Затем проводили окрашивание 1% раствором генцианвиолета (5 минут) и промывали водой до полного смывания несвязавшегося красителя. Далее в каждую лунку добавляли 500 мкл 70%-го спирта для элюирования красителя и помещали на качающийся столик на 5 минут.

В качестве временных показателей инкубации выбраны 1, 3 и 6 часов, поскольку более длительная инкубация приводит к чрезмерному увеличению количества колонизованных микроорганизмов, что затрудняет корректную оценку результатов и снижает чистоту эксперимента. Кроме того, исследование адгезии микроорганизмов на данных материалах обусловлено их применением в съемных ортодонтических конструкциях (элайнерах), которые пациенты регулярно снимают для гигиенического ухода, — поэтому изучение

адгезии в рамках временных промежутков, отражающих реальные условия использования элайнеров, представляется наиболее релевантным.

Для измерения адгезивной активности микроорганизмов к материалам, используемым при производстве элайнеров, использовали оптический метод. Он заключается в измерении оптической плотности красителя, элюированного с помощью спирта из клеточных стенок бактерий, прилипших к поверхности полимерных материалов. В качестве контроля служил полимерный материал без инкубации с бактериями, окрашенный тем же способом. Измерение оптической плотности полученных окрашенных смывов проводили на многофункциональном планшетном ридере Synergy 2 (BioTek, США) с источником излучения длиной волны 570 нм. Результаты измерения представлены в условных единицах (у.е.).

При статистической обработке данных для оценки значимости различий между группами применяли *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистический анализ результатов показал следующие значимые различия ($p < 0,05$):

- между материалом Graphy ($0,623 \pm 0,045$) и Zendura ($0,517 \pm 0,038$) по адгезии *Str. pyogenes* через 3 часа;
- между Graphy и Biolon по адгезии *C. krusei* через 6 часов (Graphy= $1,046 \pm 0,062$; Biolon= $0,571 \pm 0,043$);
- между всеми материалами по адгезии *S. aureus* через 6 часов — Graphy= $0,843 \pm 0,051$; Duran= $0,726 \pm 0,048$; Zendura= $0,547 \pm 0,039$; Biolon= $0,598 \pm 0,042$.

Статистически значимые различия ($p < 0,05$) были выявлены также в динамике адгезии для всех исследуемых микроорганизмов.

На основании проведенного исследования установлено, что адгезивная активность изучаемых микроорганизмов к различным материалам демонстрирует существенные различия. Так, микроорганизмы проявляли наибольшую активность к образцам материала Graphy — средние показатели превышали 0,600 уже через 1 час, что может быть обусловлено его физико-химическими характеристиками (табл. 1). В свою очередь, к образцам материала Duran адгезивная активность проявлялась в меньшей степени, при этом отмечался ее относительно равномерный рост во времени (табл. 2). Наименьшие адгезивные свойства микроорганизмов выявлены в отношении образцов, изготовленных из материала Zendura, особенно в ранние временные точки (среднее значение через 3 часа для *Str. pyogenes* составило

Таблица 1. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к инновационному фотополимеру Graphy

Table 1. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the innovative photopolymer Graphy

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,641	0,683	0,694	0,648	0,805	0,847	0,764	0,799	0,815
<i>C. krusei</i>	0,733	0,753	0,774	0,816	0,836	0,841	1,026	1,059	1,052
<i>Str. pyogenes</i>	0,640	0,653	0,657	0,749	0,747	0,742	1,196	1,168	1,192
<i>S. aureus</i>	0,611	0,618	0,584	0,804	0,863	0,840	0,863	0,854	0,812
<i>S. salivarius</i>	0,648	0,677	0,687	0,991	0,997	1,018	1,112	1,149	1,147
Контроль	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

Таблица 2. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Duran

Table 2. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Duran

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,364	0,365	0,361	0,439	0,455	0,46	0,698	0,711	0,719
<i>C. krusei</i>	0,464	0,461	0,459	0,618	0,621	0,612	0,637	0,651	0,650
<i>Str. pyogenes</i>	0,684	0,686	0,690	0,693	0,679	0,687	0,712	0,739	0,726
<i>S. aureus</i>	0,400	0,393	0,389	0,441	0,443	0,434	0,557	0,572	0,545
<i>S. salivarius</i>	0,386	0,391	0,390	0,444	0,447	0,444	0,505	0,514	0,518
Контроль	0,044	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

0,517; табл. 3). Стоит также отметить, что умеренная адгезивная активность микроорганизмов отмечалась к материалу Biolon, но с тенденцией к увеличению показателей к 6-му часу (табл. 4). С учетом полученных данных можно сделать вывод, что Zendura наиболее желательна для применения в клинической практике, в то время как Graphy — наименее предпочтительна, а Duran и Biolon занимают промежуточные позиции. Следовательно, выбор материала может быть обоснован его взаимодействием с потенциально патогенными микроорганизмами.

При анализе видовой специфичности выявлено, что *S. aureus* проявлял наибольшую адгезивную активность ко всем материалам, в то время как *Candida spp.* демонстрировали более вариабельную реакцию в зависимости от типа материала. Например, адгезия *C. krusei* к Graphy через 6 часов составила 1,046, тогда как для Biolon — всего 0,571. Это подчеркивает важность учета видового состава микрофлоры при выборе материала для изготовления элайнеров.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании исследования адгезивной активности микроорганизмов к различным материалам для изготовления элайнеров установлено, что микроорганизмы вида *Str. pyogenes* демонстрируют высокую адгезивную активность к образцам, изготовленным из фотополимерного материала Graphy (среднее значение — 1,185 через 6 часов), что может быть связано с особенностями его микрорельефа, формируемого при 3D-печати. Также стоит отметить, что адгезивные свойства изучаемого микроорганизма к материалу Zendura, предназначенному для вакуумного термоформования, существенно ниже (среднее значение — 0,517 через 3 часа) — вероятно, это обусловлено гладкостью его поверхности или особенностями химической структуры. Таким образом, с точки зрения устойчивости к адгезии микроорганизмов, Zendura может считаться более предпочтительным материалом для использования в ортодонтической практике, в то время как применение Graphy потенциально сопряжено с повышенным риском адгезии патогенных микроорганизмов.

Адгезивная активность микроорганизмов может существенно изменяться в зависимости от двух ключевых характеристик материала: гидрофобности и микрорельефа его поверхности.

Так, при сравнении материалов выяснилось, что более низкая гидрофобность ведет к снижению адгезии микроорганизмов. Например, у материала Graphy гидрофобность составляет 82°, и адгезия микроорганизмов на нем на 30% выше, чем на материале Biolon с гидрофобностью 68°. Не менее значимую роль играет и микрорельеф поверхности, ведь увеличение

Таблица 3. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Zendura

Table 3. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Zendura

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,430	0,447	0,456	0,583	0,593	0,590	0,629	0,670	0,664
<i>C. krusei</i>	0,344	0,334	0,333	0,641	0,623	0,637	0,639	0,636	0,701
<i>Str. pyogenes</i>	0,382	0,375	0,373	0,512	0,518	0,520	0,551	0,553	0,553
<i>S. aureus</i>	0,386	0,399	0,401	0,484	0,487	0,468	0,551	0,551	0,538
<i>S. salivarius</i>	0,388	0,397	0,407	0,406	0,416	0,426	0,797	0,814	0,816
Контроль	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

Таблица 4. Данные адгезивной активности микробиома полости рта к материалу для термоформования Biolon

Table 4. Data on the adhesive activity of the oral microbiome to the thermoforming material Biolon

	1 час			3 часа			6 часов		
<i>C. albicans</i>	0,588	0,587	0,598	0,608	0,638	0,627	0,780	0,786	0,805
<i>C. krusei</i>	0,461	0,451	0,458	0,497	0,504	0,505	0,553	0,576	0,585
<i>Str. pyogenes</i>	0,297	0,282	0,283	0,462	0,460	0,454	0,762	0,757	0,725
<i>S. aureus</i>	0,493	0,504	0,462	0,551	0,578	0,543	0,616	0,614	0,565
<i>S. salivarius</i>	0,473	0,479	0,465	0,546	0,541	0,55	0,714	0,736	0,734
Контроль	0,043	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,043

шероховатости ведет к росту площади контакта с микроорганизмами. В качестве примера можно привести образцы Duran и Graphy: шероховатость первого составляет 0,8 мкм, второго — 2,1 мкм, что коррелирует с различиями в адгезии микроорганизмов. Данные о гидрофобности и шероховатости приведены на основании информации, предоставленной производителями материалов.

S. aureus проявляет универсальную адгезивную активность (средние значения через 6 часов: 0,843 для Graphy, 0,726 для Duran, 0,547 для Zendura, 0,598 для Biolon). В то же время *C. krusei* демонстрирует выраженную селективность: для Graphy адгезия через 6 часов составила 1,046, тогда как для Biolon — всего 0,571. Исходя из данных, полученных в результате исследования, можно сделать вывод, что применение материала для изготовления элайнеров фирмы Zendura в клинической практике может снизить риск формирования биопленок на 40—50% по сравнению с Graphy.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование выявило существенные различия в адгезивной активности микробиоты полости рта по отношению к различным материалам, применяемым для изготовления элайнеров. Изучаемые микроорганизмы демонстрируют высокую адгезию к фотополимерному материалу Graphy, что может быть связано с его гидрофобными свойствами и особенностями микрорельефа поверхности. Напротив, адгезивная активность микроорганизмов в отношении материала для термоформования Zendura значительно ниже. Учитывая видовую специфичность микроорганизмов, при выборе материала

в ортодонтическом лечении необходимо придерживаться индивидуального подхода. Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод, что материал Zendura рекомендован для применения у пациентов с повышенным риском воспалительных заболеваний, в то время как использование материала Graphy может быть сопряжено с более высоким риском адгезии микроорганизмов.

Полученные данные актуализируют необходимость дальнейшего изучения физико-химических свойств ортодонтических материалов и их влияния на микробиоту полости рта.

Поступила/Received: 10.07.2025

Принята в печать/Accepted: 10.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Kunath B.J., De Rudder C., Laczny C.C., Letellier E., Wilmes P. The oral-gut microbiome axis in health and disease. — *Nat Rev Microbiol.* — 2024; 22 (12): 791—805. [PMID: 39039286](#)
2. Santonocito S., Polizzi A. Oral microbiota changes during orthodontic treatment. — *Front Biosci (Elite Ed).* — 2022; 14 (3): 19. [PMID: 36137992](#)
3. Сохрокова Д.М., Атабиева Р.Т., Сохрокова Н.М., Хараева З.Ф. Адгезивные характеристики материалов к бактериальной микрофлоре как основа персонализированного подхода при ортодонтическом лечении. — В: сб. тр. конф. «Кавказ-Микро» и «Юг-Микро». — Нальчик, 2025. — С. 42—44.
[Sokhroкова D.M., Atabieva R.T., Sokhroкова N.M., Kharaeva Z.F. Adhesive characteristics of materials to bacterial microflora as the basis for a personalized approach in orthodontic treatment. — In: proceedings of the “Caucasus-Micro” and “South-Micro” conferences. — Nalchik, 2025. — Pp. 42—44 (In Russian)]. [eLibrary ID: 82845448](#)
4. Гажва С.И., Янышева К.А., Абдуллаев Н.А. Адгезивная активность микроорганизмов к стоматологическим материалам для 3D печати и вакуумной формовки. — *Медико-фармацевтический журнал Пульс.* — 2024; 10: 16—22.
[Gazhva S.I., Yanysheva K.A., Abdullaev N.A. The adhesive activity of microorganisms to dental materials for 3D printing and vacuum forming. — *Medical and pharmaceutical journal Pulse.* — 2024; 10: 16—22 (In Russian)]. [eLibrary ID: 75144944](#)
5. Rouzi M., Zhang X., Jiang Q., Long H., Lai W., Li X. Impact of clear aligners on oral health and oral microbiome during orthodontic treatment. — *Int Dent J.* — 2023; 73 (5): 603—611. [PMID: 37105789](#)
6. Аствацатрян Л.Э., Гажва С.И. Современные аспекты использования 3D-технологий в изготовлении съемных зубных протезов. — *Современные проблемы науки и образования.* — 2017; 5: 194.
[Astvatsatryan L.E., Gazhva S.I. Modern aspects of the using 3D technologies in the manufacture of removable dentures. — *Modern Problems of Science and Education.* — 2017; 5: 194 (In Russian)]. [eLibrary ID: 30457997](#)
7. Khalichi P., Cvitkovitch D.G., Santerre J.P. Effect of composite resin biodegradation products on oral streptococcal growth. — *Biomaterials.* — 2004; 25 (24): 5467—72. [PMID: 15142727](#)
8. Di Nicolantonio S., Altamura S., Pietropaoli D., Monaco A., Ortu E. Orthodontic treatment and oral microbiota changes: a systematic review of oral dysbiosis revealed by 16S rRNA gene analysis. — *Angle Orthod.* — 2025; 96 (1): 114—124. [PMID: 41015407](#)
9. Kreve S., Dos Reis A.C. Effect of surface properties of ceramic materials on bacterial adhesion: A systematic review. — *J Esthet Restor Dent.* — 2022; 34 (3): 461—472. [PMID: 34213078](#)
10. Peterson B.W., Tjakkes G.H., Renkema A.M., Manton D.J., Ren Y. The oral microbiota and periodontal health in orthodontic patients. — *Periodontol 2000.* — 2024; 00: 1—19. [PMID: 39031969](#)

ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ЗУБНЫЕ ПАСТЫ R.O.C.S.[®] PRO

Важнейшими этапами профилактики и лечения кариеса и воспалительных заболеваний пародонта являются качественное удаление зубного налета и достижение контроля над формированием биопленки. Для этого были разработаны зубные пасты R.O.C.S.[®] PRO с ферментативным комплексом MINERALIN[®] Enzyme.



R.O.C.S.[®] PRO ANTIPLAQUE

Оптимальное решение при гингивите, ассоциированном с биопленкой:

- максимальная концентрация ферментов и ксилита
- силикагранулы

R.O.C.S.[®] PRO BRACKETS & ORTHO

Для профилактики в период ортодонтического лечения:

- силикагранулы для многоступенчатой очистки
- повышенная абразивность

R.O.C.S.[®] PRO IMPLANTS

Для профилактики периимплантного мукозита и периимплантита при наличии ортопедических конструкций:

- экстракты жимолости
- таурин
- силикагранулы

R.O.C.S.[®] PRO DELICATE WHITENING

Для безопасного домашнего отбеливания:

- бустерная система абразивности для деликатной полировки эмали

R.O.C.S.[®] PRO TEENS

Для комплексной профилактики кариеса и гингивита у подростков:

- экстракты жимолости
- таурин
- силикагранулы

БРОМЕЛАИН расщепляет пептидные связи в белковом матриксе зубного налета, значительно облегчая его удаление*. Более того, бромелаин обладает прямой противовоспалительной активностью.



КСИЛИТ подавляет активность кариесогенных и некоторых пародонтопатогенных бактерий* (Диаграмма 1). В сочетании с бромелаином ксилит препятствует бактериальной адгезии* (Рис.1 - 3).

БИОДОСТУПНЫЕ МИНЕРАЛЫ повышают устойчивость эмали к кариесу и кислотам*.

Диаграмма 1. Кариесогенность зубного налета (Harwick J. L., 1985)



А.А. Кунин, П.С. Кравчук, И.А. Беленова. Сравнительные исследования твердых тканей зуба при использовании фторсодержащей зубной пасты и пасты R.O.C.S.[®] с бромелаином для гигиенического ухода за полостью рта. Клиническая стоматология № 1(49)/2009; 40-42

Рис. 1. Культура человеческих фибробластов. Стерильные условия

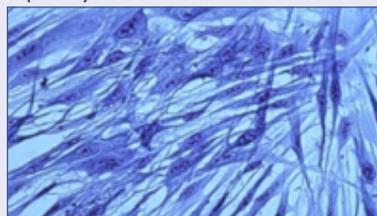


Рис. 2. КОНТРОЛЬ: Культура человеческих фибробластов + S. Salivarius 67



Рис. 3. ЭКСПЕРИМЕНТ: Культура человеческих фибробластов + S. Salivarius 67 + R.O.C.S. (1:20000)



Афиногенов Г. Е., Афиногенова А. Г., Доровская Е. Н., Матело С. К. Влияние ксилита в составе зубных паст на специфическую адгезию некоторых клинических штаммов микроорганизмов полости рта. Стоматология детского возраста и профилактика. 2008; 2 (25): 73-78.

Товар сертифицирован. Реклама. ♦ Умная гигиена полости рта.

*Подтверждено в клинических и лабораторных исследованиях.



DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_58

[К.Г. Ахмедов](#)¹,

ассистент кафедры хирургической стоматологии

[С.А. Бочкарева](#)²,

к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории механики полимерных композиционных материалов

[С.Д. Арутюнов](#)¹,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии и цифровых технологий

[Т.М. Дибиров](#)¹,

д.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии

[К.Г. Караков](#)³,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии

[М.М. Магомедов](#)¹,

соискатель ученой степени к.м.н. кафедры челюстно-лицевой хирургии и пластической хирургии

[В.П. Чув](#)⁴,

д.т.н., профессор, зав. базовой кафедрой медико-технических систем

[И.Л. Панов](#)²,

к.ф.-м.н., м.н.с. лаборатории механики полимерных композиционных материалов

[С.В. Панин](#)²,

член-корр. РАН, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, зав. лабораторией механики полимерных композиционных материалов

¹ Российский университет медицины, 127006, Москва, Россия² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055, Томск, Россия³ СтГМУ, 355017, Ставрополь, Россия⁴ НИУ БелГУ, 308015, Белгород, Россия[K.G. Akhmedov](#)¹,

assistant at the Surgical dentistry Department

[S.A. Bochkareva](#)²,

PhD in Physics and Mathematics, researcher of Laboratory of Mechanics of Polymer Composite Materials

[S.D. Arutyunov](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics and digital technologies Department

[T.M. Dibirov](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, associate professor of the Maxillofacial and plastic surgery Department

Влияние формы армирующего перфорированного ПЭЭК-каркаса на несущую способность полного съемного зубного протеза верхней челюсти

Аннотация. В данной работе рассматривается новая модель перфорированного ПЭЭК-каркаса трехлепестковой формы для армирования базиса полного съемного зубного протеза (ПСЗП) верхней челюсти. Для увеличения механической составляющей адгезии каркаса к базису по периметру (краю) ПЭЭК-каркаса были добавлены вырезы по типу «ласточкин хвост». Для оценки эффективности предложенной формы каркаса проведено численное моделирование деформационного поведения конструкции ПСЗП в условиях как минимальной, так и идеальной адгезии между каркасом и базисом. Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) проводили методом конечных элементов (МКЭ) с использованием системы инженерного анализа Abaqus (Dassault Systèmes, Франция). Сравнивали несущую способность ПСЗП армированного ранее разработанной первоначальной формой ПЭЭК-каркаса и новой трехлепестковой формой. Для оценки эффективности креплений «ласточкин хвост» рассматриваются модели разработанных каркасов как с наличием данного крепления, так и без него. Для рассмотренных моделей и условий их нагружения выявлен ряд закономерностей. Так, при идеальной адгезии первоначальная форма ПЭЭК-каркаса более эффективно повышает несущую способность ПСЗП — от 10 до 25%, в то время как новая трехлепестковая форма в меньшей степени — от 5 до 15%. При слабой адгезии первоначальная форма ПЭЭК-каркаса снижает несущую способность при некоторых рассмотренных вариантах нагружения до 25% (относительно неармированного ПММА), в том числе при наличии креплений типа «ласточкин хвост», что ограничивает ее применение при слабой адгезии каркаса к базису. При этом показано, что наличие креплений «ласточкин хвост» для первоначальной формы каркаса изменяет несущую способность как в положительную, так и в отрицательную сторону при разных вариантах нагружения в пределах 10%. Армирование базиса трехлепестковым ПЭЭК-каркасом (новой формой) при его слабой адгезии к базису не во всех случаях нагружения повышает несущую способность протеза по сравнению с неармированным базисом, но при этом и не снижает ее, независимо от наличия на каркасе креплений типа «ласточкин хвост», поэтому является более подходящей для армирования базиса при его слабой адгезии с каркасом по сравнению с первоначальной формой каркаса. Также показано, что трехлепестковая форма каркаса является перспективной для армирования базиса при слабой адгезии в случае использования материала каркаса с высоким модулем упругости.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, САЕ, полиметилметакрилат, ПММА, полиэфирэфиркетон, ПЭЭК, каркас протеза, конечноэлементное моделирование, МКЭ, межслойная адгезия, гибридный полный съемный зубной протез, ПСЗП

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ахмедов К.Г., Бочкарева С.А., Арутюнов С.Д., Дибиров Т.М., Караков К.Г., Магомедов М.М., Чув В.П., Панов И.Л., Панин С.В. Влияние формы армирующего перфорированного ПЭЭК-каркаса на несущую способность полного съемного зубного протеза верхней челюсти. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 58—70. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_58

Effect of shape of the reinforcing perforated PEEK frame on bearing capacity of a complete removable denture of the maxilla

Annotation. In this paper, a new model of a perforated three-petal PEEK frame for reinforcing the base of a complete removable denture (CRD) of the maxilla is considered. To increase the mechanical component of the adhesion of the frame, dovetail cutouts were added along the perimeter (edge) of the PEEK frame. To evaluate the effectiveness of the proposed frame shape, numerical modeling of the deformation behavior of the hybrid CRD structure was carried out under conditions of both minimal and ideal adhesion between the frame and the base. The stress-strain state was calculated using the finite element method (FEM) using the Abaqus software (Dassault Systèmes, France). The load-bearing capacity of a hybrid CRD reinforced with the previously

[K.G. Karakov](#)³,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Therapeutic dentistry Department

[M.M. Magomedov](#)¹,

PhD candidate of the Maxillofacial and plastic surgery Department

[V.P. Chuev](#)⁴,

Doctor of Science in Engineering, full professor of the Medical and technical systems Department

[I.L. Panov](#)²,

PhD in Physics and Mathematics, junior researcher of Laboratory of Mechanics of Polymer Composite Materials

[S.V. Panin](#)²,

Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Engineering, professor, chief researcher, head of Laboratory of Mechanics of Polymer Composite Materials

¹ Russian University of Medicine, 127006, Moscow, Russia

² Institute of Strength Physics and Materials Science of the Russian Academy of Sciences (Siberian Branch), 634055, Tomsk, Russia

³ Stavropol State Medical University, 355017, Stavropol, Russia

⁴ Belgorod State University, 308015, Belgorod, Russia

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на снижение рождаемости, население Земли продолжает расти, уже достигнув 7,8 млрд человек в 2020 г. по сравнению с 7 млрд в 2010 г. При этом население мира беспрецедентно стареет, что увеличивает экономическое бремя основных стоматологических заболеваний, и в частности когорту пациентов с полной потерей зубов [1].

Средние показатели частоты встречаемости полной потери зубов у населения России составляют 8,4–18,0%, а в возрастной группе от 60 лет — 25,2–46,7% [2]. По данным 2025 г., усилия ВОЗ по охране здоровья полости рта и борьбе с основными стоматологическими заболеваниями не увенчались успехом. По-прежнему остается огромная неудовлетворенная потребность в стоматологической помощи пациентам с полной потерей зубов — одной из основных нозологий глобального бремени заболеваний полости рта [3, 4].

Совокупность этих факторов обосновывает прогноз: потребность в финансово доступных и десятками лет испытанных в клинике традиционных полимерных конструкций полных съемных зубных протезов (ПСЗП) и дальше будет нарастать. Однако необходимо учитывать, что ПСЗП имеют серьезные ограничения, среди которых поломка их базиса в процессе эксплуатации составляет 22–31% в первый год пользования [5]. Особо часто эта проблема возникает у пожилых людей

разработана начальная форма ПEEK-каркаса и новая форма с тремя лепестками. Для оценки эффективности заклепок, рассмотрены модели разработанных каркасов, как с, так и без этого крепления. Было выявлено несколько вариантов для рассмотренных моделей и их условия нагружения. Так, при идеальном сцеплении, оригинальная форма ПEEK-каркаса более эффективно увеличивает несущую способность гибридного КРД с 10% до 25%, в то время как новая форма с тремя лепестками делает это в меньшей степени: с 5% до 15%. При слабом сцеплении, начальная форма ПEEK-каркаса снижает несущую способность в некоторых из рассмотренных вариантов нагружения до 25% (относительно неармированного ПММА), включая наличие заклепок. Это ограничивает ее использование при слабом сцеплении с базисом. Показано, что наличие заклепок на оригинальной форме каркаса меняет несущую способность как положительно, так и отрицательно в зависимости от условий нагружения в пределах 10%. Усиление базиса с помощью ПEEK-каркаса с тремя лепестками (новая форма) при слабом сцеплении с базисом не во всех случаях нагружения увеличивает несущую способность протеза по сравнению с неармированным базисом. Однако, это не снижает ее, независимо от наличия заклепок на каркасе. Поэтому, это более приемлемо для усиления базиса при слабом сцеплении с каркасом по сравнению с оригинальной формой каркаса. Показано, что форма с тремя лепестками каркаса перспективна для усиления базиса при слабом сцеплении при использовании материала с высоким модулем упругости.

Key words: computer-aided design, CAE, polymethylmethacrylate, PMMA, polyetheretherketone, PEEK, prosthesis frame, finite element modeling, FEM, interlayer adhesion, hybrid complete removable denture, hybrid CRD

FOR CITATION:

Akhmedov K.G., Bochkareva S.A., Arutyunov S.D., Dibirov T.M., Karakov K.G., Magomedov M.M., Chuev V.P., Panov I.L., Panin S.V. Effect of shape of the reinforcing perforated PEEK frame on bearing capacity of a complete removable denture of the maxilla. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 58—70 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_58

и, как правило, у ПСЗП верхней челюсти [6, 7]. Ремонт не всегда успешен, и это требует замены протеза. В гарантийный период эти расходы сначала несет МСО, а затем пациент [8, 9].

Перспективная технология усиления базиса конструкции ПСЗП предполагает использование металлических каркасов (пластины, сетки, проволоки, арамидные волокна) [10, 11], полиэтиленовые [12] и стекловолокна [11, 13] и др. Однако, по мнению некоторых исследователей, из-за отсутствия механической адгезии металлической сетки к полимерной матрице использование металлических сеток не увеличивают прочность базиса [14, 15].

Полиэтиленовые и стекловолокна являются более перспективными материалами для армирования базисов ПСЗП, поскольку обладают хорошей адгезией, жесткостью и прочностью, повышают ударную вязкость и устойчивость конструкции к многократному приложению нагрузки. Тем не менее прочность на изгиб существенно не увеличивается [11, 16].

Таким образом, в основном поломки базиса ПСЗП связаны с физико-химическими и физико-механическими характеристиками конструкционного материала, из которого он изготовлен. При этом должны обеспечиваться условия полноценного соблюдения технологического регламента производства ПСЗП и соответствия биосовместимости материалов способностью и желанием выполнения рекомендаций врача-стоматолога по уходу

за полостью рта и протезной конструкцией [17–19], наличием финансовых ресурсов для оплаты ПСЗП производства с использованием современных технологий [20].

В предыдущей работе [21] было предложено упрочнить базис ПСЗП перфорированным каркасом [22] из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК). Была разработана математическая модель, в которой реализованы граничные условия, приближенные к реальным: имитируется протезное ложе в виде виртуальной опоры, для которой учитывается наличие буферных зон с разной податливостью слизистой оболочки рта. Исследование деформационного поведения разработанной конструкции с привлечением аппарата конечно-элементного моделирования (КЭМ) на основе системы инженерного анализа Abaqus (Dassault Systèmes, Франция) убедительно доказало, что введение перфорированного армирующего каркаса при его идеальной адгезии с базисом является перспективным способом повышения несущей способности ПСЗП с учетом выявленных особенностей их поведения в условиях приложения функциональных нагрузок. Однако показано, что при слабой адгезии между ними прочность ПСЗП не увеличивается, а при некоторых нагрузках даже уменьшается. Поэтому для усиления механической адгезии ПЭЭК-каркаса с базисом в случае небольшой адгезии было рекомендовано изменить форму модели армирующего каркаса.

Дополнительно отметим, что для решения задачи повышения прочности крепления ПЭЭК к ПММА в настоящее время выпускаются стоматологические адгезивы, например «НОЛАТЕК праймер-адгезив – П» («ВладМиВа», Белгород). Однако в литературе подобные вопросы освещены недостаточно, а также они не являются предметом исследований настоящей статьи.

Нулевой гипотезой данного исследования является возможность применения новой конструкции трехлепесткового каркаса, а также повышение несущей способности ПСЗП в случае использования периферийных креплений каркаса к базису системой вырезов по принципу «ласточкин хвост» в случае слабой межслоевой адгезии между компонентами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения обозначенной проблемы на основе имеющегося профессионального опыта и анализа предварительно полученных результатов в работе К. Akhmedov и соавт. (2025) [21] сотрудниками Российского университета медицины (Москва) – авторами данной работы была предложена новая видоизмененная модель стандартной формы перфорированного армирующего ПЭЭК-каркаса (рис. 1А, каркас I) – трехлепестковая (рис. 1В), которая была меньше каркаса I (рис. 1С) и имела лепестки для установки каркаса в заданной позиции. Кроме изменения формы, по периметру (краю) каркасов были добавлены вырезы по типу «ласточкин хвост» для увеличения механической адгезии между базисом и каркасом (рис. 1D, E). Для того чтобы оценить влияние креплений «ласточкин хвост» на несущую способность протезов, рассматривались каркасы как с их наличием (см. рис. 1D, E), так и без них (рис. 1А, В). Для повышения механической адгезии за счет затекания материала базиса (ПММА) при изготовлении в моделях каркаса специально формировали отверстия диаметром 2 мм.

Для сравнительной оценки армирующей способности разработанных каркасов были созданы

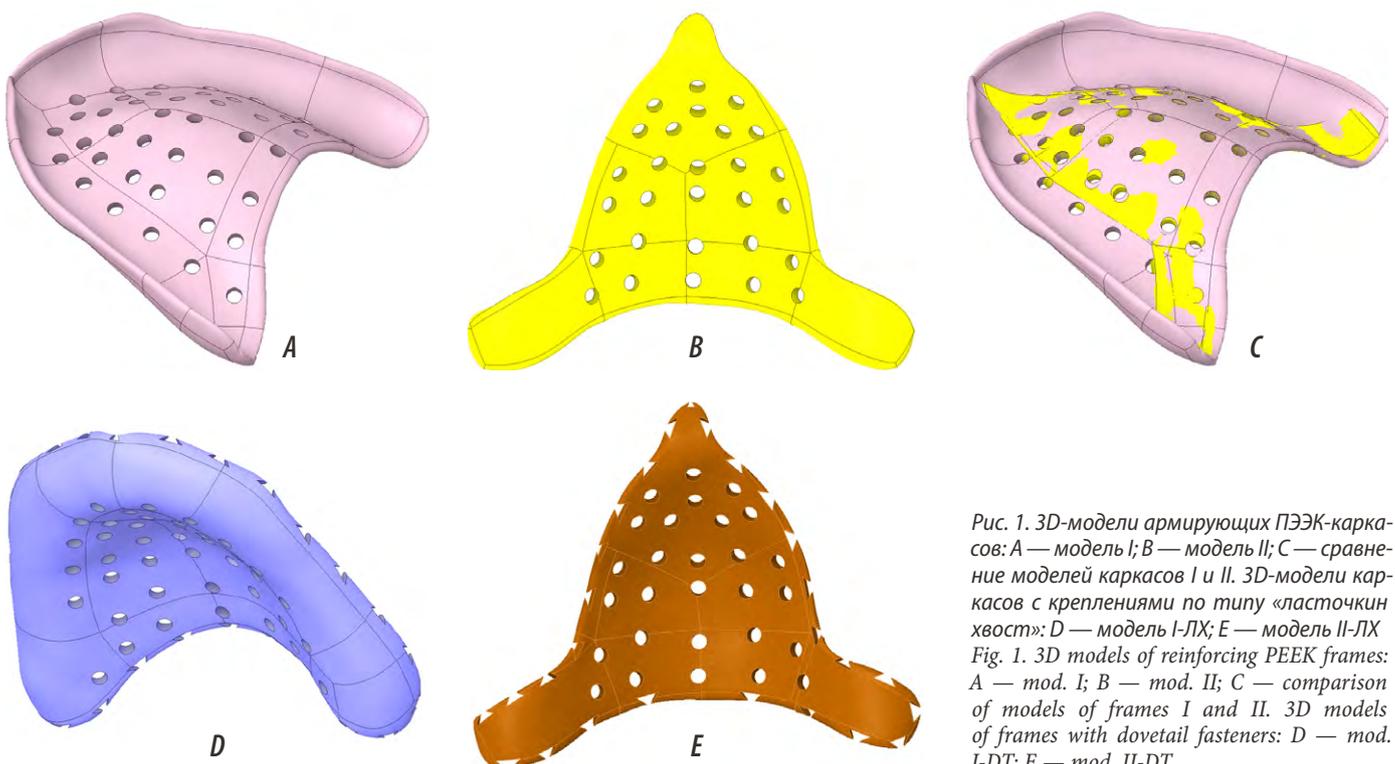


Рис. 1. 3D-модели армирующих ПЭЭК-каркасов: А — модель I; В — модель II; С — сравнительные модели каркасов I и II. 3D-модели каркасов с креплениями по типу «ласточкин хвост»: D — модель I-ЛХ; E — модель II-ЛХ
Fig. 1. 3D models of reinforcing PEEK frames: A — mod. I; B — mod. II; C — comparison of models of frames I and II. 3D models of frames with dovetail fasteners: D — mod. I-DT; E — mod. II-DT

соответствующие 3D-модели ПСЗП с перфорированными каркасами (рис. 2):

- I — модель со стандартным каркасом (рис. 2A);
- II — модель с трехлепестковым каркасом (рис. 2B);
- I-ЛХ — модель со стандартным каркасом с вырезами типа «ласточкин хвост» (рис. 2C);
- II-ЛХ — модель с трехлепестковым каркасом с вырезами типа «ласточкин хвост» (рис. 2D).

На рис. 2E приведена фотография прототипа ПСЗП, изготовленного на 3D-принтере из светоотверждаемого ПММА.

Как отмечалось в работе [21], базис в передней части имеет вырез под уздечку, а также вырезы индивидуальной формы под анатомические образования — это тяжи по бокам. Модели гарнитурных зубов имеют видимую часть (выступающую над базисом) и скрытую, заглубленную в нем (в лунках, см. рис. 2A). Условия на поверхностях контакта базиса и зубного ряда моделировались как полное сцепление (идеальная адгезия).

Свойства материалов в модели соответствовали таковым, использованным в предыдущей работе [21]. Свойства зубов принимались идентичными при растяжении и сжатии с модулем упругости 2,2 ГПа. Свойства материала базиса протеза соответствовали «НОЛАТЕК 3D-модели высокой точности LCD/DLP» («ВладМиВа», Белгород) с модулем упругости при растяжении 0,9 ГПа и пределом прочности при растяжении 22 МПа [23]. В расчетах использовали значения, определенные при испытаниях на растяжение, поскольку они обычно в разы ниже, чем при сжатии и сдвиге [24]. Соответственно, такая схема позволяла обеспечить определенный запас (коэффициент запаса) прочности. Предполагалось, что материалы являются упругими и изотропными. Для армирующего каркаса в данной работе для ПЭЭК

принимали модуль упругости 3,65 ГПа и предел прочности 92 МПа (по данным MatBase, 2007 г.).

На контакте между соответствующими поверхностями базиса протеза и каркасом задавались как условия идеального адгезионного взаимодействия, так и условия, соответствующие минимальной адгезии. В программном пакете Abaqus минимальная адгезия на контакте между базисом и ПЭЭК-каркасом задавалась за счет небольшой жесткости контактного слоя (0,1 МПа) и небольшого уровня напряжений отрыва (0,1 МПа) каркаса от базиса, так, чтобы отслоение ПЭЭК-каркаса от базиса начиналось сразу с первых шагов нагружения.

Для оценки влияния разработанных вариантов каркасов на изменение несущей способности армированных ими ПСЗП было получено и проанализировано напряженно-деформированное состояние (НДС) разработанных моделей с привлечением аппарата КЭМ, при разных нагрузках и условиях закрепления протезов (рис. 3).

Нагрузка задавалась пошагово с приложением одновременно на несколько зубов, при этом на каждый зуб она распределялась одинаково.

Базис предполагался жестко закрепленным с наружной стороны, т.е. смещения и повороты на выделенных поверхностях принимались равными нулю (рис. 3). Выбор данных вариантов нагружения был сделан исходя из предварительно полученных результатов анализа НДС моделей при разных вариантах приложения нагрузки и закрепления (граничных условий). Были выбраны наиболее опасные варианты, вызывающие концентрацию напряжений в базисе, а также отражающие характерные особенности деформационного поведения базисов. Такая постановка задачи не соответствует реальным условиям опирания базиса, но она позволяет

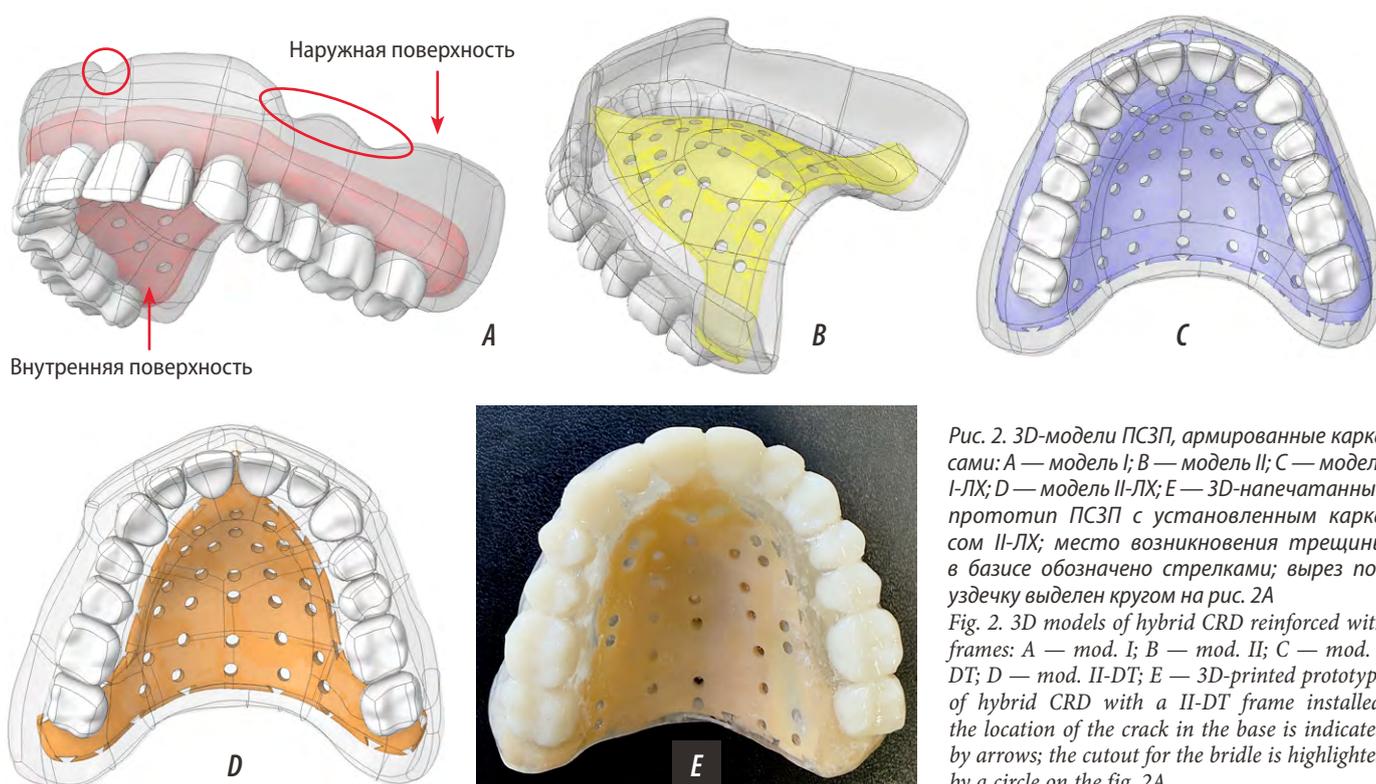


Рис. 2. 3D-модели ПСЗП, армированные каркасами: А — модель I; В — модель II; С — модель I-ЛХ; D — модель II-ЛХ; E — 3D-напечатанный прототип ПСЗП с установленным каркасом II-ЛХ; место возникновения трещины в базисе обозначено стрелками; вырез под уздечку выделен кругом на рис. 2A

Fig. 2. 3D models of hybrid CRD reinforced with frames: A — mod. I; B — mod. II; C — mod. I-DT; D — mod. II-DT; E — 3D-printed prototype of hybrid CRD with a II-DT frame installed; the location of the crack in the base is indicated by arrows; the cutout for the bridle is highlighted by a circle on the fig. 2A

объективно сравнить влияние каркасов разной формы на несущую способность ПСЗП при разных нагрузках, а также исключить влияние свойств опоры и условий опирания протеза, что является самостоятельной сложной задачей. Так как целями работы являются выбор формы каркаса, обеспечивающей повышение несущей способности протеза, и оценка влияния адгезии каркаса к базису на несущую способность протеза в целом, данная упрощенная постановка приемлема для предварительной (сравнительной) оценки НДС базиса протеза при разных формах каркаса и без него.

Нагружение разработанных моделей осуществлялось пошагово. К каждому зубу пошагово прикладывалась сила в 0,2 Н до достижения предельного состояния и появления трещины. В качестве предельного состояния принималось достижение предела прочности ПММА по критерию максимальных главных напряжений. Предполагалось, что разрушение материала начинается, когда одна из компонент тензора максимальных

главных напряжений достигает значения предела прочности ПММА (22 МПа), а соответствующее значение нагрузки определяло несущую способность протеза.

Задача определения НДС протеза, полученного при заданных вариантах в нагружения (рис. 3), решалась МКЭ в статической постановке, с учетом геометрической и физической нелинейности с использованием пакета Abaqus v. 2019 (Dassault Systemes, France), реализованных в модуле Standard.

При построении конечно-элементной модели использовали объемные тетраэдрические элементы C3D8R с линейной аппроксимацией перемещений. Общее количество конечных элементов в модели было определено на основании сеточной сходимости результатов расчетов; количество КЭ было не менее 916 569, а узлов — 330 398.

Таким образом, в рамках разработанных моделей исследовано влияние на несущую способность протеза 4 форм армирующих перфорированных ПЭЭК-каркасов: I, II, I-ЛХ, II-ЛХ при их разной адгезии с ПММА-базисом протеза и при трех разных вариантах нагружения.

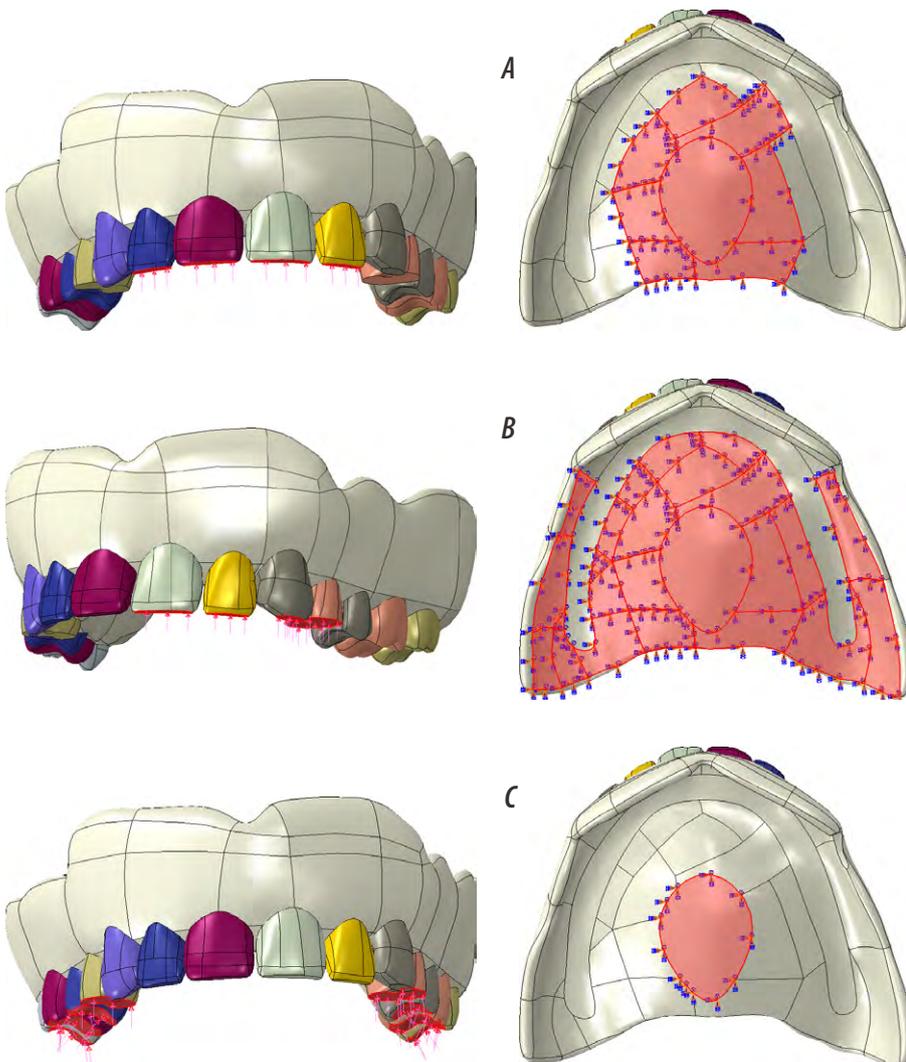


Рис. 3. Варианты нагружения модели ПСЗП и соответствующие им поверхности закрепления (граничные условия): № 1 — на 4 резца под углом 0° (А); № 2 — 2 резца, 1 клык, 1 моляр под углом 0° (В); № 3 — на 4 моляра и 4 премоляра под углом 0° (С); зафиксированные поверхности базиса выделены красным цветом

Fig. 3. Loading options for the hybrid CRD model and their corresponding mounting surfaces (boundary conditions): No. 1 — 4 incisors at an angle of 0° (A); No. 2 — 2 incisors, 1 canine, 1 molar at an angle of 0° (B); No. 3 — 4 molars and 4 premolars at an angle of 0° (C); fixed base surfaces are highlighted in red

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несущая способность

Сравнение влияния армирования базиса ПЭЭК-каркасами разной формы на несущую способность протеза верхней челюсти при идеальной и минимальной адгезии каркасов к базису при разных способах нагружения показало, что при минимальной адгезии армирование протезов ПЭЭК-каркасом I снижает их несущую способность по сравнению с неармированным базисом, в случаях нагружения № 1 и № 3, в отличие от каркаса II.

Как следует из рис. 4, при разных способах нагружения результаты получаются не совсем однозначные.

1-й вариант нагружения — 4 резца, под углом 0° (рис. 4А).

В этом случае несущая способность базиса с армирующим ПЭЭК-каркасом I даже снизилась на ~25% по сравнению с неармированным базисом, а при наличии креплений «ласточкин хвост» (I-ЛХ) — на 10%. Армирование каркасом II практически не изменило несущую способность, как при наличии на нем креплений «ласточкин хвост» (II-ЛХ), так и без них. При идеальной адгезии несущая способность базиса с каркасом I повысилась на ~25% (I, I-ЛХ), а с каркасом II — на ~15% (II, II-ЛХ).

2-й вариант нагружения — 2 резца, 1 клык, 1 моляр, под углом 0° (рис. 4В). При минимальной адгезии несущая способность протеза при армировании ПЭЭК-каркасами практически не изменилась по сравнению с неармированным ПСЗП. При идеальной адгезии большее увеличение несущей способности ПСЗП обеспечивается с каркасом I и I-ЛХ — на ~25%, в то время как с каркасом II — только на ~5%, как с креплениями «ласточкин хвост», так и без него. Это обусловлено тем, что за счет большей площади каркас I больше увеличивает жесткость протеза, что препятствует его изгибу, тем самым увеличивая его несущую способность. При наличии креплений «ласточкин хвост» на каркасе I-ЛХ при идеальной адгезии несущая способность по сравнению с каркасом без креплений уменьшилась в пределах ~3%, что может быть связано, с одной стороны, с погрешностью вычислений (в пределах 3%), с другой стороны — с тем, что при идеальной адгезии крепления вызывают концентрацию напряжений, тем самым снижая прочность.

3-й вариант нагружения — 4 моляра и 4 пре-моляра под углом 0° (рис. 4С). При минимальной адгезии несущая способность протеза с каркасом I в отсутствии креплений «ласточкин хвост» повысилась на ~5% по сравнению с неармированным базисом, а при наличии креплений (I-ЛХ) снизилась ~на 15%, а с каркасом II не изменилась как с креплениями «ласточкин хвост» (II-ЛХ), так и без них (II). В этом случае крепления «ласточкин хвост» снизило несущую способность в случае каркаса I-ЛХ по сравнению с первым случаем нагружения. При идеальной адгезии базиса с каркасом I способность протеза повысилась в среднем на 10%, а с каркасом II — на ~5% как с креплениями (I-ЛХ, II-ЛХ), так и без них (I, II).

Таким образом, в рассмотренных случаях при идеальной адгезии между каркасом и базисом преимущество имеет форма каркаса I, которая повышает несущую способность примерно от 10 до 25%.

Следует отметить, что во всех рассмотренных выше вариантах нагружения использование формы каркаса II

не снижает несущую способность протеза даже при минимальной адгезии каркаса к базису, в отличие от каркаса I, который при минимальной адгезии в первом рассмотренном случае нагружения приводит к снижению несущей способности протеза до ~25%, а в третьем — до ~15%. Создание креплений «ласточкин хвост» на каркасе II-ЛХ в рассмотренных случаях не изменяет несущую способность протеза, а наличие их на каркасе I-ЛХ в первом случае нагружения повышает ее на 10% по сравнению с его отсутствием, а в третьем случае нагружения снижает на ~10%.

Чтобы оценить, как именно влияет форма каркасов и крепления «ласточкин хвост» на изменение несущей способности протезов в приведенных выше случаях необходимо рассмотреть детально их напряженное состояние, особенно в областях концентрации напряжений.

Влияние формы каркаса и наличия крепления «ласточкин хвост»

Ниже проводится анализ влияния формы каркаса и наличия крепления «ласточкин хвост» на изменение НДС протеза в случае разных вариантов нагружения.

Вариант нагружения № 1 (рис. 5). За счет увеличения масштаба отображения деформаций видно, что под действием нагрузки зубы оказывают разворачивающее действие на переднюю часть базиса, и его изгиб в области боковой выемки под тяжи (см. рис. 2А) вызывает появление предельных для базиса сжимающих напряжений, где инициируется разрушение.

Масштаб деформации на рисунках увеличен в разы, так как в реальном отображении никаких изменений формы увидеть невозможно, поскольку максимальные смещения не превышают 0,4 мм. При увеличении масштаба деформаций хорошо видно изменение формы деформированного протеза и каждой его части (зубов, базиса и каркаса), места наибольших деформаций (изгибов), а также места отслоений каркаса от базиса (в условиях минимальной адгезии). Это позволяет выявить причины изменения несущей способности ПСЗП в целом.

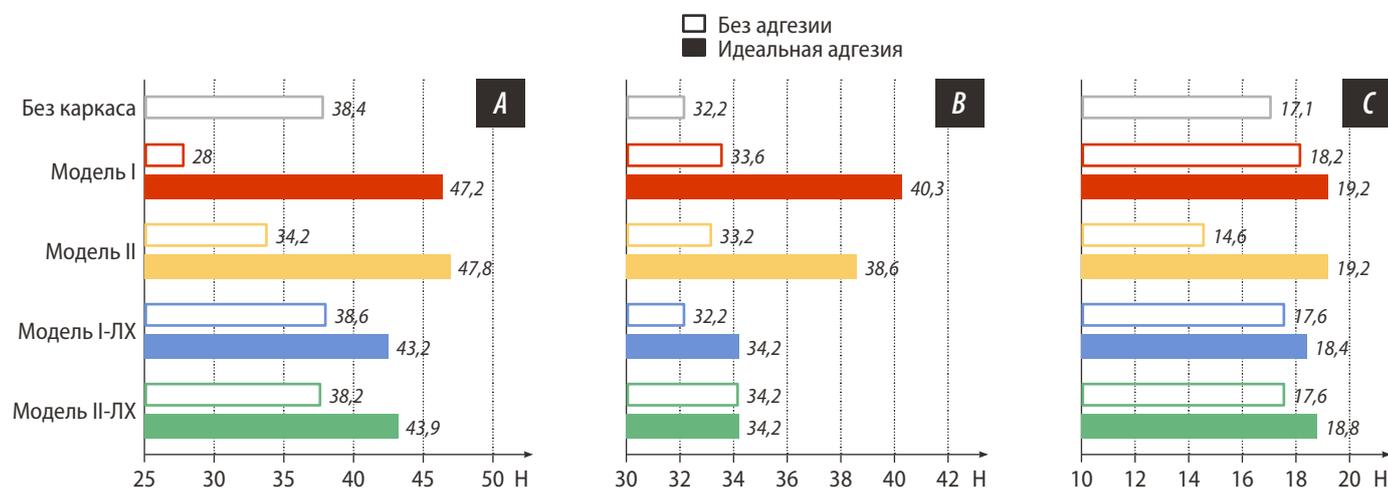


Рис. 4. Несущая способность ПСЗП при варьировании вида ПЭЭК-каркаса, уровня адгезии каркаса к базису и вариантов приложения нагрузки № 1 (А), № 2 (В) и № 3 (С)

Fig. 4. Bearing capacity of the hybrid CRD at varying of: the type of PEEK frame, the level of adhesion of the frame to the base, and load application options No. 1 (A), No. 2 (B), and No. 3 (C)

Уровень напряжений, как и характер их распределения в компонентах протеза на момент разрушения отличаются незначительно для двух типов каркаса. Преимущественно, растягивающие напряжения локализируются на зубах и на базисе перед зубным рядом — с небной стороны, а также между зубными лунками, в то время как область сжимающих напряжения формируется на зубах и базисе с губной стороны, что является, как отмечалось в работе [21], следствием разворота зубов. Локальные области концентрации растягивающих и сжимающих напряжений наблюдаются на внешней поверхности базиса по краю области его закрепления. Последняя является концентратором напряжений, что обусловлено изгибом базиса в этой области. Такие участки концентрации напряжений в условиях реальной эксплуатации протеза возможны при резорбции альвеолярного отростка (т.е. при изменении условий опирания базиса).

Также с внешней стороны базиса напряжения локализируются в виде областей округлой формы вследствие

наличия напряжений растяжения в области отверстий (перфорации) на каркасе. На разрезах видно, что в местах перегиба отслоение каркаса от базиса проявляется в большей степени, а напряжения в области отверстий возрастают. Отверстия в каркасе, расположенные в зоне максимальных напряжений, принимают овальную форму вследствие растяжения по направлению разворота зубов (преимущественно вдоль оси Y).

На разрезе по плоскости YZ видно, что в обоих случаях максимальные напряжения возникают в области перегиба базиса по отверстиям. Однако при наличии креплений «ласточкин хвост» на каркасе уровень предельных напряжений достигается при большей нагрузке, что обусловлено перераспределением напряжений в базисе. По этой причине использование креплений «ласточкин хвост» на каркасе I-LX позволило повысить несущую способность протеза при заданном варианте нагружения при минимальном уровне адгезии.

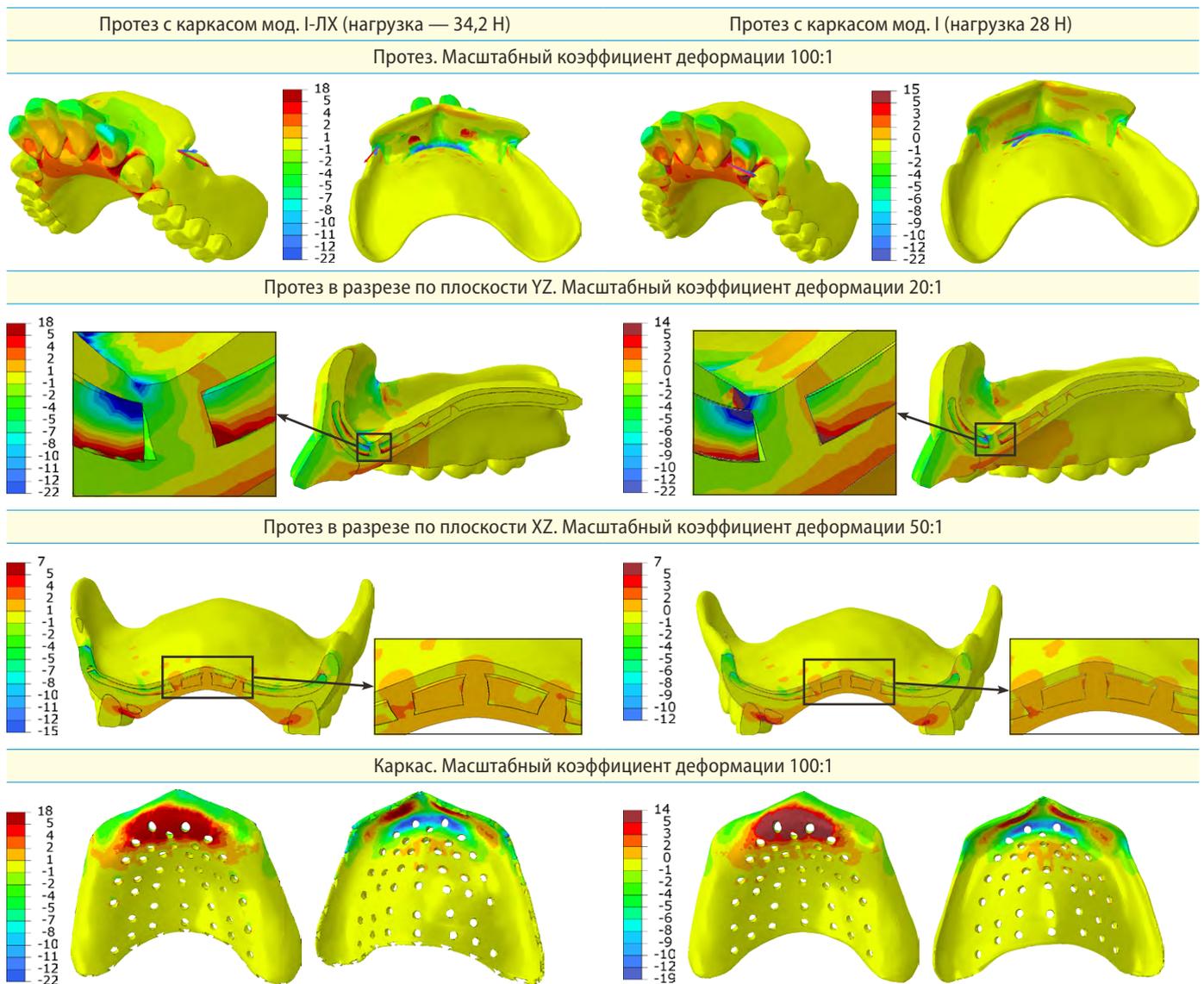


Рис. 5. Распределение максимальных главных напряжений в ПСЗП (МПа), при варианте нагружения № 1 в случаях протеза с каркасом I-LX и I; минимальная адгезия

Fig. 5. Distribution of the maximum main stresses in the hybrid CRD (MPa), with loading option No. 1 in cases of prostheses with a frame I-DT and I; minimum adhesion

Вариант нагружения № 2 (рис. 6). Распределение напряжений в протезах в целом аналогично рассмотренному выше варианту нагружения №1.

Базис также изгибается вследствие разворота зубов, за счет чего в перемычках между зубными лунками локализуются растягивающие напряжения, как и в случае нагружения № 1. В базисе с каркасом II-ЛХ трещина образуется именно в этой области — между передними резцами. На наружной поверхности базисов также наблюдается концентрация напряжений по краю области закрепления: за счет перегиба базиса в этом месте, где затем и появляется трещина в случае каркаса I-ЛХ. На представленных разрезах ПСЗП видно появление зазоров между каркасом и базисом, образующихся вследствие изгиба базиса и отслоения от него каркаса. В случае каркаса II-ЛХ зазоры в тех же областях базиса меньше либо вовсе отсутствуют. Это обусловлено тем,

что площадь закрепления каркаса II меньше, чем каркаса I, поэтому он лишь отчасти присутствует (и оказывает сопротивление) в той части базиса, которая испытывает изгиб, возникающий на его альвеолярной части. Кроме этого, в небной области каркаса расположено больше отверстий, чем в альвеолярной, что способствует меньшему развитию расслоений в этой области. В отличие от него, для каркаса I-ЛХ большая площадь способствует большему отслоению каркаса от базиса. За счет этого стенки базиса становятся менее жесткими и легче деформируются.

Совпадение мест концентрации напряжений на базисе, вызванных граничными условиями его закрепления (опирания), с областью расположения отверстия на каркасе, как и в первом случае нагружения, способствует увеличению напряжений в области перфорации в каркасе и, соответственно, в прилегающей зоне базиса.

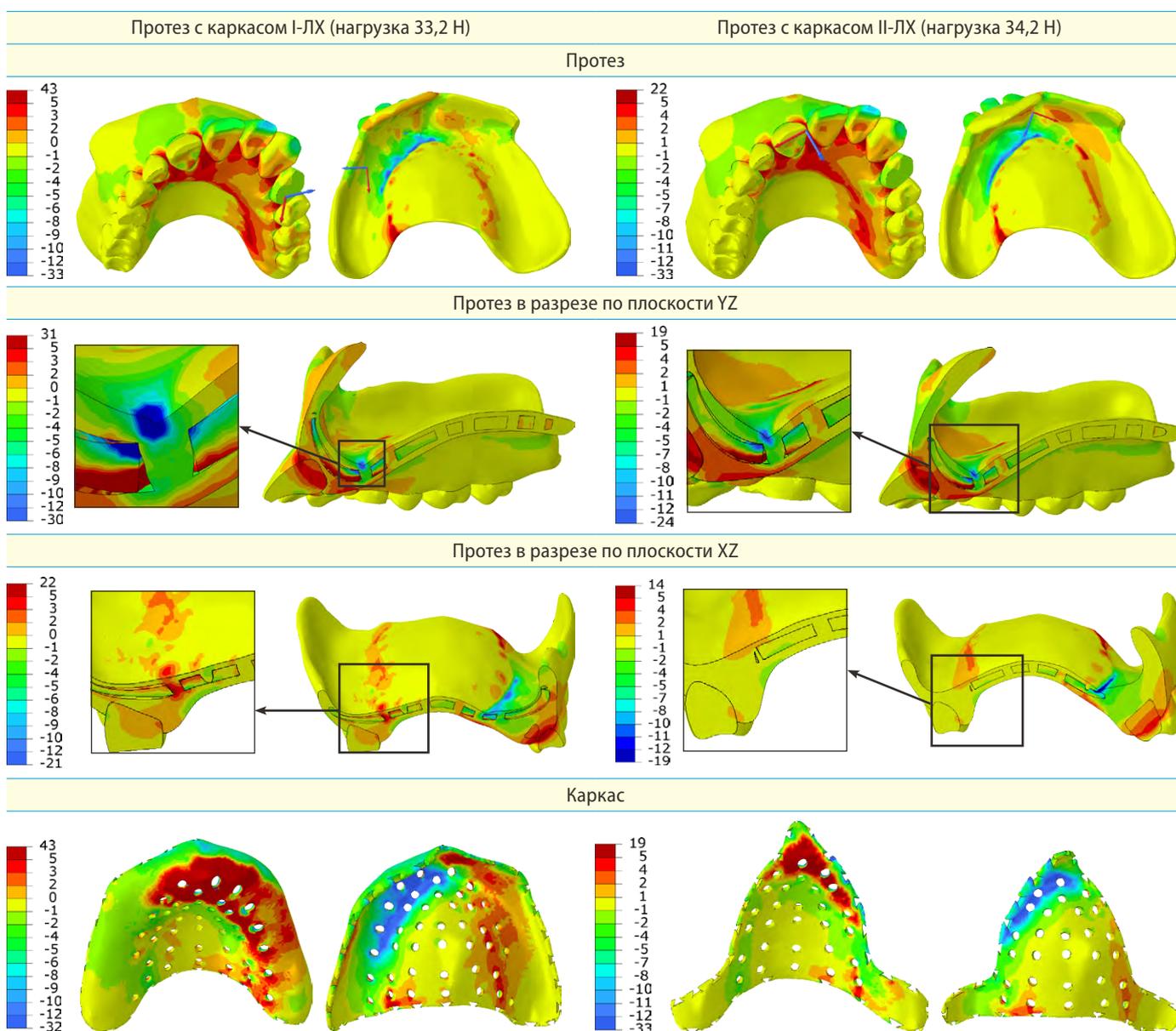


Рис. 6. Распределение максимальных главных напряжений (МПа) в протезе при варианте нагружения № 2 в случаях протеза с каркасами I-ЛХ и II-ЛХ (с креплениями «ласточкин хвост») при минимальной адгезии. Масштабный коэффициент визуализации деформации 40:1

Fig. 6. Distribution of the maximum main stresses (MPa) in the prosthesis under loading option No. 2 in cases of prostheses with frames I-DT and II-DT (with dovetail fasteners) with minimal adhesion. The scale factor of deformation visualization is 40:1

Как следствие, это приводит к большему изгибу базиса и последующему отслоению компонентов ПСЗП. На рисунке видно, что в этом случае передняя часть каркаса сильно деформируется вследствие изгиба.

В рассмотренном случае нагружения несущая способность протезов с каркасами I-ЛХ и II-ЛХ при минимальной адгезии отличалась не более чем на ~3%. При этом место инициации разрушения отличается вследствие другого характера распределения напряжений.

По распределению напряжений на каркасах видно, что размер областей концентрации напряжений

на каркасе I-ЛХ больше, как и уровень возникающих в нем растягивающих напряжений. Также виден разный характер изменения формы каркасов, а именно в местах их максимальных изгибов в альвеолярной области и деформация отверстий, которые принимают овальную форму вследствие растяжения по направлению разворота зубов.

Вариант нагружения № 3 (рис. 7). В целом картина распределения напряжений аналогична рассмотренным выше случаям. Трещины образуются по краю области закрепления ПСЗП с его наружной стороны.

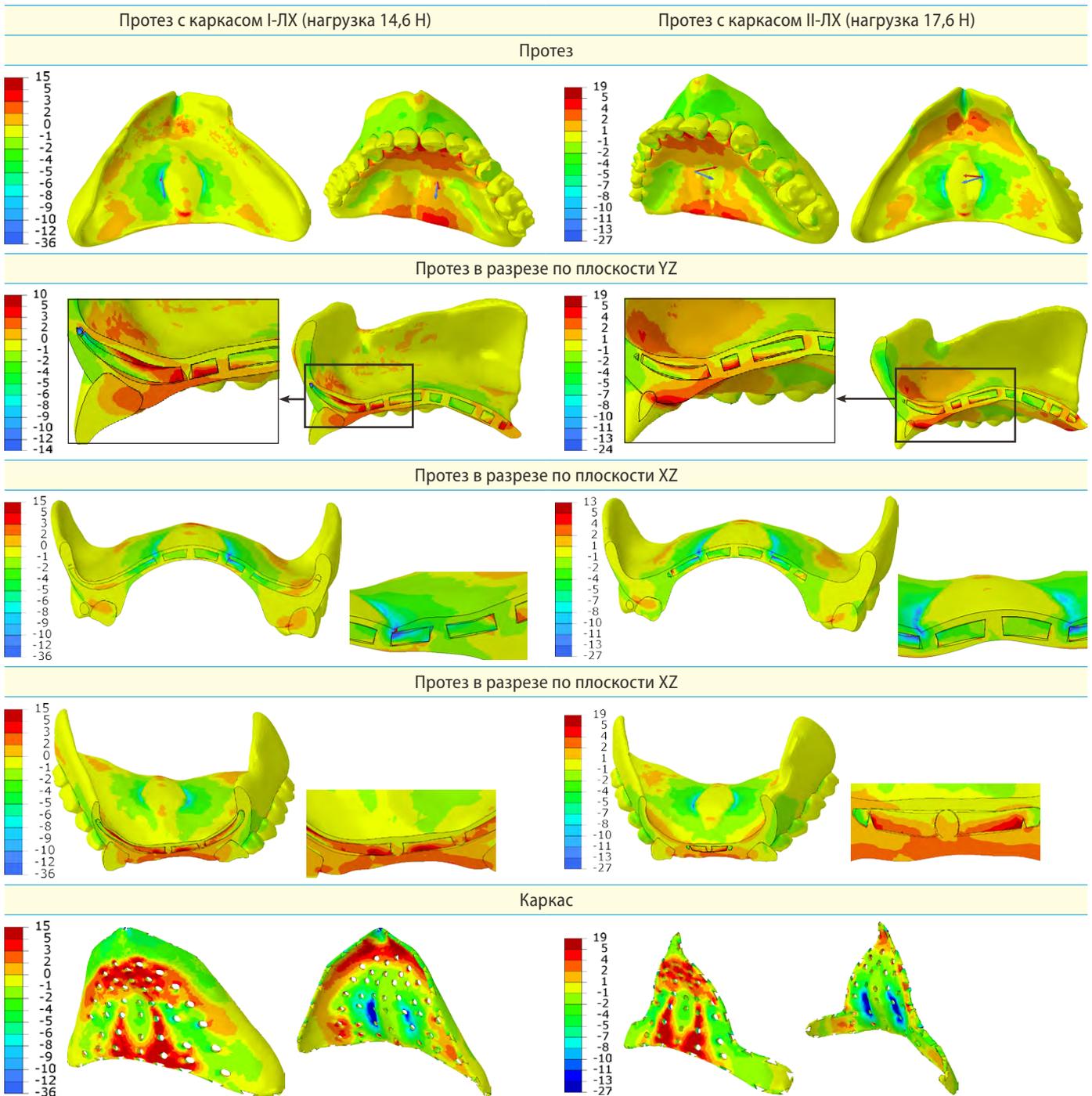


Рис. 7. Распределение максимальных главных напряжений в протезе (МПа), при варианте нагружения № 3 в случаях протеза с каркасами I-ЛХ и II-ЛХ (с креплениями «ласточкин хвост»). Масштабный коэффициент визуализации деформации 50:1

Fig. 7. Distribution of maximum main stresses in the prosthesis (MPa), with loading option No. 3 in cases of prostheses with frames I-DT and II-ST (with dovetail fasteners). The scale factor of deformation visualization is 50:1

На рисунке 7 за счет увеличенного масштабного коэффициента визуализации деформации видно искажение формы протеза после нагружения. Она образуется за счет того, что нагружаемые зубы разворачиваются наружу и разворачивают базис. Как и в предыдущих случаях нагружения, перед передними зубами с небной стороны формируется зона растягивающих напряжений, а за зубным рядом с наружной (щечной) стороны — зона сжимающих напряжений. На внутренней поверхности ПСЗП, как и в других рассмотренных случаях, напряжения локализуются по границе области закрепления базиса в местах его перегиба, где и начинается разрушение.

На представленных разрезах ПСЗП видны зазоры между каркасом и базисом, образующиеся из-за изгиба. Как и в предыдущем случае, зазоры возникают в одних и тех же местах, но в случае каркаса II-ЛХ они меньше или отсутствуют. В этом заключается отличие от каркаса I, что обусловлено тем, что площадь каркаса II-ЛХ меньше, и поэтому она только частично оказывает сопротивление изгибу базиса, возникающему на альвеолярной его части. По этой причине эта область меньше деформируется при отслоении каркаса от базиса.

Сжимающие напряжения на каркасе I-ЛХ больше, чем на каркасе II-ЛХ при меньшей несущей способности ПСЗП. В случае каркаса II-ЛХ видно (рис. 7), что они максимальны в области перфорации, а в случае

каркаса I-ЛХ — в области креплений «ласточкин хвост» и отверстий, являющихся концентраторами напряжений. Как и в предыдущих случаях, концентрация напряжений в этих областях усиливается за счет их попадания в область изгиба базиса, возникающего по периферии (периметру) его закрепления. По этой причине слабая адгезия, перфорация и области крепления частично нивелируют влияние каркаса на прочность базиса.

С целью сравнения НДС протеза при армировании каркасом I-ЛХ с креплением «ласточкин хвост» (рис. 7) и без него (каркас I-ЛХ) на рис. 8 приведено распределение максимальных главных напряжений в протезе при варианте нагружения № 3; результаты приведены при уровне нагрузке — 14,6 Н, как и на рис. 7 для каркаса I-ЛХ.

При сравнении распределений максимальных главных напряжений (см. разрезы по плоскости XZ на рис. 7 и 8) при армировании каркасом I видно, что форма базиса с креплением «ласточкин хвост» (I-ЛХ) при одной и той же нагрузке искажена сильнее при наличии такого крепления, чем без него (I). Видно, что расслоение между каркасом и базисом больше в случае каркаса I без такого крепления (см. рис. 8) и, соответственно, напряжения в базисе и в каркасе меньше. При наличии крепления «ласточкин хвост», наоборот, отслоение проявляется в меньшей степени, а напряжения выше.

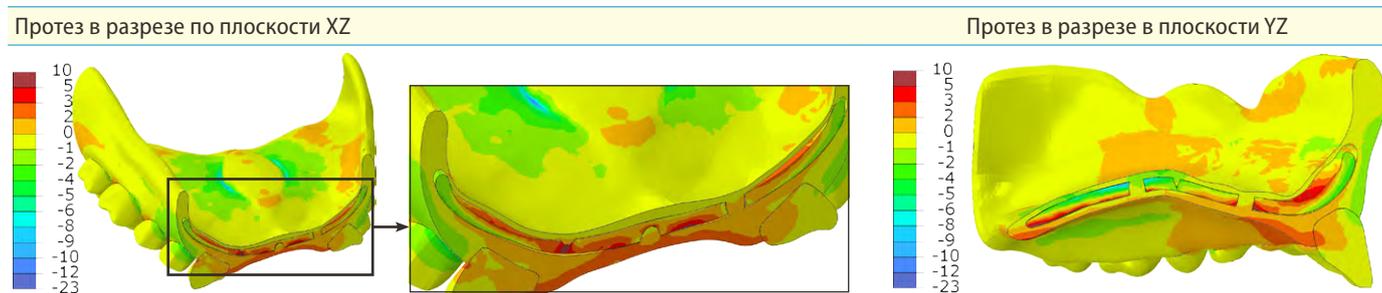


Рис. 8. Распределение максимальных главных напряжений в протезе (МПа) при варианте нагружения № 3; протез с каркасом I; (масштабный коэффициент визуализации деформации 50:1); нагрузка 14,6 Н

Fig. 8. Distribution of maximum main stresses in the prosthesis (MPa) under loading option No. 3; prosthesis with frame I; (scale coefficient of deformation visualization 50:1); load 14.6 N

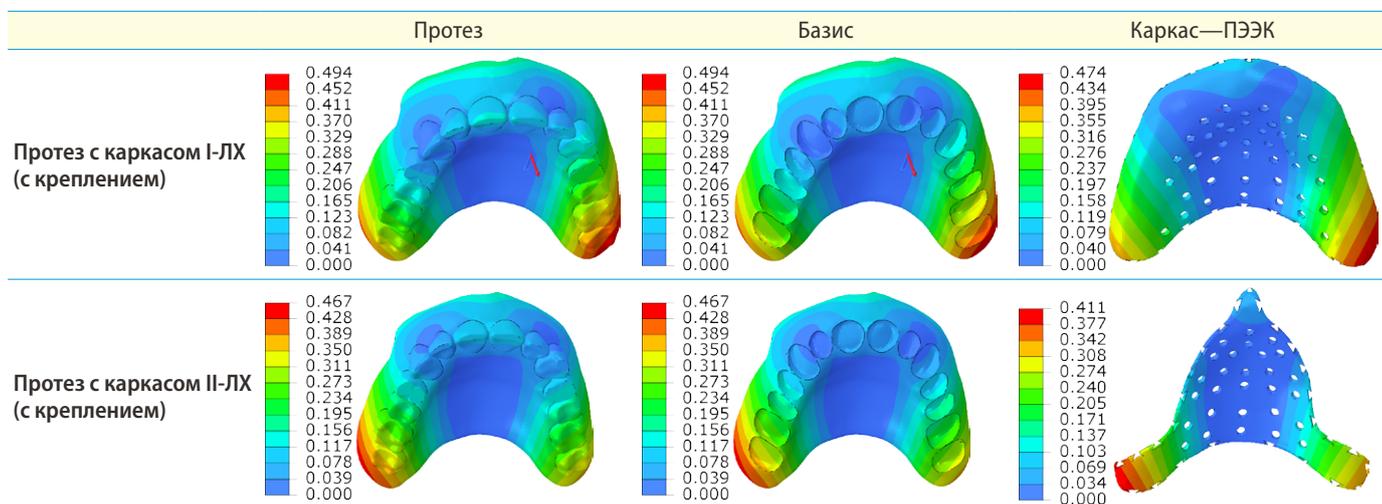


Рис. 9. Распределение максимальных перемещений в ПСЗП (мм) при варианте нагружения № 3 (14,6 Н) в протезе с каркасом I-ЛХ и II-ЛХ (с креплением «ласточкин хвост») при минимальной адгезии

Fig. 9. Distribution of maximum displacements in the hybrid CRD (mm) with loading options No. 3 (14.6 N) in a prosthesis with a frame I-DT and II-DT (with dovetail fasteners) with minimal adhesion

По этой причине наступление предельных сжимающих напряжений происходит при меньшей нагрузке.

При сравнении максимальных перемещений в ПСЗП при одной и той же нагрузке на один зуб 14,6 Н для протезов, армированных каркасами I-ЛХ и II-ЛХ (с креплением «ласточкин хвост») (рис. 9), видно, что перемещения во всех частях протеза в случае армированием каркаса II-ЛХ меньше, чем в случае каркаса I-ЛХ.

Из рассмотренных случаев распределения максимальных главных напряжений видно, что вследствие перегиба базиса максимальные растягивающие напряжения сосредоточены на внутренней поверхности базиса, а сжимающие — на наружной. Усиление напряжений на наружной поверхности протеза за счет условий его крепления, которые вызывают концентрацию напряжений, приводит к тому, что разрушение начинается в этой области базиса или в выемках под тяжи, а его причиной является действие сжимающих напряжений.

Таким образом, показано, что при некоторых нагрузках несущая способность протеза снижается вследствие использования каркаса I за счет перегиба базиса и отслоения от него каркаса в области перегиба. В то же время использование каркаса II не снижает несущей способности базиса при минимальной адгезии. Это обусловлено тем, что меньшая площадь каркаса (преимущественно сосредоточенная в небной области) не попадает в зону альвеолярного отростка. Именно в последней имеет место изгиб базиса при развороте зубов. Вследствие этого происходят увеличение напряжений в этой области, отслоение каркаса от базиса, и, наконец, деформация последнего.

Наличие крепления «ласточкин хвост» на каркасе II-ЛХ не оказывает влияния на несущую способность ПСЗП. В случае каркаса I-ЛХ наличие такого крепления повысило несущую способность до ~10% в первом случае нагружения, но снизило ее до ~10% в случае схемы нагружения № 3. Как было показано выше, это вызвано перераспределением напряжений в базисе, что повлияло на изменение его формы. При идеальной адгезии место подобного крепления является дополнительным концентратором напряжений, и в ряде случаев незначительно снижает несущую способность базиса на ~1—2% (в пределах ошибки вычислений).

Исходя из полученных результатов очевидно, что увеличением уровня адгезии каркаса к базису можно повысить несущую способность ПСЗП. Кроме этого,

ее можно повысить увеличением модуля упругости каркаса, за счет повышения его жесткости и, соответственно, сопротивления деформации.

Ниже приведена оценка влияния свойств армирующего каркаса и уровня его адгезии к базису на несущую способность протеза.

Чтобы оценить величины уровня адгезии и модуля упругости, требуемые для заметного повышения несущей способности каркасов I и II, были проведены прибросочные расчеты с уровнем адгезии каркаса к базису 30 МПа и модулем упругости каркаса 20 ГПа (в таблице). Такой уровень модуля упругости может быть достигнут, например, при армировании ПЭЭК стекловолоконной тканью.

Несущая способность базиса, армированного каркасами I и II, при увеличении уровня адгезии до 30 МПа больше, чем у неармированного базиса ~10% (за исключением каркаса I-ЛХ), а в случае повышения модуля упругости каркасов до 20 ГПа она на 35% выше, чем при более низком модуле упругости каркасов и минимальной адгезии.

Таким образом, полученные результаты показывают перспективность использования формы каркаса II для повышения несущей способности ПСЗП в случае материала каркаса из ПЭЭК при высоком уровне адгезии, например за счет использования адгезива. Также эффективным является обеспечение более высокого модуля упругости материала каркаса относительного чистого ПЭЭК (например, за счет армирования стекловолоконной тканью), даже при слабой адгезии между компонентами ПСЗП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ напряженного состояния ПСЗП на основе численного моделирования показал, что несущая способность армированного базиса ПСЗП зависит одновременно от трех взаимосвязанных параметров каркаса: его формы, материала и уровня его адгезии к базису. Кроме этих параметров, она также зависит от формы протезного ложа и его механических характеристик, их влияние будет исследовано в последующих работах.

Установлено, что при идеальной адгезии между ПЭЭК-каркасом и базисом предпочтительной является первоначальная форма каркаса (I), которая повышает несущую способность ПСЗП от ~15 до 25%

по сравнению с использованием неармированного базиса, а в случае трехлепестковой формы каркаса (II) несущая способность ПСЗП повышается от ~от 5 до 15%.

Показано, что при минимальной адгезии каркаса к базису (0,1 МПа) обе формы каркаса отслаиваются от базиса, что снижает несущую способность ПСЗП по сравнению со случаем идеальной адгезии базиса с каркасом. Установлено, что армирование базиса ПЭЭК-каркасом с трехлепестковой формой (каркас II) при его

Несущая способность армированного базиса ПСЗП в варианте нагружения № 1

Bearing capacity of the reinforced hybrid CRD base in loading option No. 1

Свойства модели	Каркас I	Каркас I-ЛХ	Каркас II	Каркас II-ЛХ
Минимальная адгезия 0,1 МПа, Н (модуль упругости каркаса 3,8 ГПа)	18,2	14,6	17,6	17,6
Уровень напряжений отрыва 30 МПа, Н (модуль упругости каркаса 3,8 ГПа)	18,8	16,4	18,4	18,6
Идеальная адгезия, Н (модуль упругости каркаса 3,8 ГПа)	19,2	19,2	18,4	18,8
Минимальная адгезия 0,1 МПа, Н (модуль упругости каркаса 20 ГПа)	23,3	22,4	23,0	23,0

Примечание. Несущая способность базиса без армирования равна 17,1 Н.

минимальной адгезии к базису не снижает несущую способность протеза и повышает ее при некоторых вариантах нагружения ~до 5%, в отличие от первоначальной формы каркаса (I), которая при минимальной адгезии снижает несущую способность протеза от ~15 до 25%. Это ограничивает ее применение (при условии слабой адгезии между ПЭЭК и ПММА) и делает более перспективным в этом случае ПЭЭК-каркас с трехлепестковой формой (каркас II).

Анализ НДС ПСЗП показал, что нагружение зубов по исследованным схемам вызывает их разворот и изгиб базиса и, как следствие, отслоение от него каркаса. По причине возникающего перегиба базиса максимальные растягивающие напряжения сосредоточены на его внутренней поверхности, а сжимающие — на наружной. Дополнительное развитие напряжений на наружной поверхности протеза за счет условий его крепления приводит к концентрации сжимающих напряжений, что вызывает разрушение в этих местах.

Показано, что за счет большей площади поверхности каркас I больше изгибается; это обуславливает большую площадь его отслоения от базиса по сравнению с каркасом II, что способствует большей деформации базиса. По этой причине при минимальной адгезии между ПММА и ПЭЭК целесообразно использовать трехлепестковую форму каркаса (II) совместно с креплением «ласточкин хвост» (II-ЛХ), что позволяет уменьшить площадь отслоения каркаса от базиса.

Показано, что при идеальной адгезии наличие крепления «ласточкин хвост» на ПЭЭК каркасе практически не влияет на несущую способность протеза. При минимальной адгезии его наличие на первоначальном каркасе (I-ЛХ) повышает несущую способность протеза на 10% по сравнению с его отсутствием для схемы

нагружения № 1, а для схемы № 3 снижает ее на 10%, за счет отслоения каркаса и искажения формы базиса. По этой причине при минимальной адгезии крепление «ласточкин хвост» для первоначальной формы каркаса (I-ЛХ) использовать нецелесообразно. При этом наличие крепления «ласточкин хвост» на трехлепестковом каркасе (II-ЛХ) при минимальной адгезии не влияет на несущую способность базиса.

Показано, что расположение отверстий (перфорации) и креплений «ласточкин хвост» в области перегиба протеза стимулирует отслоение и изгиб базиса, что также уменьшает несущую способность протеза, армированного каркасом I-ЛХ.

Показано, что с увеличением уровня адгезии до 30 МПа при минимальной адгезии несущая способность протеза при армировании каркасами I и II возрастает на ~10% по сравнению с отсутствием армирования, и в случае каркаса II достигает значений, как при идеальной адгезии. При увеличении модуля упругости материала каркаса до 20 ГПа она увеличивается на ~35% при минимальной адгезии. Определение необходимого уровня адгезии для разных форм армирующего каркаса при разных вариантах нагружения является темой для продолжения данного исследования.

Таким образом, показано, что в рамках разработанных моделей анализ напряженного состояния ПСЗП на основе численного моделирования позволяет выявить причины, влияющие на изменение несущей способности базиса протеза и сделать выбор необходимых параметров: формы каркаса, его материала и использования стоматологического адгезива.

Поступила/Received: 10.01.2026

Принята в печать/Accepted: 13.03.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Gu D., et al. Major trends in population growth around the world. — *China CDC Wkly.* — 2021; 3 (28): 604—613. [PMID: 34594946](#)
2. Муртазаев Р.И. Возможности ортопедического лечения имплантационными замещающими конструкциями при полной потере зубов. — *Медицина и образование.* — 2020; 2 (6): 46. [eLibrary ID: 46166026](#)
3. GBD 2021 Oral Disorders Collaborators. Trends in the global, regional, and national burden of oral conditions from 1990 to 2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. — *Lancet.* — 2025; 405 (10482): 897—910. [PMID: 40024264](#)
4. Benzan H., Beltrán-Aguilar E. The global burden of oral diseases: stronger data for stronger action. — *Lancet.* — 2025; 405 (10482): 868—869. [PMID: 40089365](#)
5. Арутюнов С.Д., Афанасьева В.В., Степанов А.Г., Грачев Д.И. Клиническое применение усовершенствованной методики реставрации съемных пластиночных зубных протезов после поломки. — *Современные проблемы науки и образования.* — 2016; 1: 26. [eLibrary ID: 25509273](#)
6. Фролова Е.В., Турушева А.В., Трезубов В.Н., Розов Р.А., Кабанов М.Ю., Гветадзе Р.Ш., Арутюнов С.Д. Здоровое старение и состояние полости рта. — *Российский семейный врач.* — 2023; 1: 5—14. [eLibrary ID: 51286749](#)
7. Arakawa I., Al-Haj Husain N., Srinivasan M., Maniewicz S., Abou-Ayash S., Schimmel M. Clinical outcomes and costs of conventional and digital complete dentures in a university clinic: A retrospective study. — *J Prosthet Dent.* — 2022; 128 (3): 390—395. [PMID: 33610329](#)

REFERENCES:

1. Gu D., Andreev K., Dupre M.E. Major trends in population growth around the world. *China CDC Wkly.* 2021; 3 (28): 604—613. [PMID: 34594946](#)
2. Murtazaev R.I. The potential of orthopedic treatment using implant-supported prosthetic restorations in cases of complete tooth loss. *Medicine and Education.* 2020; 2 (6): 46 (In Russian). [eLibrary ID: 46166026](#)
3. GBD 2021 Oral Disorders Collaborators. Trends in the global, regional, and national burden of oral conditions from 1990 to 2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet.* 2025; 405 (10482): 897—910. [PMID: 40024264](#)
4. Benzan H., Beltrán-Aguilar E. The global burden of oral diseases: stronger data for stronger action. *Lancet.* 2025; 405 (10482): 868—869. [PMID: 40089365](#)
5. Arutyunov S.D., Afanaseva V.V., Stepanov A.G., Grachev D.I. Clinical application of advanced techniques of restoration removable plate dentures after failure. *Modern Problems of Science and Education.* 2016; 1: 26 (In Russian). [eLibrary ID: 25509273](#)
6. Frolova E.V., Turusheva A.V., Trezubov V.N., Rozov R.A., Kabanov M.Y., Gvetadze R.S., Arutyunov S.D. Healthy aging and oral health. *Russian Family Doctor.* 2023; 1: 5—14 (In Russian). [DOI: 10.17816/RFD312945](#)
7. Arakawa I., Al-Haj Husain N., Srinivasan M., Maniewicz S., Abou-Ayash S., Schimmel M. Clinical outcomes and costs of conventional and digital complete dentures in a university clinic: A retrospective study. *J Prosthet Dent.* 2022; 128 (3): 390—395. [PMID: 33610329](#)

8. Афанасьева В.В., Лебеденко И.Ю., Грачев Д.И., Арутюнов С.Д. Повышение эффективности реставрации съемных пластиночных зубных протезов после поломки. — *Российский стоматологический журнал*. — 2014; 5: 4—6. [eLibrary ID: 22512487](#)
9. Ахметов Е.М., Федоров В.Е., Бухкамер Н.Ю., Ахметов С.Е., Баранчук И.Ю., Токарев К.Н., Штоль А.И., Степаненко Е.В., Когут Н.Н., Семенов В.М. Причины обращений пациентов за реставрациями съемных зубных протезов в период гарантийного срока. — *Институт стоматологии*. — 2019; 2 (83): 32—35. [eLibrary ID: 39184693](#)
10. Грязева Н.А. Улучшение физико-механических свойств базисов съемных пластиночных протезов путем введения высокомолекулярных арамидных нитей: дис. ... к.м.н. — М.: ЦНИИС, 2004. — 72 с.
11. Somani M.V., Khandelwal M., Punia V., Sharma V. The effect of incorporating various reinforcement materials on flexural strength and impact strength of polymethylmethacrylate: A meta-analysis. — *J Indian Prosthodont Soc*. — 2019; 19 (2): 101—112. [PMID: 31040543](#)
12. Zafar M.S. Prosthodontic applications of polymethyl methacrylate (PMMA): An update. — *Polymers (Basel)*. — 2020; 12 (10): 2299. [PMID: 33049984](#)
13. Карасева В.В. Применение армирующей кварцевой сетки для профилактики переломов базисов пластиночных съемных протезов у пациентов со сквозными дефектами твердого неба. — *Проблемы стоматологии*. — 2015; 5—6: 47—53. [eLibrary ID: 24817468](#)
14. Murthy H.B., Shaik S., Sachdeva H., Khare S., Haralur S.B., Roopa K.T. Effect of reinforcement using stainless steel mesh, glass fibers, and polyethylene on the impact strength of heat cure denture base resin — An in vitro study. — *J Int Oral Health*. — 2015; 7 (6): 71—9. [PMID: 26124604](#)
15. Rana M.H., et al. Influence of dental glass fibers and orthopedic mesh on the failure loads of polymethyl methacrylate denture base resin. — *Polymers (Basel)*. — 2021; 13 (16): 2793. [PMID: 34451331](#)
16. John J., Gangadhar S.A., Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. — *J Prosthet Dent*. — 2001; 86 (4): 424—7. [PMID: 11677538](#)
17. Арутюнов С.Д., Грачев Д.И., Мартыненко А.В. Медико-социальная работа с лицами пожилого и старческого возраста с полной утратой зубов. — *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. — 2021; 3: 509—513. [eLibrary ID: 46230510](#)
18. Ito K., et al. Individual- and community-level social gradients of edentulousness. — *BMC Oral Health*. — 2015; 15: 34. [PMID: 25884467](#)
19. Ghanbari-Jahromi M., Bastani P., Jalali F.S., Delavari S. Factors affecting oral and dental services' utilization among elderly: a scoping review. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 597. [PMID: 37635217](#)
20. Porfiriev B.N., Shirov A.A., Yanushevich O.O., Grachev D.I., Polzikov D.A., Zolotnitskii I.V., Arutyunov S.D. Development of subsidized prosthodontic care: Socio-economic problems and opportunities. — *Studies on Russian Economic Development*. — 2023; 1: 68—76. [DOI: 10.1134/S1075700723010161](#)
21. Akhmedov K., Arutyunov D., Lomakin M., Bochkareva S., Panov I., Panin S., Mustafaev M., Mustafaeva S. Application of perforated PEEK framework for improving strength of a bases of removable complete denture for maxilla. — *Frattura ed Integrita Strutturale*. — 2025; 72: 280—294. [DOI: 10.3221/IGF-ESIS.72.20](#)
22. Арутюнов С.Д. Каркас для армирования базиса полного съемного зубного протеза. — Патент RU № 238420, действ. с 25.10.25.
23. Chizhnikov E.A., Arutyunov A.S., Muslov S.A., Bochkareva S.A., Panov I.L., Akhmedov G.D., Buslovich D.G., Panin S.V., Arutyunov S.D. Application of polyethylene terephthalate as a denture base material for manufacturing temporary removable complete dentures. — *Mechanics of Composite Materials*. — 2024; 2: 227—242. [DOI: 10.1007/s11029-024-10186-2](#)
24. Grachev D.I., Chizhnikov E.A., Stepanov D.Y., Buslovich D.G., Khulaev I.V., Deshev A.V., Kirakosyan L.G., Arutyunov A.S., Kardanova S.Y., Panin K.S., Panin S.V. Dental material selection for the additive manufacturing of removable complete dentures (RCD). — *Int J Mol Sci*. — 2023; 24 (7): 6432. [PMID: 37047405](#)
8. Afanas'eva V.V., Lebedenko I.Y., Grachev D.I., Arutyunov S.D. Improving the efficiency of restoration removable plate dentures after the failure. *Russian Journal of Dentistry*. 2014; 5: 4—6 (In Russian). [eLibrary ID: 22512487](#)
9. Ahmetov E.M., Fedorov V.E., Buhkamer N.Y., Ahmetov S.E., Baranchuk I.Y., Tokarev K.N., Shtol A.I., Stepanenko E.V., Kogut N.N., Semenyuk V.M. The reasons for the patient's treatment for the restoration of removable dentures during the warranty period. *The Dental Institute*. 2019; 2 (83): 32—35 (In Russian). [eLibrary ID: 39184693](#)
10. Gryazeva N.A. Improvement of the physical and mechanical properties of the bases of removable plate prostheses by introducing high-modulus aramid threads: master's thesis. Moscow: Central Research Institute of Dentistry, 2004. 72 p. (In Russian).
11. Somani M.V., Khandelwal M., Punia V., Sharma V. The effect of incorporating various reinforcement materials on flexural strength and impact strength of polymethylmethacrylate: A meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. 2019; 19 (2): 101—112. [PMID: 31040543](#)
12. Zafar M.S. Prosthodontic applications of polymethyl methacrylate (PMMA): An update. *Polymers (Basel)*. 2020; 12 (10): 2299. [PMID: 33049984](#)
13. Karaseva V.V. Reinforcing quartz mesh applications for prophylaxis of fractures of bases of laminar removable dentures for patients with perforating defects of the palate. *Actual Problems in Dentistry*. 2015; 5—6: 47—53 (In Russian). [eLibrary ID: 24817468](#)
14. Murthy H.B., Shaik S., Sachdeva H., Khare S., Haralur S.B., Roopa K.T. Effect of reinforcement using stainless steel mesh, glass fibers, and polyethylene on the impact strength of heat cure denture base resin An in vitro study. *J Int Oral Health*. 2015; 7 (6): 71—9. [PMID: 26124604](#)
15. Rana M.H., Shaik S., Hameed M.S., Al-Saleh S., AlHamdan E.M., Alshahrani A., Alqahtani A., Albaqawi A.H., Vohra F., Abduljabbar T. Influence of dental glass fibers and orthopedic mesh on the failure loads of polymethyl methacrylate denture base resin. *Polymers (Basel)*. 2021; 13 (16): 2793. [PMID: 34451331](#)
16. John J., Gangadhar S.A., Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. *J Prosthet Dent*. 2001; 86 (4): 424—7. [PMID: 11677538](#)
17. Arutyunov S.D., Grachev D.I., Martynenko A.V. The medical social work with individuals of elderly and senile age with total loss of teeth. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2021; 3: 509—513 (In Russian). [eLibrary ID: 46230510](#)
18. Ito K., Aida J., Yamamoto T., Ohtsuka R., Nakade M., Suzuki K., Kondo K., Osaka K., JAGES Group. Individual- and community-level social gradients of edentulousness. *BMC Oral Health*. 2015; 15: 34. [PMID: 25884467](#)
19. Ghanbari-Jahromi M., Bastani P., Jalali F.S., Delavari S. Factors affecting oral and dental services' utilization among elderly: a scoping review. *BMC Oral Health*. 2023; 23 (1): 597. [PMID: 37635217](#)
20. Porfiriev B.N., Shirov A.A., Yanushevich O.O., Grachev D.I., Polzikov D.A., Zolotnitskii I.V., Arutyunov S.D. Development of subsidized prosthodontic care: Socio-economic problems and opportunities. *Studies on Russian Economic Development*. 2023; 1: 68—76. [DOI: 10.1134/S1075700723010161](#)
21. Akhmedov K., Arutyunov D., Lomakin M., Bochkareva S., Panov I., Panin S., Mustafaev M., Mustafaeva S. Application of perforated PEEK framework for improving strength of a bases of removable complete denture for maxilla. *Frattura ed Integrita Strutturale*. 2025; 72: 280—294. [DOI: 10.3221/IGF-ESIS.72.20](#)
22. Arutyunov S.D. A frame for reinforcing the base of a complete removable denture. Patent RU № 238420, effective from 25.10.25 (In Russian).
23. Chizhnikov E.A., Arutyunov A.S., Muslov S.A., Bochkareva S.A., Panov I.L., Akhmedov G.D., Buslovich D.G., Panin S.V., Arutyunov S.D. Application of polyethylene terephthalate as a denture base material for manufacturing temporary removable complete dentures. *Mechanics of Composite Materials*. 2024; 2: 227—242. [DOI: 10.1007/s11029-024-10186-2](#)
24. Grachev D.I., Chizhnikov E.A., Stepanov D.Y., Buslovich D.G., Khulaev I.V., Deshev A.V., Kirakosyan L.G., Arutyunov A.S., Kardanova S.Y., Panin K.S., Panin S.V. Dental material selection for the additive manufacturing of removable complete dentures (RCD). *Int J Mol Sci*. 2023; 24 (7): 6432. [PMID: 37047405](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_72

[А.Н. Ряховский](#)¹,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой цифровой стоматологии

[К.Д. Алтынбеков](#)²,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии

[Т.Б. Рузуддинов](#)²,

к.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии детского возраста

¹ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, 129110, Москва, Россия² КазНМУ, 050000, Алма-Ата, Казахстан

Контроль реконструктивного прикуса при несъемном тотальном протезировании: клинический случай

Аннотация. Цель — на примере клинического случая продемонстрировать пригодность окклюзионного шаблона для контроля центрального соотношения (ЦС) зубных рядов при несъемном тотальном протезировании. Для пациентки с жалобами на неудобство смыкания зубных рядов, неравномерность контактов зубов на основе данных внутриворотного сканирования зубных рядов и КЛКТ в программе Avantis3D (Россия) был создан виртуальный проект цифрового двойника пациентки. Проведен цифровой 3D-анализ ВНЧС, окклюзионный анализ, скорректировано положение НЧ, спроектирован и методом 3D-печати изготовлен окклюзионный шаблон. Применение окклюзионного шаблона позволило выявить супраконтакты, вызывающие рефлекторное смещение НЧ из положения ЦС. Избирательное пришлифовывание имеющихся супраконтактов с применением окклюзионного шаблона позволило вернуть НЧ в положение ЦС, обеспечить множественные окклюзионные контакты и устранить имеющиеся жалобы. **Заключение.** Окклюзионный шаблон является надежным инструментом контроля ЦС в условиях, когда другие средства такого контроля отсутствуют.

Ключевые слова: окклюзионный шаблон, центральное соотношение, 3D-анализ ВНЧС, 3D-анализ окклюзии

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ряховский А.Н., Алтынбеков К.Д., Рузуддинов Т.Б. Контроль реконструктивного прикуса при несъемном тотальном протезировании: клинический случай. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 72—75. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_72

[A.N. Ryakhovsky](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Digital dentistry Department

[K.D. Altynbekov](#)²,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics Department

[T.B. Ruzuddinov](#)²,

PhD in Medical Sciences, associate professor and head of the Pediatric dentistry Department

¹ Moscow Regional Research Clinical Institute (MONIKI), 129110, Moscow, Russia² Asfendiyarov Kazakh National Medical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

Bite control of total fixed prosthetics: a clinical case

Annotation. Using the example of a clinical case, demonstrate the suitability of an occlusal guide for the central relation (CR) control during fixed total prosthetics. For a patient complaining on the inconvenience and uneven occlusal contacts, a virtual patient's digital "twin" was created in Avantis3D software (Russia) using intraoral dental scans and CBCT. 3D digital TMJ and occlusal analysis were performed, the position of the LJ was adjusted, and an occlusal template was designed and manufactured using 3D printing. The use of an occlusal guide made it possible to identify supracontacts that cause LJ displacement from the CR position. Selective grinding of existing supracontacts using an occlusal guide made it possible to return LJ to the CR position, provide multiple occlusal contacts, and eliminate existing complaints. **Conclusion.** The occlusal guide can be a reliable tool for CR control in conditions where other means of such a control are not available.

Key words: occlusal guide, central relation, 3D TMJ analysis, 3D occlusion analysis

FOR CITATION:

Ryakhovsky A.N., Altynbekov K.D., Ruzuddinov T.B. Bite control of total fixed prosthetics: a clinical case. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 72—75 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_72

ВВЕДЕНИЕ

Ошибки при определении положения центрального соотношения (ЦС) зубных рядов, а также при воспроизведении этого положения на готовых несъемных конструкциях могут стать причиной развития дисфункции височного нижнечелюстного сустава (ВНЧС) [1].

После определения врачом ЦС любым доступным ему способом необходимо в точности перенести это положение в лаборатории на аналоговое устройство (артикулятор), поскольку окклюзионная поверхность несъемных протезных конструкций пока еще в большинстве случаев создается ручным способом (например, нанесение керамической облицовки) [2].

Известно множество различных способов воспроизведения в условиях зуботехнической лаборатории клинически заданного положения ЦС по схеме: аналог—аналог (традиционное гипсование по регистрам прикуса), аналог—цифра (клиническое задание ЦС, сканирование зубных рядов и их соотношения), цифра—аналог (печать регистратов прикуса, гипсование моделей через регистраты) или цифра—цифра (виртуальное задание позиции НЧ) [2—4]. Однако ни один из известных способов не может полностью гарантировать идеальную точность. Любая возможная неточность приведет к возникновению нежелательных супраконтактов, при встрече с которыми нижняя челюсть рефлекторно смещается в поисках более устойчивого положения, тем самым нарушая искомое положение ЦС.

Поэтому такие нарушения зачастую остаются незамеченными врачом при припасовке несъемных конструкций, а после их постоянной фиксации это может привести к последующему развитию дисфункции ВНЧС.

Мы предлагаем достаточно надежный и эффективный способ контроля положения ЦС, который предлагаем рассмотреть на примере клинического случая.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациентка В., 48 лет, обратилась в клинику с жалобами на несостоятельность имеющихся во рту протезных конструкций, которыми она пользовалась уже более 20 лет (рис. 1).

У пациентки отмечались выраженная стираемость нижних естественных зубов и, как результат, снижение высоты прикуса с дистальным смещением нижней челюсти (НЧ). После подготовки пациентки к ортопедическому лечению, которое выражалось в профессиональной гигиене, снятии старых протезных конструкций, ревизии опорных зубов, удаления некоторых зубов из-за осложнений кариеса, имплантации в области дефектов зубных рядов, пациентке выполнено определение ЦС челюстей, в котором спроектированы и изготовлены несъемные конструкции (рис. 2).

Припасовка протезных конструкций была выполнена лечащим врачом традиционным способом с применением артикуляционной бумаги, выявляя и шлифуя супраконтакты. При этом у пациентки оставались жалобы на недостаточную и неодинаковую плотность контактов справа и слева. По итогу, после множественных коррекций конструкции были зафиксированы на постоянный цемент.

Через некоторое время пациентка повторно обратилась в клинику с жалобами на неудобство и неравномерные контакты при смыкании зубов. При осмотре протезных конструкций на керамике были видны множественные следы шлифования. При смыкании зубных рядов артикуляционная бумага удерживалась достаточно хорошо с обеих сторон.

На основании данных компьютерной томографии (КТ) в положении множественного контакта зубных рядов и данных внутриротового

сканирования был построен виртуальный двойник пациента. Численный 3D-анализ ВНЧС показал, что головки НЧ занимают асимметричное положение, хотя визуально при просмотре срединного сечения заметной разницы справа и слева не отмечалось (рис. 3).

При виртуальном задании позиции ЦС правая головка НЧ смещалась по сагиттальному суставному



Рис. 1. Исходная клиническая ситуация

Fig. 1. Initial clinical situation



Рис. 2. Несъемные конструкции в реконструктивном прикусе

Fig. 2. Fixed dentures in reconstructive occlusion

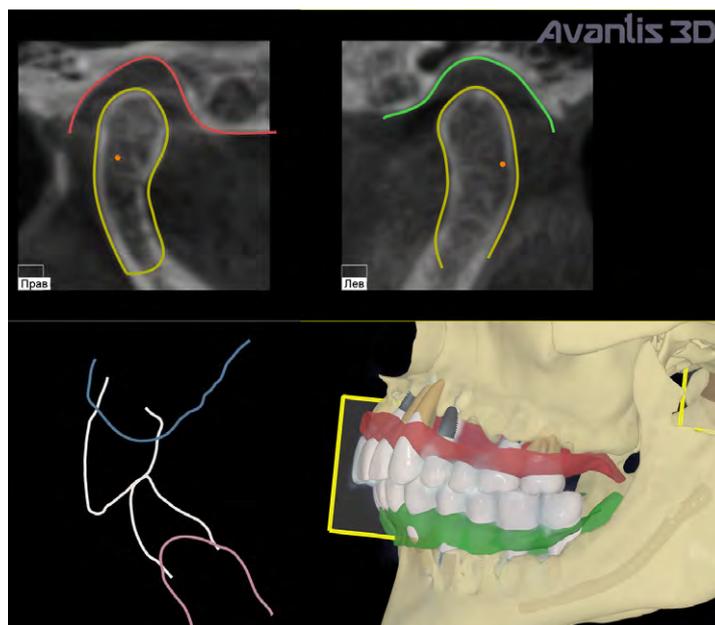


Рис. 3. 3D-анализ ВНЧС

Fig. 3. TMJ 3D analysis

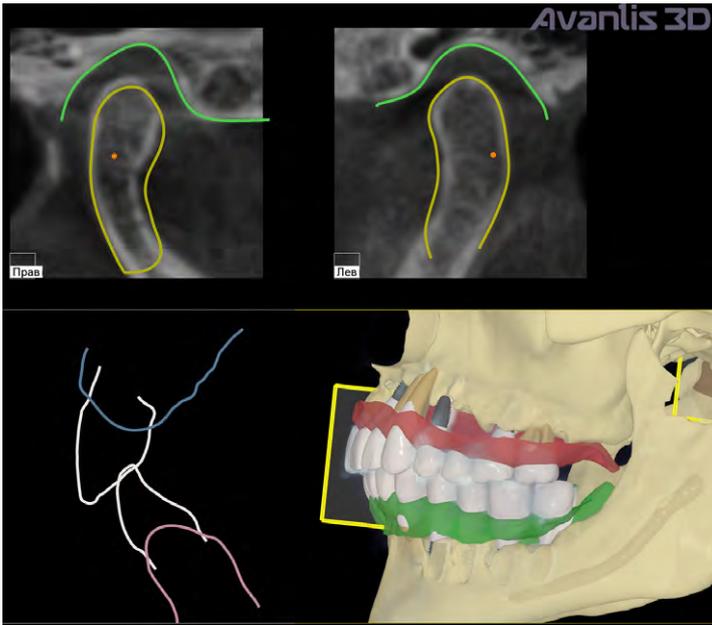


Рис. 4. Виртуальное задание положения ЦС
Fig. 4. Virtual LJ positioning in Central Relation

	Ось X (Трансверсальная)	Ось Y (Сагиттальная)	Ось Z (Вертикальная)
Смещение левого мыщелка	0.0 мм	0.3 мм	0.3 мм
Смещение правого мыщелка	0.0 мм	0.4 мм	1.0 мм
Поворот вокруг межмыщелковой оси	-0.5 град		
Перемещение точек на шарнирной оси (расстояния 110.0 мм)			
Левая сторона	0.0 мм	0.2 мм	0.3 мм
Правая сторона	0.0 мм	0.4 мм	1.1 мм

	Привычная окклюзия			Центральное соотношение		
	Ширина суставной щели, мм			Ширина суставной щели, мм		
	Передний отдел	Верхний отдел	Задний отдел	Передний отдел	Верхний отдел	Задний отдел
Левый	2.8 ± 0.77 (1.5—5.0)	3.1 ± 0.76 (1.6—5.0)	3.4 ± 0.28 (2.8—3.9)	2.8 ± 0.77 (1.4—4.7)	3.4 ± 0.79 (1.7—5.2)	3.7 ± 0.26 (3.2—4.1)
Правый	3.5 ± 0.98 (2.3—5.9)	2.4 ± 0.58 (1.5—3.4)	2.5 ± 0.59 (1.5—3.0)	3.6 ± 0.99 (2.4—5.9)	3.2 ± 0.52 (2.4—4.0)	3.7 ± 0.05 (3.6—3.8)
Норма	2.4—4.7	2.4—3.7	2.6—3.8	2.4—4.7	2.4—3.7	2.6—3.8

Рис. 5. Численный анализ ширины суставной щели свидетельствует о нормализации показателей в заданном положении ЦС
Fig. 5. Numerical analysis of the joint space width indicates normalization of the parameters in a given position of Central Relation

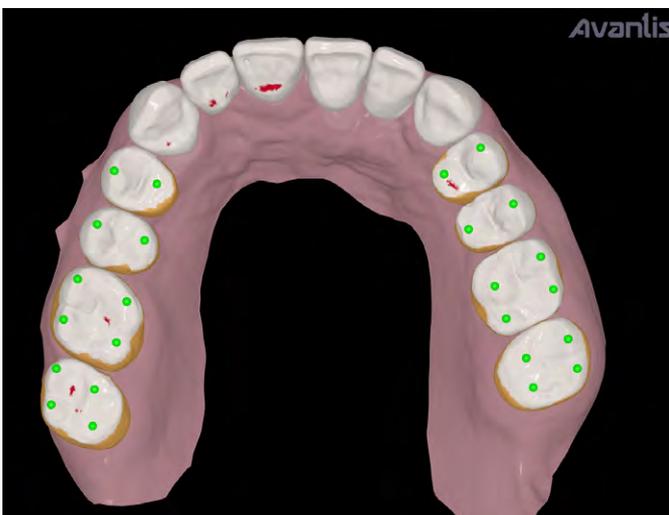


Рис. 6. Цифровой окклюзионный анализ в положении ЦС указывает на отсутствие множественных контактов и наличие супраконтакта в области 1.1 зуба
Fig. 6. Digital occlusion analysis in Central Relation indicates the absence of multiple contacts and the presence of supracontact in the area of tooth 1.1

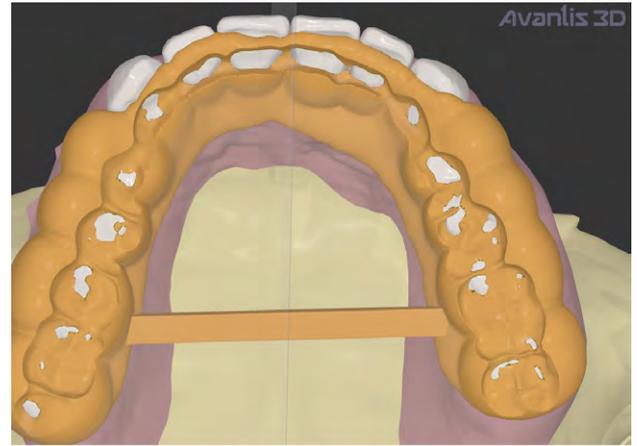


Рис. 7. Окклюзионный шаблон открывает участки зубного ряда, на которых должны быть проведены контроль и коррекция супраконтактов
Fig. 7. The occlusal guide reveals the areas of the dental arch where control and correction of supracontacts should be carried out

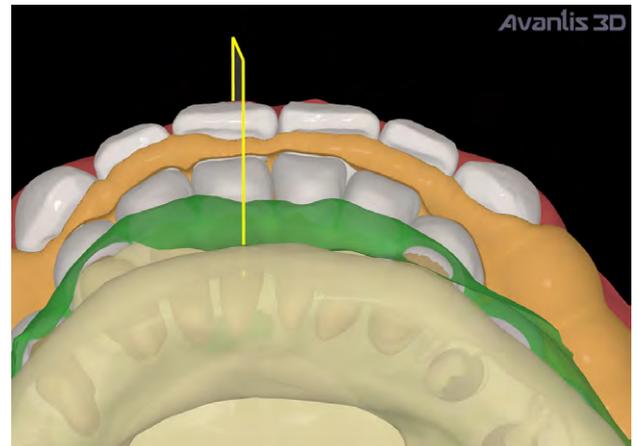


Рис. 8. Шаблон обеспечивает искомое положение НЧ при смыкании зубных рядов
Fig. 9. The guide ensures the desired position of the lower jaw when the dental arches are closed

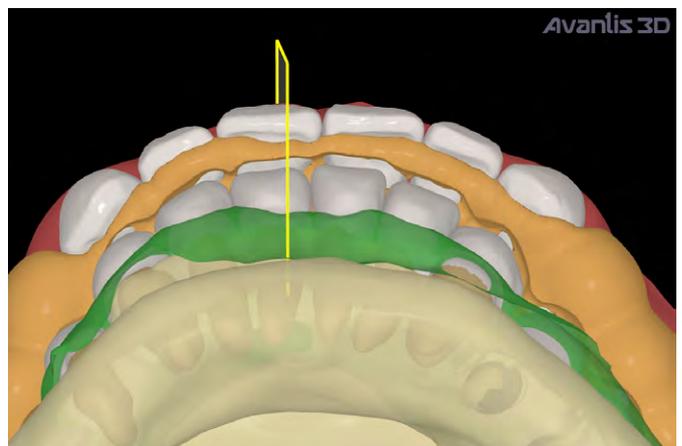


Рис. 9. Текущее положение НЧ в привычной окклюзии по отношению к окклюзионному шаблону
Fig. 9. Current position of the LJ in habitual occlusion in relation to the occlusal guide



Рис. 10. Шаблон устанавливает НЧ в искомое положение ЦС, обозначая имеющийся супраконтакт

Fig. 10. The guide sets the LJ to the desired position of the Central Relation, indicating on the existing supracontact

пути, и положение головок становилось симметричным (рис. 4, 5). При этом отмечались супраконтакт в области зуба 1.1 (рис. 6) и дефицит контактов во втором квадранте зубного ряда.

В виртуально заданном положении ЦС был спроектирован и напечатан окклюзионный шаблон (рис. 7, 8). Шаблон обеспечивал смещение из положения текущей привычной окклюзии, задаваемого имеющимися на текущий момент окклюзионными контактами (рис. 9), в заданное положение ЦС.

Готовый шаблон фиксировался на верхнем зубном ряду, а через артикуляционную бумагу отмечались супраконтакты, мешающие смыканию зубных рядов в ЦС (рис. 10). Как и на виртуальном проекте (см. рис. 6), первым очень четко обозначался супраконтакт на зубе 1.1. С помощью окклюзионного шаблона итерационно провели контроль и сошлифовывание супраконтактов до достижения множественного смыкания зубных рядов (рис. 11) и комфортного ощущения пациенткой состояния прикуса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый способ может быть рекомендован при тотальном протезировании, когда отсутствуют другие



Рис. 11. После избирательного пришлифовывания достигнуты множественные контакты

Fig. 11. Multiple contacts were achieved after selective grinding



средства клинического контроля заданной позиции НЧ. При возможности перед постоянной фиксацией несъемных конструкций при тотальном протезировании следует осуществлять рентгенологический численный контроль положения головок НЧ в суставной ямке.

Поступила/Received: 30.06.2025

Принята в печать/Accepted: 09.03.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Dawson P.E. Centric relation. Its effect on occluso-muscle harmony. — *Dent Clin North Am.* — 1979; 23 (2): 169—80. [PMID: 285896](#)
2. Антоник М.М. Анализ диагностических моделей в артикуляторе, настроенном на индивидуальную функцию. — В кн.: Лебедеко И.Ю., Арутюнов С.Д., Ряховский А.Н. (ред.) Ортопедическая стоматология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — Т. 1. — С. 21—42. [eLibrary ID: 48462588](#)
3. Lepidi L., Galli M., Mastrangelo F., Venezia P., Joda T., Wang H.L., Li J. Virtual articulators and virtual mounting procedures: Where do we stand? — *J Prosthodont.* — 2021; 30 (1): 24—35. [PMID: 32827222](#)
4. Ряховский А.Н., Бойцова Е.А. 3D-анализ височно-нижнечелюстного сустава и окклюзионных взаимоотношений на основе компьютерного виртуального моделирования. — *Стоматология.* — 2020; 2: 97—104. [eLibrary ID: 42851813](#)

REFERENCES:

1. Dawson P.E. Centric relation. Its effect on occluso-muscle harmony. *Dent Clin North Am.* 1979; 23 (2): 169—80. [PMID: 285896](#)
2. Antonik M.M. Analysis of diagnostic models in an articulator configured for an individual function In: Lebedenko I.Yu., Arutyunov S.D., Ryakhovsky A.N. (eds.) *Prosthetic dentistry: national guide.* Moscow: GEOTAR-Media, 2022. Vol. 1. P. 21—42 (In Russian). [eLibrary ID: 48462588](#)
3. Lepidi L., Galli M., Mastrangelo F., Venezia P., Joda T., Wang H.L., Li J. Virtual articulators and virtual mounting procedures: Where do we stand? *J Prosthodont.* 2021; 30 (1): 24—35. [PMID: 32827222](#)
4. Ryakhovsky A.N., Boytsova E.A. 3D analysis of the temporomandibular joint and occlusal relationships based on computer virtual simulation. *Stomatology.* 2020; 2: 97—104 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat20209902197](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_76

[П.О. Петров](#)¹,

ассистент кафедры стоматологии ДПО

[Э.Ш. Григорович](#)¹,

д.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии

ДПО

[М.И. Калинин](#)¹,

к.м.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии

[А.В. Артюхов](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии

[И.Н. Усманова](#)²,

д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии

¹ ОмГМУ, 644099, Омск, Россия² БашГМУ, 450008, Уфа, Россия

Полная реконструкция зубных рядов у пациентки при повторном протезировании

Аннотация. Статья обосновывает комплексный подход к диагностике и лечению при повторном ортопедическом протезировании при отсутствии у пациентки явных мышечно-суставных дисфункций. Представлен случай 48-летней пациентки без мышечно-суставных жалоб, у которой комплексная диагностика выявила значительные изменения: смещение подбородка, асимметрию углов челюсти, напряжение мышц, сужение суставной щели ВНЧС, расхождение траекторий движений челюсти и неравномерное стирание зубов. Разработан многоэтапный план лечения с использованием временных реставраций для коррекции положения челюсти, что позволило пациентке адаптироваться к новому положению. Через 6 месяцев повторная диагностика показала значительное улучшение: восстановление симметрии суставов, нормализацию движений челюсти, устранение асимметрии лица и улучшение эстетики. Пациентка не предъявляла жалоб. **Заключение.** Комплексный подход оправдан при повторном протезировании, даже без явных симптомов, для восстановления всех компонентов ЗЧС, улучшения адаптации к протезам и обеспечения долгосрочной стабильности.

Ключевые слова: функциональное состояние ЗЧС, ВНЧС, жевательные мышцы, положение нижней челюсти, диагностика жевательного аппарата

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Петров П.О., Григорович Э.Ш., Калинин М.И., Артюхов А.В., Усманова И.Н. Полная реконструкция зубных рядов у пациентки при повторном протезировании. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 76—82. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_76

[P.O. Petrov](#)¹,

assistant at the Dentistry Department

[E.Sh. Grigorovich](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, associate professor and head of the Dentistry Department

[M.I. Kalinin](#)¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Prosthodontics Department

[A.V. Artuhov](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Dentistry Department

[I.N. Usmanova](#)²,

Doctor of Science in Medicine, professor of the Therapeutic dentistry Department

¹ Omsk State Medical University, 644099, Omsk, Russia² Bashkir State Medical University, 450008, Ufa, Russia

Full dental arch reconstruction during repeat prosthetic rehabilitation

Annotation. This article substantiates a comprehensive approach to diagnosis and treatment during revision orthopedic prosthetics in the absence of obvious musculoskeletal dysfunction. A 48-year-old woman with no musculoskeletal complaints is presented. A comprehensive diagnosis revealed significant changes: chin displacement, jaw angle asymmetry, muscle tension, narrowing of the TMJ joint space, divergence of jaw movement trajectories, and uneven tooth wear. A multi-stage treatment plan was developed using temporary restorations to correct jaw position, allowing the patient to adapt to the new position. A follow-up examination after 6 months revealed significant improvement: restoration of joint symmetry, normalization of jaw movement, elimination of facial asymmetry, and improved aesthetics. The patient had no complaints. **Conclusion.** Comprehensive approach is justified in revision prosthetics, even without obvious symptoms, to restore all components of the TMJ, improve adaptation to prostheses and ensure long-term stability.

Key words: functional state of the TMJ, masticatory muscles, position of the lower jaw, diagnostics of the masticatory apparatus

FOR CITATION:

Petrov P.O., Grigorovich E.Sh., Kalinin M.I., Artuhov A.V., Usmanova I.N. Full dental arch reconstruction during repeat prosthetic rehabilitation. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 76—82 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_76

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно комплексный диагностический подход, который включает в себя конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ), магнитно-резонансную

томографию (МРТ), миографию жевательных мышц, кондилографию и др., используется при обследовании группы пациентов с мышечно-суставными дисфункциями [1–4]. По данным разных исследователей,

распространенность патологических изменений жевательного аппарата у этих пациентов составляет 20—80% [5].

При лечении данных пациентов применяется многоэтапный подход с использованием различных аппаратных методов (окклюзионные шины, накладки и т.д.) [3, 4, 6].

В повседневной практике достаточно много пациентов, обратившихся для проведения повторного протезирования, не имеют симптомов, ассоциированных с мышечно-суставными расстройствами. Очевидно, что патологическому состоянию зубочелюстной системы предшествуют длительные, постепенные изменения, которые имеют проявления на уровне зубных рядов, мышц жевательной системы, функции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС).

Так, например, при длительных изменениях в зубных рядах (стирание зубов, нарушение анатомического рельефа зуба, связанного с износом пломб и коронок, прогрессирование заболеваний твердых тканей зубов, потеря зубов и деформации зубных рядов) происходят изменение положения нижней челюсти и снижение межальвеолярной высоты, что в свою очередь оказывает

влияние на мышечный комплекс зубочелюстной системы (ЗЧС). При нарушении пространственного положения нижней челюсти изменяется детерминированная длина мышечных волокон, что приводит не только к повышенному тону мышц, но и к асимметрии в работе левой и правой стороны парных мышц. Дисбаланс мышц влияет на биомеханику зубочелюстного аппарата и отражается на эстетических параметрах лица [7, 8].

Поэтому полное обследование пациентов, обратившихся за повторным стоматологическим ортопедическим лечением, без симптомов, ассоциированных с мышечно-суставными расстройствами, на наш взгляд, является оправданным.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациентка В., 48 лет, обратилась с жалобой на неудовлетворительный внешний вид передней группы зубов, отсутствие зуба 3.6, а также с целью замены старых ортопедических конструкций (рис. 1). Ранее ортопедическое лечение проводилось около 12 лет назад, жалоб при адаптации и использовании ранее изготовленными протезами не отмечала. Зуб 3.6 был удален по поводу осложнений кариеса 8 лет назад. Жалоб и дискомфорта при пережевывании пищи не имеет, симптомы, ассоциированные с мышечно-суставными расстройствами, отрицает.

Для оценки эстетических параметров лица использовали портретную фотографию анфас (рис. 2). При анализе портретной фотографии к наиболее выраженным признакам изменений ЗЧС относились:

- смещение подбородка (точка Gnation) влево;
- наклон комиссуральной линии;
- разный мягкотканый объем углов нижней челюсти;
- напряжение мягких тканей в области собственно жевательной мышцы слева (рис. 3).



Рис. 1. Состояние зубных рядов в смыкании
Fig. 1. Dental arch condition in maximum intercuspation



Рис. 2. Фотография пациента анфас
Fig. 2. Frontal facial view of the patient



Рис. 3. Изменения в ЗЧС при анализе портретной фотографии
Fig. 3. Dentofacial alterations revealed by facial photographic analysis

Данные изменения могут свидетельствовать об асимметричном положении нижней челюсти (НЧ), дисгармоничной работе жевательных мышц, а также о возможной деформации окклюзионной поверхности зубных рядов, преимущественно с левой стороны.

При осмотре зубных рядов и оценке уровня окклюзионной плоскости НЧ получена фотография зубных рядов в прямой проекции с разомкнутыми зубными рядами (рис. 4). Ярко выраженная деформация, связанная с разным уровнем окклюзионной плоскости слева и справа, может являться признаком асимметричного положения нижней челюсти или деформацией зубных рядов в виде зубоальвеолярной компенсации. Для



Рис. 4. Деформация окклюзионной плоскости
Fig. 4. Deformation of the occlusal plane

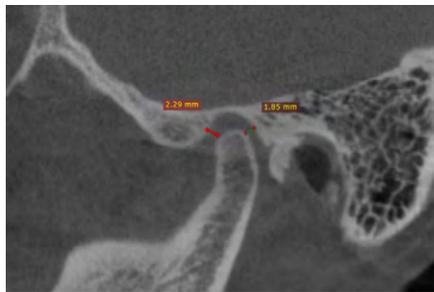


Рис. 5. Слева — положение левой головки ВНЧС, справа — правая головка ВНЧС
Fig. 5. Left: Position of the left TMJ condyle; Right: position of the right TMJ condyle

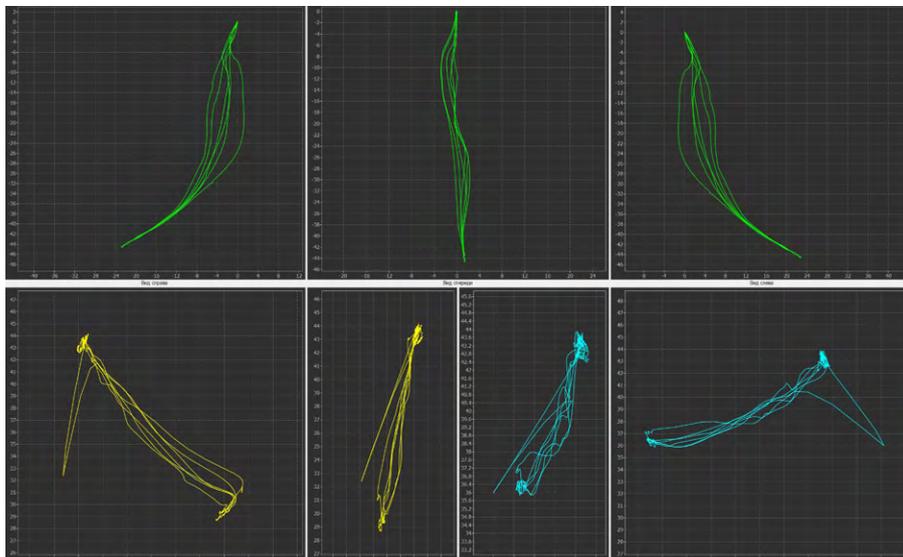


Рис. 6. Изменения на аксиограмме на примере открывания/закрывания рта
Fig. 6. Changes in the axiogram during mandibular opening and closing movements

верификации взаимосвязи вышеперечисленных изменений с нарушением пространственного положения нижней челюсти был применен комплексный подход как при лечении пациентов с мышечно-суставными симптомами, который включал в себя:

- 1) КТ черепа, для оценки положения суставных головок;
- 2) аксиографическое исследование для оценки работы ВНЧС;
- 3) пальпация мышц жевательной системы;
- 4) сканирование зубных рядов с последующим анализом изменений в пространстве артикулятора.

На КТ оценивали равномерность суставной щели левой и правой суставных головок, а также их симметричность. Предварительно перед формированием среза суставных головок выполняли коррекцию ориентации КТ пациента относительно франкфуртской плоскости. На срезе правой суставной головки отмечалась равномерная суставная щель с небольшим уменьшением размера задней суставной щели, на срезе левой суставной головки отмечалось сужение задней суставной щели, дистальное положение суставной головки (рис. 5). Такое положение суставных головок, характерно для данной клинической ситуации с учетом ранее выявленных признаков смещения. При пальпации жевательных мышц оценивали разность в ощущениях (боль или дискомфорт), а также наличие триггерных точек.

Проводили симметричную пальпацию собственно жевательных мышц, височных мышц, медиально-крыловидных мышц, глубоких жевательных мышц, места прикрепления латеральных крыловидных мышц, группы надподъязычных мышц, а также область суставных головок ВНЧС на наличие суставных шумов и болевых ощущений. При пальпации был выявлен только легкой дискомфорт в области левой глубокой жевательной мышцы. Такое состояние жевательных мышц характеризует состояние ЗЧС, адаптировавшейся к сформировавшимся изменениям. Для анализа траекторий движений суставных головок использовали записи при открывании/закрывании рта, протрузионном и латеротрузионных движениях НЧ.

Основные изменения при анализе аксиограмм (рис. 6):

- расхождение траекторий при экскурсионных и инкурсионных движениях, что свидетельствует о несогласованной работе мышц протракторов и ретракторов;
- расхождение начала и конца траектории при открывании/закрывании, протрузии/ретрузии, что также свидетельствует

о дисгармоничной работе мышц и, возможно, нестабильном положении привычной окклюзии.

Признаков, связанных с функциональными нарушениями ВНЧС (варианты дислокаций диска ВНЧС), не выявлено.

При оценке изменений и деформации зубных рядов выявлено неравномерное патологическое стирание зубных рядов, потеря анатомии жевательной группы зубов, нарушение положения зуба 3.7 из-за длительного отсутствия зуба 3.6 (рис. 7). Повышенное стирание зубных рядов приводит к уменьшению межальвеолярной высоты и вместе с асимметричным положением НЧ влияет на дискоординацию в работе мышц жевательной системы из-за уменьшения длины мышечного волокна.

После проведенной диагностики был составлен план лечения, который был направлен на устранение жалоб пациентки и коррекцию функционального состояния ЗЧС.

План лечения:

- 1) снятие старых конструкций для оценки состояния твердых тканей зубов;
- 2) удаление зуба 3.8, дистализация зуба 3.7, имплантация в области отсутствующего зуба 3.6;
- 3) терапевтическая подготовка (замена старых реставраций);
- 4) после остеоинтеграции имплантатов временное протезирование верхней и нижней челюсти в терапевтической позиции;
- 5) замена временных реставраций на постоянные в жевательном отделе;
- 6) замена временных реставраций на постоянные в переднем отделе.

Основное лечение и коррекцию функциональных изменений производили на 4-м этапе, после ортодонтической, терапевтической и хирургической подготовки.

Традиционно первичная коррекция положения НЧ осуществляется при помощи различных окклюзионных



Рис. 7. Состояние жевательной поверхности зубов на нижней челюсти

Fig. 7. Status of the occlusal surfaces of the lower dentition

шин. Так как у пациентки не было жалоб, ассоциированных с мышечно-суставной дисфункцией, а после проведенной первичной диагностики ЗЧС находилась в состоянии полной адаптации, первичную коррекцию положения НЧ проводили при помощи временных реставраций. Такое решение позволит пациентке комфортно перестроиться в новом терапевтическом положении НЧ. Асимметричное положение НЧ исправляли при помощи компьютерной программы P-art (SDI Matrix, Швейцария), которая позволяет выполнять изменения в положении НЧ с учетом физиологичных суставных траекторий НЧ пациентки. В результате было получено терапевтическое положение НЧ и оценена разница между привычной окклюзией пациентки и терапевтической (рис. 8). Новое положение должно корректировать пространственное положение НЧ и восстанавливать утраченную межальвеолярную высоту.

В данном положении выполнено реконструктивное моделирование зубных рядов и переведено на зубные

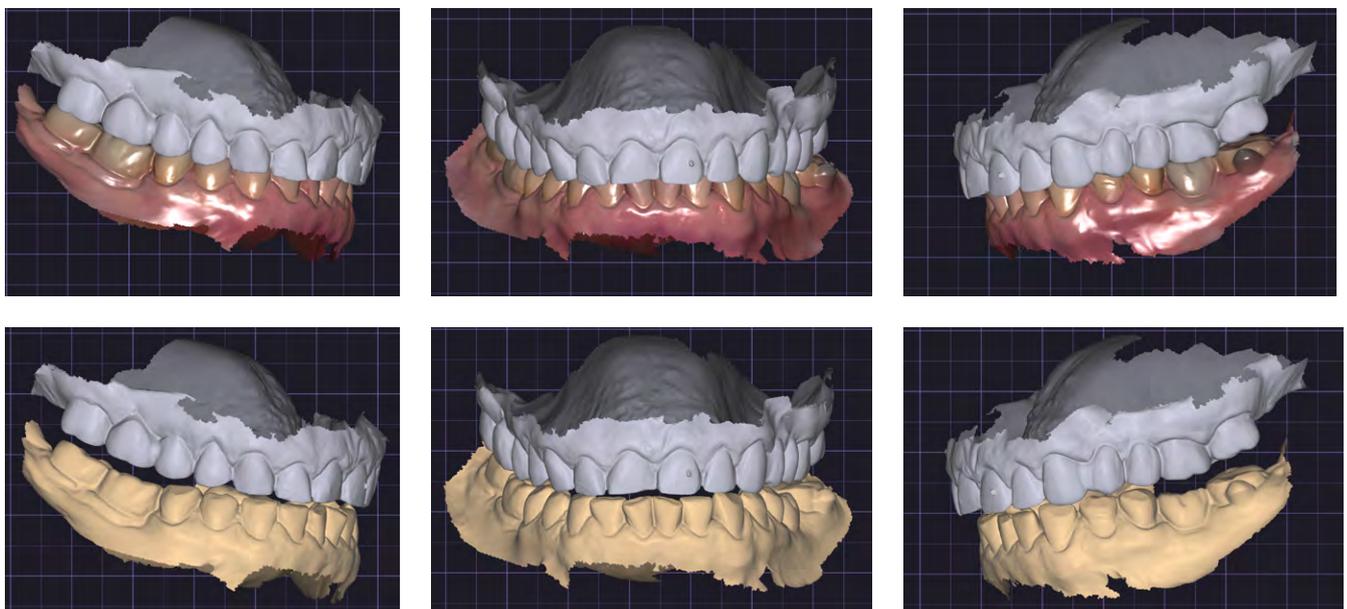


Рис. 8. Привычная окклюзия (сверху) и терапевтическая позиция НЧ (снизу)

Fig. 8. Habitual occlusion (upper image) and therapeutic position of the mandible (lower image)

ряды при помощи композитных материалов и адгезивной техники фиксации. Кроме формирования нового стереотипа смыкания зубов, оценивали эстетические параметры для устранения основной жалобы пациентки (рис. 9). До начала постоянного протезирования пациентка использовала временные реставрации в течение 2 мес. За это время произошла адаптация к новому положению НЧ, оценены смыкание и эстетические параметры зубных рядов. Постоянное протезирование выполнено в 2 этапа. Первый — протезирование жевательной группы зубов верхних и нижней челюстей, а через 3–4 недели — постоянное протезирование передней группы зубов верхних и нижней челюстей. Такая особенность необходима для уменьшения погрешности при изготовлении постоянных протезов, контроля положения НЧ при передаче положения в зуботехническую лабораторию, временного комфорта для пациентки.

После окончания лечения необходимо проанализировать основные изменения, связанные с коррекцией положения НЧ: восстановление уровня окклюзионной плоскости слева и справа, восстановление

детерминированной межальвеолярной высоты, восстановление формы и эстетических параметров зубных рядов (рис. 10, 11).

После окончания ортопедического лечения проводили осмотр через 3 и 10 дней для контроля смыкания и необходимой окклюзионной коррекции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки функциональных изменений в ЗЧС необходимо динамическое наблюдение за пациентом. Процесс формирования новых паттернов движения НЧ, перестройки и нормализации в работе жевательного аппарата занимает определенное время. Повторную диагностику проводили через 6 мес после окончания лечения (рис. 12). С целью оценки изменения положения НЧ выполнена повторная КТ. На сагитальных срезах определялись равномерная суставная щель левой и правой суставных головок, а также симметричное положение суставных головок ВНЧС (рис. 13). При оценке повторной записи траекторий движения НЧ и суставных головок отмечалось отсутствие основных патологических изменений, определяемых ранее. Все движения НЧ (открытие/закрывание, протрузия/ретрузия, латеротрузионные движения) имели прямолинейные



Рис. 9. Оценка эстетических параметров зоны улыбки
Fig. 9. Evaluation of smile esthetic parameters



Рис. 10. Восстановление уровня окклюзионной плоскости
Fig. 10. Reconstruction of the occlusal plane orientation



Рис. 11. Восстановление эстетических параметров
Fig. 11. Reconstruction of esthetic characteristics



Рис. 12. Состояние зубных рядов через 6 мес
Fig. 12. Dental arch status after 6 months

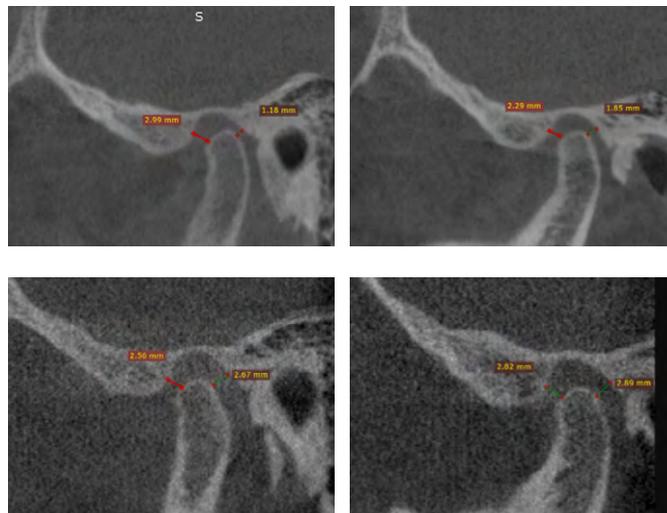


Рис. 13. Положение суставных головок до (сверху) и после лечения (снизу)
Fig. 13. Condylar position before treatment (upper image) and after treatment (lower image)

характеристики, начало и конец траекторий совпадали, что свидетельствовало о сбалансированной и гармоничной работе мышц протракторов и ретракторов, стабильном положении НЧ при смыкании зубов (рис. 14).

Кроме функциональных изменений в работе ЗЧС, значимые изменения определяли при оценке эстетических параметров лица. После восстановления пространственного положения НЧ отсутствовали признаки асимметрии, связанной со смещением подбородка (точка Gnation) относительно центральной линии лица, и отмечалось восстановление мягкотканого контура НЧ слева и справа. Нормализация тонуса жевательных и мимических мышц устранила напряжение мягких тканей лица в области собственно жевательных мышц и способствовала улучшению наклона комиссуральной линии. Все эти изменения привели к более гармоничной и симметричной эстетической составляющей лица пациентки (рис. 15). В течение 6 мес пациентка не предъявляла жалоб, отмечала удобство ортопедических конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение жизни происходит естественное изнашивание/потеря своих зубов, многократно проводятся разные виды стоматологического лечения. Все это приводит к постепенной перестройке в работе мышечного компонента и изменению в положении НЧ. При ортопедическом лечении, особенно когда пациенту проводится повторное протезирование, комплексный подход необходим вне зависимости от наличия жалоб, соответствующих мышечно-суставным дисфункциям, так как необходимо восстановление не только на уровне зубов, но и на уровне всех компонентов ЗЧС, что будет улучшать адаптационные способности

пациента к новому протезу, повышать качество проведенного ортопедического лечения и обеспечивать стабильность функции ортопедических конструкций.

Поступила/Received: 21.01.2025
Принята в печать/Accepted: 21.02.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zou B.S., Ma X.C. [Strategies of manipulating temporomandibular joint problems in orthodontic treatment]. — *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* — 2012; 47 (1): 22—5 (In Chinese). PMID: 22490215
2. Gedrange T., et al. Comparison of reference points in different methods of temporomandibular joint imaging. — *Adv Med Sci.* — 2012; 57 (1): 157—62. PMID: 22472467

REFERENCES:

1. Zou B.S., Ma X.C. [Strategies of manipulating temporomandibular joint problems in orthodontic treatment]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2012; 47 (1): 22—5 (In Chinese). PMID: 22490215
2. Gedrange T., et al. Comparison of reference points in different methods of temporomandibular joint imaging. *Adv Med Sci.* 2012; 57 (1): 157—62. PMID: 22472467

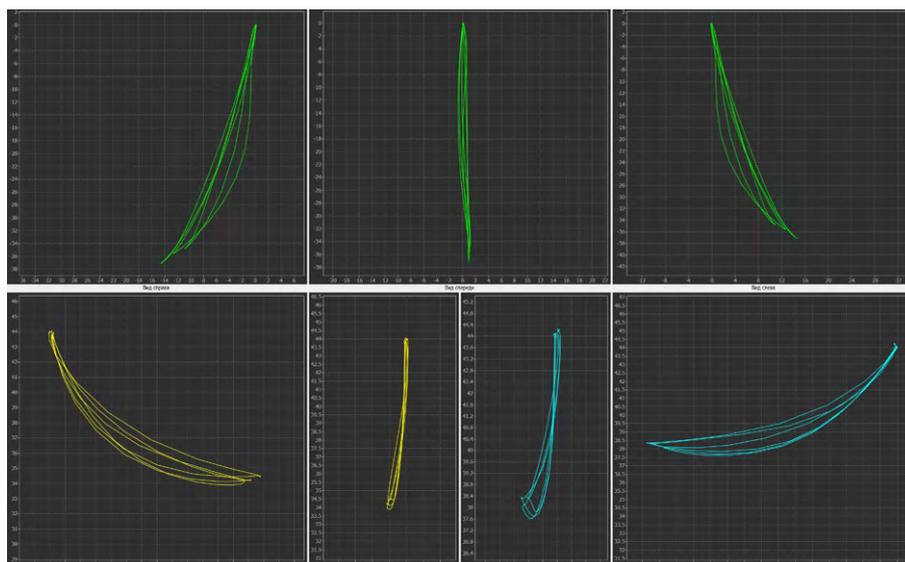


Рис. 14. Изменения на аксиограмме (через 6 мес) на примере открывания/закрывания рта
Fig. 14. Axiographic changes at the 6-month follow-up during mandibular opening and closing movements



Рис. 15. Оценка изменений в эстетических параметрах лица до (слева) и через 6 мес после (справа)

Fig. 15. Evaluation of facial esthetic changes before treatment (left) and at 6-month follow-up (right)

3. Тихонов В.Э., Гуськов А.В., Олейников А.А., Митина Е.Н., Калиновский С.И., Чиженкова Н.В., Михеев Д.С. Сплинт-терапия как отдельный подход в рамках комплексного лечения дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с точки зрения физиологических понятий. — *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. — 2021; 3: 447—456. [eLibrary ID: 46614620](#)
4. Иванов С.Ю., Тутуров Н.С., Булычева Е.А., Катбех И., Булычева Д.С., Лебедев В.Г., Анохина А.Д. Современные тенденции диагностики и лечения пациентов с дисфункцией ВНЧС. — *Институт стоматологии*. — 2022; 1 (94): 32—34. [eLibrary ID: 48213668](#)
5. Орешака О.В., Дементьева Е.А., Ганисик А.В., Шаров А.М. Эпидемиология заболеваний височно-нижнечелюстного сустава. — *Клиническая стоматология*. — 2019; 4 (92): 97—99. [eLibrary ID: 41601796](#)
6. Чхиквадзе Т.В., Бекреев В.В., Рощин Е.М., Труфанов В.Д., Юркевич Р.И., Иванов С.Ю. Коррекция внутренних нарушений височно-нижнечелюстного сустава с использованием окклюзионных шин, изготовленных с помощью CAD/CAM-технологий. — *Современные технологии в медицине*. — 2019; 3: 111—116. [eLibrary ID: 41155705](#)
7. Якупов Б.Р., Герасимова Л.П. Диагностика и лечение мышечно-суставной дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с болевым синдромом. — *Медицинский вестник Башкортостана*. — 2013; 1: 77—79. [eLibrary ID: 19077733](#)
8. Герасимова Л.П., Матвиенко А.Н., Новиков Ю.О., Хайбуллина Р.Р., Сорокин А.П., Гадиуллин А.М. Рентгенологическая диагностика мышечно-суставной дисфункции височно-нижнечелюстного сустава сочетанной с патологией шейного отдела позвоночника. — *Пародонтология*. — 2023; 3: 227—233. [eLibrary ID: 54673320](#)
3. Tikhonov V.E., Gus'kov A.V., Oleynikov A.A., Mitina E.N., Kalinovskiy S.I., Chizhenkova N.V., Mikheyev D.S. Splint therapy as a separate approach in the complex treatment of temporomandibular joint dysfunction from the point of view of physiologic concepts. *Eruditio Juvenium*. 2021; 3: 447—456 (In Russian). [DOI: 10.23888/HMJ202193447-456](#)
4. Ivanov S.Yu., Tuturov N.S., Bulycheva E.A., Katbekh I., Bulycheva D.S., Lebedev V.G., Anohina A.D. Modern trends in diagnostics and treatment of patients with TMJ dysfunction. *The Dental Institute*. 2022; 1 (94): 32—34 (In Russian). [eLibrary ID: 48213668](#)
5. Oreshaka O.V., Dement'eva E.A., Ganisik A.V., Sharov A.M. Epidemiology of temporomandibular joint disorders. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2019; 4 (92): 97—99 (In Russian). [DOI: 10.37988/1811-153X_2019_4_97](#)
6. Chkhikvadze T.V., Bekreev V.V., Roshchin E.M., Trufanov V.D., Yurkevich R.I., Ivanov S.Yu. Correction of Internal disorders of the temporomandibular joint using muscle relaxation splints made with CAD/CAM Technologies. *Modern Technologies in Medicine*. 2019; 3: 111—116. [DOI: 10.17691/stm2019.11.3.15](#)
7. Yakupov B.R., Gerasimova L.P. Diagnostics and treatment of muscular-joint dysfunction of temporomandibular joint with pain syndrome. *Bashkortostan Medical Journal*. 2013; 1: 77—79 (In Russian). [eLibrary ID: 19077733](#)
8. Gerasimova L.P., Matvienko A.N., Novikov Yu.O., Khaybullina R.R., Sorokin A.P., Gadiullin A.M. X-ray diagnosis of temporomandibular disorders combined with the pathology of the cervical spine. *Parodontologiya*. 2023; 3: 227—233 (In Russian). [eLibrary ID: 54673320](#)

После длительного перерыва, компания Ultradent Products Inc. представила на Российском рынке универсальный нано-гибридный композит



ПО-НАСТОЯЩЕМУ, УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ С ПРЕВОСХОДНЫМИ ЭСТЕТИЧЕСКИМИ, МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ — FORMA

FORMA удовлетворит требования даже самого придирчивого пользователя, независимо от индивидуальных предпочтений в технике реставраций, свойств материала и уровня подготовки специалиста.



Forma[™]
ZIRCONIA NANO-HYBRID COMPOSITE

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ULTRADENT В РОССИИ
123182, Москва, ул. Щукинская, 2, тел./факс: (495) 780-5245/46
бесплатный многоканальный телефон: 8-800-333-0646
www.stident.ru, mail@stident.ru

S.T.I.[®]
IDENT

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_84

[И.С. Найданова](#)^{1,2},

к.м.н., доцент кафедры дополнительного образования по стоматологическим специальностям; ассистент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

[Е.А. Булычева](#)^{1,2},

д.м.н., профессор, зав. кафедрой дополнительного образования по стоматологическим специальностям; профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

[Д.С. Булычева](#)³,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии

[Э.Р. Валеев](#)⁴,

врач стоматолог-ортопед, заместитель директора

¹ НовГУ, 173003, Великий Новгород, Россия

² ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, 197022, Санкт-Петербург, Россия

³ РУДН, 117198, Москва, Россия

⁴ Инновационный стоматологический центр «Гулливёр», 454074, Уфа, Россия

Морфологические и кинематические характеристики жевательных мышц в норме (часть 2)

Аннотация. Цель обзора — изучить современные представления о морфологии жевательных мышц и особенностях их работы у взрослого человека в норме. Поиск источников осуществляли в научной электронной библиотеке eLibrary, в международных электронных базах PubMed, MEDLINE, Google Scholar и ResearchGate. Всего было изучено 469 научных публикаций. После исключения повторяющихся источников для детального изучения выбраны 68 публикаций с давностью издания не более 10 лет. Во второй части статьи приведено описание анатомического и гистологического строения, кровоснабжения и иннервации жевательных мышц, поднимающих нижнюю челюсть, а также участвующих в ее выдвижении и боковых движениях.

Ключевые слова: собственно жевательная мышца, височная мышца, медиальная крыловидная мышца, латеральная крыловидная мышца, анатомия, гистология, кровоснабжение, иннервация

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Найданова И.С., Булычева Е.А., Булычева Д.С., Валеев Э.Р. Морфологические и кинематические характеристики жевательных мышц в норме (часть 2). — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 84—92. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_84

[I.S. Naidanova](#)^{1,2},

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Department of additional education in dentistry specialties; assistant at the Prosthodontics and material science Department

[E.A. Bulycheva](#)^{1,2},

Doctor of Science in Medicine, full professor, Head of the Department of additional education in dentistry specialties; professor of the Prosthodontics and material science Department

[D.S. Bulycheva](#)³,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry and Orthodontics Department

[E.R. Valeev](#)⁴,

prosthodontist, deputy director

¹ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 173003, Veliky Novgorod, Russia

² Pavlov University, 197022, Saint-Petersburg, Russia

³ RUDN University, 117198, Moscow, Russia

⁴ Innovative dental center “Gulliver”, 450074, Ufa, Russia

Morphological and kinematic characteristics of the masticatory muscles under normal conditions (part 2)

Annotation. The aim of this review is to study contemporary perspectives on the morphology of the masticatory muscles and their functional characteristics in healthy adults. Literature searches were conducted in the Russian scientific database eLibrary and international electronic databases (PubMed, MEDLINE, Google Scholar, ResearchGate). We identified a total of 469 scientific publications aligned with the research objectives. After excluding duplicates we selected 68 publications published within the last 10 years for detailed analysis. Part two of the article describes the anatomical and histological structure, as well as the blood supply and innervation, of the masticatory muscles that elevate the mandible and participate in its protrusion and lateral movements.

Key words: masseter muscle, temporal muscle, medial pterygoid muscle, lateral pterygoid muscle, anatomy, histology, blood supply, innervation

FOR CITATION:

Naidanova I.S., Bulycheva E.A., Bulycheva D.S., Valeev E.R. Morphological and kinematic characteristics of the masticatory muscles under normal conditions (part 2). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 84—92 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_84

В первой части данной статьи была обоснована актуальность проблемы исследования, определена его основная цель, дана характеристика групп жевательных мышц с описанием основных направлений их действия, а также приведена информация о типах мышечных волокон. Детально освещены главные аспекты анатомии, гистологии и функции жевательных мышц, опускающих нижнюю челюсть.

СОБСТВЕННО ЖЕВАТЕЛЬНАЯ МЫШЦА (*M. MASSETER*)

Анатомическое строение

Мышца представлена поверхностной и глубокой частями. Поверхностная часть квадратной формы с толщиной в покое около 12–15 мм. Пучки этой части мышцы имеют косое направление вниз и назад, начинаясь от скулового отростка верхней челюсти, переднего и среднего отделов скуловой дуги. Глубокая часть собственно жевательной мышцы характеризуется веерообразной, уплощенной формой с толщиной в покое около 8–10 мм. Направление пучков глубокой части мышцы практически вертикальное и начинается от среднего и заднего отделов скуловой дуги. Обе части, поверхностная и глубокая, соединяются и прикрепляются к жевательной бугристости угла нижней челюсти, а также к наружной поверхности ее ветви. Сокращение поверхностной части обеспечивает подъем и небольшое выдвигание нижней челюсти вперед, а глубокой части — вертикальное поднятие нижней челюсти и ее небольшое отведение назад (рис. 1) [1].

Согласно исследованию T.I. Gheorghie и соавт. (2021), обе части мышцы в своей структуре имеют чередующиеся слои фиброзных пучков и апоневрозов (сухожильных пластинок). Фиброзные пучки прикрепляются к верхним и нижним апоневрозам и/или кости. В поверхностной части мышцы количество апоневрозов равняется 2–3, а пластинок линейной формы — 3–4, расположенных параллельно ветви нижней челюсти. В глубокой части мышцы количество апоневрозов и пластинок составляет 2–5, они расположены под острым углом к ветви нижней челюсти. Самая глубокая пластинка (ламина) по форме является треугольной. Латеральная поверхность глубокой части собственно жевательной мышцы отделена от ее поверхностной части апоневрозом. Траектория движения нижней челюсти от первоначального контакта зубов до их максимального смыкания сопровождается активным сокращением только поверхностных пластинок поверхностной части мышцы. Наблюдаемая дифференцированная активация пластинок мышцы подчеркивает сложность ее функции и важность детальной оценки [2].

F.V. de Lima и соавт. (2022) сообщают об имеющейся вариации строения собственно жевательной мышцы с наличием третьей части мышцы, которая берет начало от медиальной поверхности скуловой дуги и прикрепляется к основанию венечного отростка. Сложная топография данной части мышцы обосновывает необходимость предварительной диагностики и высокой точности манипуляций при хирургическом лечении гиперплазии венечного отростка. Однако в классическом варианте

строения собственно жевательной мышцы описанная структура является составляющей ее глубокой части и участвует в смещении нижней челюсти назад. Волокна этой части мышцы могут переплетаться с волокнами височной мышцы и ее фасцией, а также прикрепляться к суставной капсуле [3].

В исследовании K. Fukino и соавт. (2024) информируют о наличии единого структурно-функционального комплекса «суставной диск — капсула — фасция собственно жевательной мышцы — глубокая височная фасция». По данным макроскопического анализа и магнитно-резонансной томографии (МРТ) препаратов 8 трупов были выявлены слияние на скуловой дуге глубокой височной фасции и фасции собственно жевательной мышцы, а также их связь с латеральной частью суставной капсулы, отсутствие четкой границы между суставным диском и капсулой. Данные утверждения авторы подтверждают с помощью МРТ головы 10 добровольцев: мышечные структуры латеральной поверхности височной и собственно жевательной мышц продолжались в капсулу височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) на T1-взвешенных изображениях, капсула была непрерывна с суставным диском [4].

В ранних исследованиях физиологичное положение суставного диска рассматривалось как результат сбалансированной активности латеральных крыловидных мышц и капсулярных связок [5]. Наличие взаимосвязи собственно жевательной и височной мышц через их фасции с суставным диском и капсулой могут создавать противодействующую силу латеральной крыловидной мышце. Таким образом обеспечивается нормальное положение суставного диска: единый комплекс височной и собственно жевательной мышц создает тягу

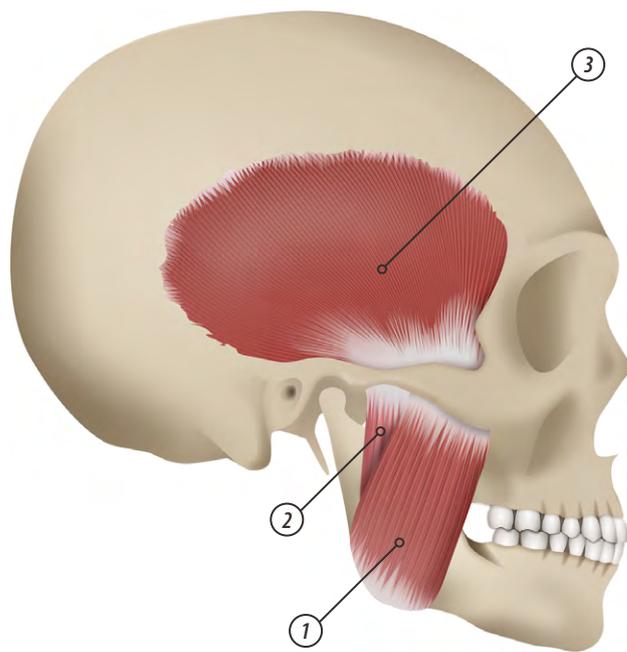


Рис. 1. Схема расположения собственно жевательной мышцы (1 — поверхностная часть, 2 — глубокая часть) и височной мышцы (3) в сагиттальной плоскости. Рисунок авторов

Fig. 1. Schematic arrangement of the masseter muscle (1 — superficial part; 2 — deep part) and temporalis muscle (3) in the sagittal plane. Original illustration

в заднелатеральном направлении, а латеральная крыловидная мышца — в переднемедиальном. Гипертония или слабость височной и/или собственно жевательной мышц, изменение состояния их фасций (ригидность, фиброз, воспаление), а также суставной капсулы могут привести к нарушению динамического баланса двух противоположных сил и смещению суставного диска. Такой холистический взгляд на патологию ВНЧС влечет за собой необходимость проведения диагностики состояния не только мышечного комплекса, но и эластических свойств их фасций.

Гистологическое строение

Доминирующими волокнами в составе собственно жевательной мышцы являются медленные (тип I — $60 \pm 17,8\%$). Гибридные (тип I/II — $20 \pm 18,3\%$) и быстрые (тип II — $13,3 \pm 17,3\%$) волокна содержатся в меньшем количестве. Ключевой особенностью данной мышцы является наличие в ней волокон с α -кардиальным миозином ($6,7 \pm 9\%$). Это обеспечивает высокую скорость и силу сокращения мышцы, а также положительно влияет на ее способность адаптироваться к различным физиологическим нагрузкам [6]. Пропорциональные изменения в структуре волокон неизбежно отражаются на свойствах мышцы. Стоит отметить специфическую гистологическую перестройку мышцы при бруксизме, усиливающую ее способность к частым и сильным сокращениям. Она заключается в увеличении доли и размера быстрых окислительно-гликолитических волокон типа IIa (быстрых, устойчивых к утомлению) и гибридных волокон [7].

Кровоснабжение и иннервация

Основное кровоснабжение собственно жевательная мышца получает от крыловидного отдела верхнечелюстной артерии через жевательную артерию, которая проходит в жировой клетчатке между латеральной крыловидной мышцей и сухожилием височной мышцы. Дополнительными источниками кровоснабжения могут служить анастомозы с другими артериями: поверхностной височной артерией (снабжает верхние отделы мышцы), лицевой артерией (питает передненижнюю часть мышцы). Венозный отток происходит через жевательные вены, впадающие в верхнечелюстные вены, и далее в крыловидное венозное сплетение, отсюда — в занижнечелюстную вену, имеющую анастомозы с лицевой веной и внутренней яремной веной. Иннервация собственно жевательной мышцы осуществляется жевательным нервом (ветвь нижнечелюстного нерва), который в своих вариациях может проходить над верхней головкой латеральной крыловидной мышцы или между ее головками [8, 9].

Таким образом, собственно жевательная мышца структурно и функционально разделена на поверхностную (подъем и выдвигание нижней челюсти вперед) и глубокую (подъем и движение нижней челюсти назад) части. Ее уникальность — тесная фасциальная связь с височной мышцей, суставной капсулой и диском ВНЧС, создающая заднелатеральную тягу для стабилизации диска против переднемедиального вектора латеральной крыловидной мышцы. Преобладание гибридных

волокон с α -кардиальным миозином обеспечивает высокую скорость и силу сокращения мышцы.

Представление о расположении и точках фиксации мышцы позволяет минимизировать ее травматизацию при хирургических вмешательствах, в том числе предупредить послеоперационную атрофию ее волокон. В случаях переломов нижней челюсти понимание векторов силы собственно жевательной мышцы способствует успешной репозиции отломков и оптимальному выбору методов остеосинтеза. При лечении синдрома болевой дисфункции ВНЧС (синдром Костена, K07.60) важным фактом является понимание преимущественной локализации курковых точек в глубоком слое мышцы [10].

ВИСОЧНАЯ МЫШЦА (*M. TEMPORALIS*)

Анатомическое строение

Крупная мышца веерообразной формы. Она уступает собственно жевательной мышце по толщине, но превосходит ее по площади. Поперечный размер височной мышцы в среднем равен $9,64 \pm 1,99$ см, продольный — $8,28 \pm 1,18$ см. Толщина в покое составляет 6–8 мм (для сравнения поверхностный слой собственно жевательной мышцы — 12–15 мм) [11].

Височная мышца берет свое начало от всей поверхности височной ямки: чешуи височной кости, теменной кости, лобной кости (позади от скулового отростка), большого крыла клиновидной кости, глубокой поверхности височной фасции. Основным местом прикрепления мышцы является передний край венечного отростка нижней челюсти. Среди вариаций прикрепления мышцы встречаются медиальная поверхность венечного отростка с распространением на вырезку нижней челюсти (площадь прикрепления составляет от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{2}$ передней части вырезки) [12].

Необходимо отметить, что височная мышца крепится к венечному отростку двумя сухожилиями. Поверхностное сухожилие прикрепляется к латеральной и медиальной частям венечного отростка, спускаясь вдоль переднего края ветви нижней челюсти. Оно заканчивается на уровне $\sim 3,29$ см от нижнего края челюсти и формирует латеральную границу ретромолярного треугольника. Глубокое сухожилие прикрепляется исключительно к медиальной поверхности венечного отростка вдоль височного гребня нижней челюсти. Его волокна располагаются ниже поверхностного сухожилия примерно на 3,0 см от нижнего края челюсти и впереди от язычка нижней челюсти. Глубокое сухожилие формирует медиальную границу ретромолярного треугольника [13].

Условно височная мышца подразделяется на 3 пучка. Так, волокна передних пучков идут почти вертикально и участвуют в поднятии нижней челюсти. Средние пучки располагаются под углом 20 – 25° относительно горизонтальной плоскости, обеспечивая подъем и незначительное смещение нижней челюсти в заднем направлении. И, наконец, задние волокна височной мышцы направлены почти горизонтально, при их сокращении осуществляется основное смещение нижней челюсти назад.

Височная мышца имеет вариации дополнительных соединений со смежными анатомическими структурами.

Наиболее распространен переднелатеральный пучок, наблюдаемый у 40–60% людей. Этот отдельный мышечный пучок отходит от передних волокон височной мышцы, переднего отдела височной фасции и прикрепляется к суставному бугорку ВНЧС и переднему краю венечного отростка, выполняя функцию стабилизации суставного диска при жевании.

Клиновидно-нижнечелюстной пучок встречается редко (у 3–5% населения), берет начало от ости клиновидной кости и крепится к язычку нижней челюсти. При гипертрофии или спазме этот мышечный пучок может механически сдавливать нижнечелюстной нерв у овального отверстия, провоцируя симптомы невралгии тройничного нерва. Кроме того, триггерные точки клиновидно-нижнечелюстного пучка, расположенные в области прикрепления к язычку нижней челюсти активируют отраженную боль в области нижних моляров и угла нижней челюсти, а при их локализации возле ости клиновидной кости — в височную область. В отличие от невралгии боль усиливается при жевании и не провоцируется прикосновением к лицу.

Височно-нижнечелюстной пучок в 35% случаев сростается своими задними волокнами с височной мышцей, его прикрепление к латеральной поверхности венечного отростка создает функциональную связь между височной и собственно жевательной мышцами.

Среди аномалий прикрепления височной мышцы встречаются височно-суставные соединения (8–12% случаев), когда волокна крепятся непосредственно к капсуле ВНЧС; височно-скуловые прикрепления (5–7%), вызывающие боль при пальпации скуловой дуги; височно-клиновидные пучки (3–4%), идущие к крыловидному отростку и ограничивающие открывание рта.

Фасциальные вариации проявляются сращениями глубокой височной фасции с надкостницей скуловой дуги (22%), жевательно-височной фасцией (18%) или фасцией латеральной крыловидной мышцы (7%), что при фиброзах приводит к ограничению подвижности челюсти. Нервно-сосудистые аномалии включают прохождение глубоких височных нервов через мышечные пучки (8%), создающие триггерные точки, и аномальные ветви височной артерии к жевательной мышце (12%), повышающие риск кровотечений при операциях.

Эмбриологической основой этих вариаций служит неполное разделение мезенхимы первой жаберной дуги на 8-й неделе развития, приводящее к персистенции фетальных связей между височной, жевательной и крыловидными мышцами. Клинически эти вариации влияют на биомеханику нижней челюсти при жевании, вызывают отраженные боли (особенно при сращениях с жевательной мышцей, наблюдаемых в 15–22% случаев) и требуют МРТ-визуализации для предотвращения осложнений при ортогнатических операциях [14].

Гистологическое строение

Височная мышца гистологически характеризуется смешанным составом мышечных волокон, подлежащим возрастным изменениям. У лиц молодого возраста (20–29 лет) определяется высокое содержание быстрых волокон (89,2±24,9%) и медленных волокон (76,1±11,1%),

значительной долей гибридных волокон (45,0±10,3%) и выраженной экспрессией неонатального миозина (22,6±33%). С увеличением возраста (70–79 лет) доля быстрых (73,4±17,6%) и медленных (68,6±12,4%) волокон остается высокой, однако наблюдается существенное снижение доли гибридных волокон до 24,0±4,2% и падение интенсивности неонатального миозина до 8,6±10,35%. Указанные средние отклонения отражают значительную индивидуальную вариабельность всех параметров, особенно в молодом возрасте. Эти морфологические изменения: уменьшение гибридности и неонатальной экспрессии — коррелируют с возрастным снижением силы жевательного давления. Стоит отметить, что превышение 100% при суммировании долей быстрых и медленных волокон не является ошибкой. Это является отражением методологии подсчета, при которой многочисленные гибридные волокна жевательной мускулатуры учитываются одновременно в обеих категориях [15].

Кровоснабжение и иннервация

Кровоснабжение височной мышцы в основном происходит за счет передней и задней глубоких височных артерий, ответвляющихся от верхнечелюстной артерии (ветви наружной сонной артерии). Дополнительными источниками трофики служат средняя височная артерия (ветвь поверхностной височной артерии) и анастомозы с ветвями средней менингеальной артерии. Венозный отток осуществляется через глубокие височные вены в крыловидное сплетение, откуда в занижнечелюстную вену, и далее во внутреннюю яремную вену на уровне подъязычной кости.

Иннервация височной мышцы происходит благодаря глубоким височным нервам (ветви нижнечелюстного нерва), пересекающим подвисочный гребень и следующим параллельно глубоким височным артериям [16]. В исследовании L.C.F. Garrido и соавт. (2024) сообщают о большой плотности точек входа ветвей глубоких височных нервов в волокна среднего пучка мышцы. Именно они являются анатомическим субстратом триггерных точек при болевом синдроме [11].

Итак, височная мышца представляет собой крупную веерообразную мышцу с двумя сухожилиями, прикрепляющимися к венечному отростку нижней челюсти. Функционально она разделяется на три пучка: передний (поднимает нижнюю челюсть), средний (поднимает нижнюю челюсть и смещает ее назад) и задний (обеспечивает основное смещение нижней челюсти назад). Гистологически височная мышца характеризуется смешанным составом мышечных волокон с существенным снижением доли гибридных волокон и падением интенсивности неонатального миозина с увеличением возраста. Основное кровоснабжение мышцы осуществляется благодаря глубоким височным артериям, иннервация — за счет глубоких височных нервов. Точки входа последних являются наиболее плотными в среднем пучке мышцы и являются анатомическим субстратом триггерных точек. Наличие вариабельных дополнительных соединений, особенно с жевательной мышцей, могут дать объяснение ограничению открывания рта и болевому синдрому. Знание топографии, особенно

точек входа нервов в среднем пучке, критически важно для эффективного местного лечения (физиотерапия) и предотвращения ятрогенных повреждений при ортогнатических операциях.

МЕДИАЛЬНАЯ КРЫЛОВИДНАЯ МЫШЦА (*M. PTERYGOIDEUS MEDIALIS*)

Анатомическое строение

Мышца имеет четырехугольную форму и две головки. Поверхностная головка начинается от бугра верхней челюсти и пирамидального отростка нёбной кости. Встречаются вариации строения мышцы, например, описано ее начало от задней стенки тела верхней челюсти, выше ее бугра или от латеральной поверхности и верхушки латеральной крыловидной пластинки (без прикрепления к верхней челюсти).

Глубокая головка медиальной крыловидной мышцы берет начало от медиальной поверхности латеральной крыловидной пластинки клиновидной кости, крыловидной ямки и латеральной поверхности медиальной крыловидной пластинки. Между ними проходит нижняя головка латеральной крыловидной мышцы. Обе головки сливаются и прикрепляются к внутренней поверхности угла и ветви нижней челюсти, в области крыловидной бугристости. Вместе с жевательной мышцей глубокая головка медиальной крыловидной мышцы образует функциональную петлю, поддерживающую угол нижней челюсти (рис. 2).

Длина медиальной крыловидной мышцы от крыловидного отростка основной кости до угла нижней челюсти в среднем составляет 40–50 мм, ширина на уровне середины мышцы — 10–15 мм, толщина в средней части брюшка равна 15–20 мм. Верхние волокна медиальной

крыловидной мышцы направлены вертикально вниз, участвуют в поднятии нижней челюсти. Нижние волокна расположены горизонтально назад и принимают участие в выдвигании нижней челюсти вперед.

Медиальная крыловидная мышца содержит внутренние сухожильные пластинки (апоневрозы), между которыми крепятся короткие мышечные пучки, что позволяет «упаковать» больше сократительных элементов (волокон) в ограниченном пространстве. Это значительно увеличивает силу мышцы [17, 18].

В литературе имеются сведения о наличии дополнительной связи между медиальной крыловидной мышцей и шиловидно-язычной мышцей за счет сухожилия. Его ширина 5 мм, толщина 1–3 мм и длина 7–10 мм. Кроме того, встречаются данные о наличии тонкой добавочной мышцы треугольной формы длиной около 20 мм (встречается у 15–30% людей). Она начинается от заднего края латеральной крыловидной пластинки (у овального отверстия) и вплетается в верхнюю часть глубокой головки медиальной крыловидной мышцы. Эта мышца участвует в боковых движениях нижней челюсти и выдвиганиях ее вперед. Гипертрофия добавочной мышцы провоцирует преждевременные контакты бугорков моляров и, как следствие, мышечный спазм [19].

Гистологическое строение

Мышца характеризуется профилем, типичным для быстрых и мощных фазных мышц, с преобладанием быстрых волокон в сумме ~60–64% (тип IIa — 30,4±6% и тип IIx — 28,6±7,3%) над медленными (29,6±2,5%). Специализированная «жевательная» изоформа миозина (MHC-M) присутствует только на уровне мРНК (11,3±9,7%), но не трансформируется в функциональный белок. Она характерна для жевательных мышц хищных млекопитающих (например, приматов). Ген MYH16, ответственный за синтез белка MHC-M, у человека нефункционален (является псевдогеном) из-за мутации в процессе эволюции. Медиальная крыловидная мышца гистологически адаптирована для обеспечения силового ресурса для поднятия нижней челюсти [20].

Кровоснабжение и иннервация

Медиальная крыловидная мышца получает кровоснабжение из двух основных источников: крыловидные ветви верхнечелюстной артерии и мышечные ветви лицевой артерии. Довольно редко мышца получает прямую ветвь от наружной сонной артерии. Основной путь оттока крови проходит через крыловидное венозное сплетение в верхнечелюстные вены, затем в лицевую или занижнечелюстную вену, далее — во внутреннюю яремную вену [21].

Медиальная крыловидная мышца иннервируется медиальным крыловидным нервом — ветвью нижнечелюстного нерва, который входит в мышцу с ее дистальной границы или медиальной части верхне-заднего края. G. Dupont и соавт. (2021) по результатам анатомического препарирования описали случай иннервации мышцы ветвью язычного нерва диаметром 0,52 мм. Классическая ветвь от нижнечелюстного нерва при этом отсутствовала [22].

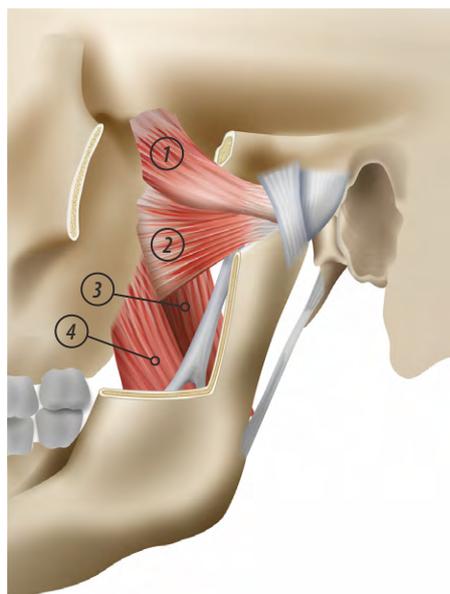


Рис. 2. Схема расположения латеральной (1 — верхняя головка, 2 — нижняя головка) и медиальной (3 — глубокая головка, 4 — поверхностная головка) крыловидных мышц в сагиттальной плоскости. Рисунок авторов

Fig. 2. Schematic arrangement of the lateral pterygoid muscle (1 — superior head; 2 — inferior head) and medial pterygoid muscle (3 — deep head; 4 — superficial head) in the sagittal plane. Original illustration

На основании вышеизложенного медиальная крыловидная мышца — четырехугольная, с двумя головками (поверхностной и глубокой), прикрепляющимися к крыловидной бугристости нижней челюсти и образующими с собственно жевательной мышцей функциональную петлю. Ее верхние волокна поднимают нижнюю челюсть, нижние — выдвигают ее вперед. Гистологически преобладают гибридные и медленные волокна I типа. Для медиальной крыловидной мышцы характерны вариации строения, в частности с наличием добавочной мышцы, а также сухожильной связи с шилоязычной мышцей. Иннервация осуществляется преимущественно медиальным крыловидным нервом (хотя встречаются аномалии: иннервация за счет язычного нерва), а кровоснабжение обеспечивается ветвями верхнечелюстной и лицевой артерий. Из-за тесной связи с латеральной крыловидной мышцей их изолированная пальпация трудновыполнима.

Знание возможных вариантов прикрепления мышцы важно при операциях в крыловидно-нижнечелюстной области (остеотомия, удаление новообразований) для предотвращения ее повреждения. Изучение анатомии мышцы в каждом конкретном случае способствует повышению точности диагностики и оптимизации локальной терапии (физиолечение) при функциональных нарушениях.

ЛАТЕРАЛЬНАЯ КРЫЛОВИДНАЯ МЫШЦА (*M. PTERYGOIDEUS LATERALIS*)

Анатомическое строение

Короткая и объемная мышца по сравнению с другими жевательными мышцами. По форме напоминает треугольную пирамиду. Ее широкое основание направлено кверху, а вершина — книзу и кзади (к области прикрепления к нижней челюсти). Форма пирамиды объясняет ее роль в создании горизонтальных векторов силы при жевании. Латеральная крыловидная мышца разделена на две головки, различающиеся по размерам и направлению волокон. Так, верхняя головка мышцы начинается от подвисочной поверхности большого крыла клиновидной кости и верхней части латерального крыловидного отростка. По размеру она составляет около $\frac{1}{3}$ объема нижней головки мышцы. Волокна длиной

около 15–25 мм имеют косое направление назад и медиально по направлению к переднемедиальному краю суставного диска и капсуле [18].

В исследовании Р. Boonruangsri и соавт. (2019) сообщается о том, что гипертрофия или спазм верхней головки латеральной крыловидной мышцы может приводить к ущемлению задних ветвей нижнечелюстного нерва. Компрессия мышцей язычного и нижнего альвеолярного нервов может вызывать нейропатическую боль в ВНЧС и прозопалгию [23].

Нижняя головка латеральной крыловидной мышцы берет свое начало от нижних $\frac{2}{3}$ латерального крыловидного отростка и пирамидального отростка небной кости, реже от бугра верхней челюсти. Ее волокна длиной 30–40 мм идут горизонтально кзади и несколько латерально по направлению к крыловидной ямке шейки мышцелкового отростка нижней челюсти. В литературе встречаются сведения о прикреплении мышцы, помимо крыловидной ямки, к медиальной поверхности мышцелка (~30% случаев). Таким образом, формируется морфологически и функционально обособленная субъединица, критически важная для трехмерной координации движений нижней челюсти. Граница между верхней и нижней головками обусловлена разной направленностью волокон и прохождением верхнечелюстной артерии (между головками мышцы) [24].

Согласно исследованию Л.А. Игнатъевой и соавт. (2024), по данным МРТ-исследований в 28% случаев встречается вариация строения с третьей головкой латеральной крыловидной мышцы. Она располагается между верхней и нижней головками и чаще всего прикрепляется к шейке мышцелкового отростка нижней челюсти. Авторы отмечают значимую связь между типом крепления мышцы и положением суставного диска у пациентов с дисфункцией ВНЧС. При классическом типе строения мышцы наблюдается преимущественно переднее смещение диска. При наличии третьей головки мышцы отмечается в равной степени нормальное, переднее и передне-боковое положения диска [25].

В аналогичных ранних исследованиях авторы также отмечают вариабельность прикрепления верхнего пучка мышцы: только к суставному диску; к диску и шейке мышцелкового отростка; при наличии третьего пучка — к мышцелковому отростку (рис. 3) [14, 26].

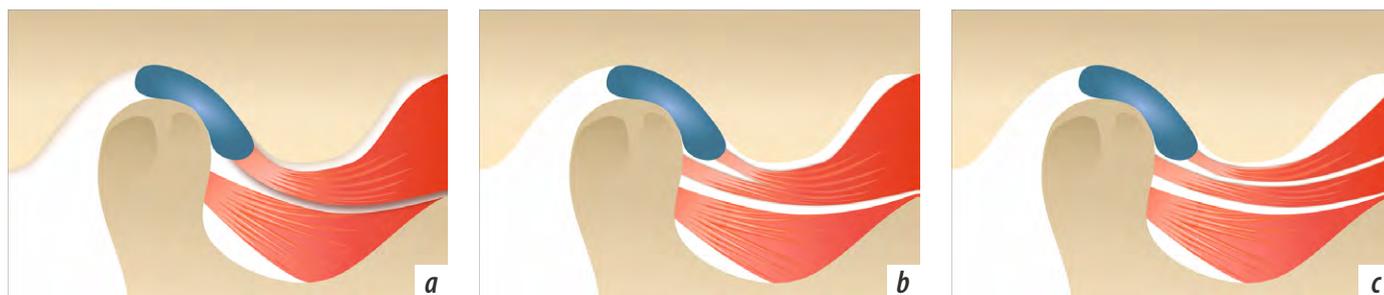


Рис. 3. Различные типы прикрепления латеральной крыловидной мышцы на основе МРТ-изображений: а — верхний пучок мышцы прикрепляется только к суставному диску; б — верхний пучок мышцы прикрепляется к диску и шейке мышцелкового отростка; в — изолированное прикрепление третьего пучка мышцы к мышцелковому отростку. Рисунок авторов

Fig. 3. Variants of lateral pterygoid muscle attachment based on MRI images: a — Superior muscle bundle attaches exclusively to the articular disc; b — Superior bundle attaches to both the disc and the condylar neck; c — Isolated attachment of the third muscle bundle to the condylar process. Original illustration

В исследовании А.С. Albu и соавт. (2025) сообщается о следующих анатомических вариациях [27]:

- у 63,1% обследованных латеральная крыловидная мышца имеет классическое строение, то есть является двухглавой;
- у 13,5% лиц встречаются 3 головки, при этом добавочная медиальная головка находится на подвижной поверхности большого крыла клиновидной кости;
- в 13,6% случаев имеется 3 головки, однако добавочная средняя головка находится на латеральной пластинке крыловидного отростка;
- у 1,1% обследованных обнаружена только нижняя головка мышцы (крайне редкий вариант);
- в 8,7% случаев выявлено одно большое мышечное брюшко (одноглавая мышца).

В литературе встречаются также описания редких вариаций строения мышц, имеющих связь с латеральной крыловидной мышцей. При МРТ-сканировании *in vivo* у 12,82% обследованных и в анатомических исследованиях у 1,26% обследованных обнаружена собственно крыловидная мышца, идущая от костного выступа на нижней поверхности большого крыла клиновидной кости. Она прикрепляется к заднему краю латеральной крыловидной пластинки, верхнечелюстному бугру или крыловидно-нижнечелюстному шву. Другими словами, она располагается между латеральной крыловидной мышцей и верхней челюстью. Эта мышца меняет вектор силы при сокращении, потенциально вызывая асимметрию движений нижней челюсти [28].

В литературе также описана челюстно-нижнечелюстная мышца, волокна которой могут начинаться от задней поверхности верхней челюсти и проходить параллельно нижней головке латеральной крыловидной мышцы без слияния с ней. Данная мышца создает дополнительную силу при выдвигании нижней челюсти вперед.

Еще одна мышца, крыловидно-остистая располагается снаружи от окостеневшей крыловидно-остистой связки и прикрепляется к ости клиновидной кости. Данная мышца служит для увеличения площади точки прикрепления нижней головки латеральной крыловидной мышцы и формирует дополнительный мышечный слой между крыловидными мышцами.

И, наконец, описана крыловидно-лицевая мышца, начинающаяся от латеральной крыловидной пластинки и прикрепляющаяся к фасции щечной мышцы или углу рта. Наличие таких дополнительных анатомических структур требует индивидуальной оценки магнитно-резонансных томограмм перед лечением пациентов заболеваний ВНЧС [29].

Гистологическое строение

В составе верхней и нижней головок мышцы доминируют гибридные (39,6±13,2 и 45,4±11,9% соответственно) и медленные волокна типа I (33,9±11,9 и 36,0±8,4% соответственно). Быстрые волокна типа IIa, устойчивые к утомлению, и типа IIx, быстро утомляемые, в верхней головке содержатся в 22,9±16,8 и 3,5±5,9% случаев;

в нижней — 15,1±12,6% и 3,5±6,7%, соответственно. По доле быстрых волокон в составе латеральная крыловидная мышца занимает промежуточное положение между мышцами, поднимающими и опускающими нижнюю челюсть [30].

Кровоснабжение и иннервация

Исследуемая мышца получает кровоснабжение из бассейна верхнечелюстной артерии, являющейся конечной ветвью наружной сонной артерии. Основным непосредственным источником питания является глубокая височная артерия, подходящая к верхнему полюсу мышцы. Дополнительно мышцу могут питать крыловидные ветви, отходящие от верхнечелюстной артерии и расположенные вдоль поверхности мышцы с проникновением в ее толщу. Также восходящая глоточная артерия может участвовать в кровоснабжении медиальной части мышцы. Лицевая артерия через свои мелкие ветви иногда анастомозирует с крыловидными сосудами. Венозный отток от мышцы осуществляется через крыловидное венозное сплетение [31, 32].

Латеральная крыловидная мышца получает двигательную иннервацию от переднего ствола нижнечелюстного нерва через три ветви. Верхняя ветвь иннервирует верхнюю головку мышцы, а средняя и нижняя ветви — нижнюю головку. Если есть третья головка (вариация), то каждая головка получает иннервацию от соответствующей ветви этого нерва [33].

Модель функционирования латеральной крыловидной мышцы дает возможность создавать разнонаправленные векторы движения нижней челюсти при активации разных головок мышцы. Так, верхний пучок сокращается при закрывании рта, движении челюсти назад и ипсилатеральных движениях (движение нижней челюсти в ту же сторону, что и сокращающаяся мышца). Нижний пучок работает при открывании рта, выдвигании челюсти вперед и контралатеральных движениях (при сокращении мышцы на одной стороне, нижняя челюсть смещается в противоположную сторону).

Верхний пучок латеральной крыловидной мышцы функционально разделен на три зоны: медиальная активна при открывании рта, движении нижней челюсти вперед, контралатеральных движениях (как нижний пучок) нижней челюсти; центральная — обладает вариабельной активностью; латеральная сокращается при закрывании рта, движении нижней челюсти назад, ипсилатеральных движениях нижней челюсти. Нижний пучок латеральной крыловидной мышцы инициирует контралатеральные движения и контролирует мелкую моторику челюсти. В частности, при открывании рта сокращается нижний пучок и расслабляется верхний, позволяя суставному диску скользить вперед. При закрывании рта верхний пучок сокращается, а нижний расслабляется, возвращая диск назад. Таким образом, мышца участвует в позиционировании суставного диска [34]. На рисунке представлена схема ориентации головок латеральной крыловидной мышцы и их активации при различных движениях нижней челюсти (рис. 4).

Латеральная крыловидная мышца, короткая, треугольной формы, играет ключевую роль в горизонтальных движениях челюсти. Она состоит из двух функционально разных головок. Верхняя головка крепится к суставному диску, и ее гипертрофия/спазм может являться причиной нейропатической боли из-за компрессии нервов. Нижняя головка фиксируется к шейке мыщелкового отростка и отвечает за открывание рта и выдвигание нижней челюсти вперед. Согласно МРТ-исследованиям, у 28% людей встречается третья головка, влияющая на положение диска сустава. Латеральная крыловидная мышца синхронизирует движение челюсти и диска: при открывании рта нижняя головка выдвигает их вперед, а при закрывании — верхняя головка возвращает диск назад. Исследуемая мышца иннервируется ветвями нижнечелюстного нерва, кровоснабжается верхнечелюстной артерией. Понимание особенностей анатомии и функционирования латеральной крыловидной мышцы крайне необходимо для диагностики и лечения пациентов с расстройствами ВНЧС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфология жевательных мышц человека представляет собой результат эволюционной адаптации к специфике движений нижней челюсти. Их сложное строение: разнонаправленные пучки волокон с гетерогенным составом, мощные сухожилия, уникальные точки прикрепления с множеством вариаций — обеспечивает не только колоссальную силу сжатия, но и тонкую координацию движений нижней челюсти. Детальное знание анатомии и гистологического строения этих мышц лежит в основе понимания физиологии и нарушений жевания, глотания



Рис. 4. Схема ориентации головок латеральной крыловидной мышцы и их активации при различных движениях нижней челюсти. Рисунок авторов

Fig. 4. Schematic orientation of the lateral pterygoid muscle heads and their activation during different mandibular movements. Original illustration

и речеобразования. Анатомические исследования вкупе с современными способами визуализации открывают перспективы для совершенствования и создания новых методов диагностики и лечения пациентов с широким спектром патологии челюстно-лицевой области.

Поступила/Received: 03.10.2025

Принята в печать/Accepted: 23.01.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Mezey S.E., Müller-Gerbl M., Toranelli M., Türp J.C. The human masseter muscle revisited: First description of its coronoid part. — *Ann Anat.* — 2022; 240: 151879. PMID: 34863910
- Gheorghie T.I., Leekam R., Lam E.W.N., Perschbacher S., Liebgott B., Agur A.M.R. A dynamic ultrasonographic in vivo study of the musculo-aponeurotic architecture of the human masseter muscle. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2021; 132 (5): 609—615. PMID: 33781750
- de Lima F.V.M., Oliveira-Neto O.B., Lemos G.A. The third part of the masseter muscle: Anatomical and functional aspects. — *Journal of Morphological Sciences.* — 2022; 39: 366—371
- Fukino K., Tsutsumi M., Honda E., Nimura A., Iwanaga J., Akita K. Contribution of the complex comprising the masticatory fascia, disc, and capsule to temporomandibular joint stabilization: An anatomical study. — *Ann Anat.* — 2024; 254: 152268. PMID: 38657780
- Латышева Н.В., Филатова Е.Г., Осипова В.В. Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава как наиболее частая причина боли в лице: современное состояние проблемы. — *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* — 2017; 10: 106—113. [Latysheva N.V., Filatova E.G., Osipova V.V. Temporomandibular disorder as the most prevalent cause of facial pain: current evidence. — *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* — 2017; 10: 106—113 (In Russian). eLibrary ID: 30604573]
- Raoul G., Rowlerson A., Sciote J., Codaccioni E., Stevens L., Maura C.A., Duhamel A., Ferri J. Masseter myosin heavy chain composition varies with mandibular asymmetry. — *J Craniofac Surg.* — 2011; 22 (3): 1093—8. PMID: 21586952
- Nicot R., Raoul G., Vieira A.R., Ferri J., Sciote J.J. ACTN3 genotype influences masseter muscle characteristics and self-reported bruxism. — *Oral Dis.* — 2023; 29 (1): 232—244. PMID: 34773324
- Ottone N.E., Sandoval C., Cid-Gutierrez P., Vásquez-Balboa M.L., Tubbs R.S., Fuentes R. Systematic review and meta-analysis of the anatomy of the maxillary artery using the Anatomical Quality Assurance (AQUA) checklist. — *Surg Radiol Anat.* — 2021; 43 (11): 1875—1886. PMID: 34480213
- Akita K., Sakaguchi-Kuma T., Fukino K., Ono T. Masticatory muscles and branches of mandibular nerve: Positional relationships between various muscle bundles and their innervating branches. — *Anat Rec (Hoboken).* — 2019; 302 (4): 609—619. PMID: 30312011
- Matarese G., Isola G., Alibrandi A., Lo Gullo A., Bagnato G., Cordasco G., Perillo L. Occlusal and MRI characterizations in systemic sclerosis patients: A prospective study from Southern Italian cohort. — *Joint Bone Spine.* — 2016; 83 (1): 57—62. PMID: 26552635
- Garrido L.C.F., Simonetti G., Saleh S.O., Hojaij F., Andrade M., Jacomo A.L., Akamatsu F.E. Anatomical bases of the temporal muscle trigger points. — *Biomed Res Int.* — 2024; 2024: 6641346. PMID: 38435541
- Prasidha I., Singla A., Rawther T., Ngo Q. The temporalis muscle and its relationship to the accessory attachments and the main pedicle—a cadaveric study. — *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* — 2020; 73 (6): 1122—1129. PMID: 32139338
- Yu S.K., Kim T.H., Yang K.Y., Bae C.J., Kim H.J. Morphology of the temporalis muscle focusing on the tendinous attachment onto the coronoid process. — *Anat Cell Biol.* — 2021; 54 (3): 308—314. PMID: 34353976

14. Бутова А.В., Ицкович И.Э., Силин А.В., Синицина Т.М., Малецкий Э.Ю., Кажели М.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике патологии жевательных мышц при мышечно-суставной дисфункции височно-нижнечелюстных суставов. — *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. — 2016; 3: 13—18.
[Butova A.V., Itskovich I.E., Silin A.V., Sinitcina T.M., Maletskiy E.Yu., Kakheli M.A. Mri possibilities of the masticatory muscles alteration diagnostics at musculoarticular temporomandibular joint dysfunction. — *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. — 2016; 3: 13—18 (In Russian)]. [eLibrary ID: 27470076](#)
15. Guimarães T.B., Ferreira M.B., Wakamatsu A., Oliveira S.R., Guimarães A.S., Suazo G.I., Marie S.N. Muscle fiber type composition, fiber diameter, capillary density in temporalis and masseter muscles and correlation with bite force. — *International Journal of Morphology*. — 2013; 31 (2): 747—753. [DOI: 10.4067/S0717-95022013000200064](#)
16. Rougier G., Ganry L. Temporalis muscle vasculature directly derived of the middle meningeal artery: a case report and review. — *Anat Sci Int*. — 2021; 96 (3): 478—480. [PMID: 33576928](#)
17. Golub B., Bordoni B. Neuroanatomy, Pterygoid Plexus. — Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. — Pp. 1—3. [PMID: 32310356](#)
18. Jain P., Rathee M. Anatomy, Head and Neck, Medial Pterygoid Muscle. — Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. — Pp. 1—3. [PMID: 31536196](#)
19. Kim P.W. Abnormal relationship with the styloglossus and medial pterygoid muscles: A description of two cases. — *FASEB Journal*. — 2022; 51: 36. [DOI: 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R4380](#)
20. Ciurana N., Artells R., Casado A., Potau J.M. Expression of myosin heavy chain isoform mRNA transcripts in the masseter and medial pterygoid muscles. — *International Journal of Morphology*. — 2021; 5: 1406—1411 (In). [DOI: 10.4067/S0717-95022021000501406](#)
21. Bhojwani V., Ghabriel M.N., Mihailidis S., Townsend G.C. The human medial pterygoid muscle: Attachments and distribution of muscle spindles. — *Clin Anat*. — 2017; 30 (8): 1064—1071. [PMID: 28639342](#)
22. Dupont G., Iwanaga J., Tubbs R.S. Variant innervation of the medial pterygoid muscle from the lingual nerve. — *Kurume Med J*. — 2021; 66 (2): 135—138. [PMID: 34135200](#)
23. Boonruangsri P., Suwannarat P., Thongmak S. Entrapment of posterior divisions of the mandibular nerve by the lateral pterygoid muscle. — *Srinagarind Medical Journal*. — 2019; 34 (4): 324—327.
24. Sritara S., Tsutsumi M., Fukino K., Matsumoto Y., Ono T., Akita K. Evaluating the morphological features of the lateral pterygoid insertion into the medial surface of the condylar process. — *Clin Exp Dent Res*. — 2021; 7 (2): 219—225. [PMID: 33205570](#)
25. Игнатьева Л.А., Хамитова Н.Х., Якимова Ю.Ю., Хадыева М.Н., Петрищенко Е.А. Зависимость между дисфункцией ВНЧС и анатомией латеральной крыловидной мышцы. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 3: 108—111.
[Ignateva L.A., Khamitova N.Kh., Yakimova Yu.Yu., Khadyeva M.N., Petrishchenko E.A. The relationship between TMJ dysfunction and the anatomy of the lateral pterygoid muscle. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2024; 3: 108—111 (In Russian)]. [eLibrary ID: 71035258](#)
26. Litko M., Szkutnik J., Berger M., Różyło-Kalinowska I. Correlation between the lateral pterygoid muscle attachment type and temporomandibular joint disc position in magnetic resonance imaging. — *Dentomaxillofac Radiol*. — 2016; 45 (8): 20160229. [PMID: 27506381](#)
27. Albu A.C., Tudose R.C., Vrapciu A.D., Rusu M.C. Beyond two heads: An imaging-based analysis of the lateral pterygoid muscle's heads. — *Ann Anat*. — 2025; 259: 152387. [PMID: 39884443](#)
28. Mandal G., Montalbano M., Natsis K., Piagkou M., Tubbs R.S., Loukas M. Musculus pterygoideus proprius: A meta-analysis. — *Clin Anat*. — 2024; 37 (8): 859—868. [PMID: 37964709](#)
29. Rusu M.C., Toader C., Tudose R.C., Grigoriță L.O. Debate on the morphological variability of the lateral pterygoid muscle—discrepancies, speculations and new original anatomical samples. — *Medicina (Kaunas)*. — 2024; 60 (12): 1913. [PMID: 39768794](#)
30. Korfage J.A., Van Eijden T.M. Myosin isoform composition of the human medial and lateral pterygoid muscles. — *J Dent Res*. — 2000; 79 (8): 1618—25. [PMID: 11023285](#)
31. Gofur E.M., Al Khalili Y. Anatomy, Head and Neck: Internal Maxillary Arteries. — Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. — Pp. 1—4. [PMID: 31194441](#)
32. Rajeshwari M.S., Pushpa M.S. Study of lateral pterygoid muscle and its relation with the maxillary artery and buccal nerve and an anatomical classification based on its insertion. — *International Journal of Anatomy and Research*. — 2015; 3 (4): 1680—1684. [DOI: 10.16965/ijar.2015.315](#)
33. Valenzuela J., Orellana M., Gold M.H., Garcia G., Santana A. Anatomy of the lateral pterygoid muscle and its relationship with temporomandibular disorders. A literature review review. — *European Journal of Anatomy*. — 2020; 24 (3): 249—256.
34. Pantea V., Tabara F., Ceban M., Burduja V., Nistor L., Ursu O. The role of the lateral pterygoid muscle in temporomandibular disorders. — *Revista de Științe ale Sănătății din Moldova*. — 2023; 3: 73—79. [DOI: 10.52645/MJHS.2023.3.09](#)

Эндодонтия

viv
ВЛАДМИВА

на правах рекламы

Биокерамин

биокерамический силер
на основе силиката кальция

для постоянного пломбирования
корневых каналов зубов
при лечении пульпита
или апикального периодонтита

Комплектация

паста – 2 г

Преимущества

- хорошая текучесть
- рентгеноконтрастность
- антибактериальное действие
- высокая щелочность (pH ~ 12,0)
- образование химической связи со структурой зуба
- превосходная биосовместимость
- предварительно смешанная форма
- способность твердеть во влажной среде
- отсутствие усадки в процессе твердения
- обеспечение герметичности пломбирования
- стимулирование регенерации костной ткани

Аналог:

Total Fill - BC sealer (FKG Dentaire SA),
Швейцария



DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_94

[А.И. Миндубаев,](#)

ассистент кафедры ортопедической стоматологии

[А.У. Зиганшин,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой фармакологии

[Л.Р. Шакирова,](#)

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии

[Г.Т. Салеева,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии

[Д.Э. Цыплаков,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой общей патологии

Казанский ГМУ, 420012, Казань, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Миндубаев А.И., Зиганшин А.У., Шакирова Л.Р., Салеева Г.Т., Цыплаков Д.Э. Разработка и обоснование применения препарата АТФ при лечении периодонтита у лабораторных крыс. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 94—101. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_94

[A.I. Mindubaev,](#)

assistant at the Prosthodontics Department

[A.U. Ziganshin,](#)

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Pharmacology Department

[L.R. Shakirova,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics Department

[G.T. Saleeva,](#)

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics Department

[D.E. Tsyplakov,](#)

Doctor of Science in Medicine, full professor of the General pathology Department

Kazan State Medical University,
420012, Kazan, Russia

Разработка и обоснование применения препарата АТФ при лечении периодонтита у лабораторных крыс

Реферат. Цель — изучить клиническую эффективность топического применения раствора динатриевой соли аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) при лечении экспериментального периодонтита у лабораторных животных. **Материалы и методы.** У 30 крыс линии Вистар экспериментально создавали модель периапикального периодонтита. По способу лечения животных поделили на 3 равные группы: I — без лечения (контроль); II — традиционное лечение периодонтита согласно клиническим рекомендациям; III — лечение с применением АТФ. На 7-е, 14-е и 21-е сутки лечения изучали периодонт с прилежащими фрагментами зуба и альвеолярного отростка верхней челюсти. Проводили иммуногистохимическое исследование при помощи моноклональных антител (МКАТ) для идентификации всех лейкоцитов, нейтрофильных лейкоцитов, Т-лимфоцитов, В-лимфоцитов, макрофагов и фибробластов. На гистологических срезах измеряли площадь неизменной ткани периодонта, кровеносных сосудов, тканей периодонта с диффузной воспалительной клеточной инфильтрацией, очагами лизиса и деструкции, а также с лейкоцитарно-некротическими массами. **Результаты.** Применение препарата АТФ дает лучшие результаты по сравнению с традиционным лечением при остром апикальном периодонтите (К04.4 у людей). Эффект от препарата реализуется к 14-м суткам лечения. Быстрее инактивируется воспалительный процесс с уменьшением клеточной инфильтрации краевого периодонта, а также с локализацией и уменьшением объема лейкоцитарно-некротических масс и очагов деструкции в апикальном периодонте. При этом происходит ускорение репаративной регенерации поврежденной ткани с отсутствием остаточных явлений от перенесенного воспаления и развития хронического периодонтита. Кроме того, использование АТФ предотвратило вовлечение в патологический процесс прилежащих к периодонту участка зуба и альвеолярного отростка челюсти. **Заключение.** При использовании препарата АТФ вместе с традиционным лечением экспериментально созданной модели периодонтита у крыс линии отмечали устранение клинических признаков воспаления в периодонтальной ткани и улучшение общего состояния.

Ключевые слова: периодонтит, морфология, иммуногистохимия, ирригация корневых каналов, АТФ

Development and justification of the use of the drug ATP in the treatment of periodontitis (experimental study)

Abstract. The aim is to study the clinical efficacy of topical application of adenosine triphosphate (ATP) disodium salt solution in the treatment of experimental periodontitis in laboratory animals. **Materials and methods.** A model of periapical periodontitis was experimentally created in 30 Wistar rats. The animals were divided into 3 equal groups based on the treatment method: I — no treatment (control); II — traditional treatment of periodontitis according to clinical recommendations; III — treatment with ATP. On days 7, 14, and 21 of treatment, the periodontium with adjacent fragments of the tooth and maxillary alveolar process was examined. Immunohistochemical examination was performed using monoclonal antibodies (MAb) to identify all leukocytes, neutrophilic leukocytes, T-lymphocytes, B-lymphocytes, macrophages, and fibroblasts. On histological sections, the area of unchanged periodontal tissue, blood vessels, periodontal tissues with diffuse inflammatory cellular infiltration, foci of lysis and destruction, and leukocyte-necrotic masses was measured. **Conclusions.** When using the ATP drug together with traditional treatment of an experimentally created model of periodontitis in rats, the clinical signs of inflammation in the periodontal tissue were eliminated and the general condition improved.

Key words: periodontitis, morphology, immunohistochemistry, root canal irrigation, ATP

FOR CITATION:

Mindubaev A.I., Ziganshin A.U., Shakirova L.R., Saleeva G.T., Tsyplakov D.E. Development and justification of the use of the drug ATP in the treatment of periodontitis (experimental study). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 94—101 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_94

ВВЕДЕНИЕ

Лечение пациентов с хроническим периодонтитом — это одна из наиболее сложных и важных задач современной стоматологии. По сегодняшний день деструктивные формы периодонтита остаются основной причиной удаления зубов, кроме того, периодонтит способен привести к развитию таких серьезных осложнений, как периостит, флегмона, остеомиелит. Главную роль в развитии верхушечного периодонтита отводят инфекционному фактору. Однако интенсивность и характер воспаления в периодонте зависят не только от микробов и их токсинов, но и от состояния местной и общей реактивности организма [1].

Основным объектом воздействия при лечении хронического периодонтита является инфицированный корневой канал с его многочисленными разветвлениями, дентинными канальцами, а также ткань периодонта, находящаяся в состоянии острого или хронического воспаления. Многообразие анатомических вариаций формы и количества корневых каналов составляет большую проблему при их очищении. Для антисептической обработки корневого канала широко используются хлор- и йодсодержащие препараты, окислители, антисептики, антибиотики различных групп, сульфаниламиды, протеолитические ферменты, препараты нитрофуранового ряда. Однако даже самая тщательная медикаментозная обработка корневого канала не гарантирует рецидива, так как после традиционных эндодонтических манипуляций в глубоких слоях дентинных канальцев и периапикальных тканей сохраняется патогенная микрофлора [2]. К основным недостаткам предложенных методик относится недостаточная для полной элиминации патогенных микроорганизмов экспозиция. Обычно применяемые лекарственные средства эффективны лишь незначительное время, а временная пломба редко остается герметичной.

Таким образом, при традиционном подходе к лечению воспалительного процесса в периодонте наблюдается частое отсутствие регресса очага периапикальной деструкции, поэтому проблема повышения эффективности лечения деструктивных форм хронического верхушечного периодонтита остается актуальной.

АТФ — нуклеозидтрифосфат, который играет основную роль в обмене энергии в клетках живых организмов, универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. Известно, что высокие концентрации внеклеточной АТФ приводят к выраженному угнетению роста опухолевых клеток, оказывают цитостатическое и цитотоксическое действие на ряд опухолей. Возможным механизмом противоопухолевого действия АТФ можно считать стимулирование P2X₂-рецепторов, которое приводит к открытию неспецифических пор в мембране клетки и к их последующему

апоптозу [3, 4]. Также известно, что во время развития воспалительных процессов создаются условия для высвобождения больших количеств АТФ во внеклеточное пространство, что усиливает боль и воспаление. Установлено наличие P2-рецепторов на поверхности клеток, которые принимают участие в воспалительных и иммунных реакциях (лимфоциты, тучные клетки, нейтрофилы и т. д.), в связи с этим и была доказана противовоспалительная активность у антагонистов P2-рецепторов [5, 6]. Ранее изучение применения препарата АТФ в клинических исследованиях по стоматологии не проводили.

Цель — изучить клиническую эффективность топического применения препарата АТФ при экспериментальном периодонтите у лабораторных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на 30 самцах крыс линии Вистар массой 0,4—0,5 кг (средняя масса — 0,45±0,05 кг) в возрасте 6 месяцев. Крысы были прооперированы под общим наркозом (0,10 мл золетила-50 и 0,05 мл ксилазина внутримышечно). Для наркоза были использованы стерильные инсулиновые одноразовые шприцы.

Для создания экспериментальной модели периодонтита была проведена перфорация верхнего бокового первого жевательного зуба справа стоматологическим алмазным шаровидным бором (красный) диаметром 1 мм. После вскрытия полости зуба проведено обсеменение корневого канала с помощью К-файла 15-го размера и материала, полученного из корневого канала у пациента с апикальным периодонтитом. Зуб был оставлен открытым. Диагноз «периодонтит» (K04.4) получили на 28-й день после вскрытия и обсеменения корневого канала зуба [7].

По завершении создания периодонтита животные были разделены на 3 группы по способу лечения:

- I — без лечения — контрольная группа;
- II — традиционное лечение в соответствии с действующими клиническими рекомендациями при диагнозе «Болезни периапикальных тканей»;
- III — традиционное лечение и применение 20%-ного водного раствора динатриевой соли АТФ (производитель Pro.Bio.Sint S.p.A., Италия).

В опытной III группе лабораторные крысы получали лечение, которое на 28-е сутки включало механическую обработку корневого канала, ирригацию 3%-ным раствором гипохлорана, ирригацию дистиллированной водой, ирригацию 20%-ным раствором АТФ, высушивание и obturацию корневого канала гуттаперчей, закрытие под временную пломбу.

Был изучен периодонт с прилежащими фрагментами зуба и альвеолярного отростка челюсти на 7-е, 14-е и 21-е сутки после моделирования периодонтита и начала лечения. Фиксацию материала осуществляли

в 10%-ном нейтральном формалине. Гистологические препараты кости изготавливали по специальной методике [8, 9]. После декальцинации и обезвоживания осуществляли заливку материала в парафин, на микро-томе изготавливали срезы толщиной 5–7 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, а также пикрофуксином по Ван-Гизону.

Для количественного анализа применяли морфометрическую сетку случайного шага [10]. Определяли площади, занимаемые неизменным периодонтом, кровеносными сосудами, периодонта с наличием диффузной воспалительной клеточной инфильтрации, очагами лизиса и деструкции периодонта, а также лейкоцитарно-некротическими массами; рассчитывали в процентах от общей площади гистологического среза.

Проводили иммуногистохимическое исследование при помощи моноклональных антител (МКАТ) для идентификации всех лейкоцитов (МКАТ против CD45); нейтрофильных лейкоцитов (МКАТ против миелопероксидазы); Т-лимфоцитов (МКАТ против CD3); В-лимфоцитов (МКАТ против CD20); макрофагов (МКАТ против CD68); фибробластов (МКАТ против виментина). Использовали стандартный биотин-стрептавидин пероксидазный (LSAB) метод с диаминобензидином в качестве хромогена [11].

При статистической обработке данных для оценки статистической значимости различий между группами применяли *H*-критерий Краскела—Уоллиса. В случае выявления статистически значимых различий для парного сравнения групп применяли *U*-критерий Манна—Уитни.

Таблица 1. Доля структурных компонентов периодонта от общей площади гистологического среза на разных сроках эксперимента, % (Me [Q1; Q3])

	7-е сутки			14-е сутки			21-е сутки		
	I группа	II группа	III группа	I группа	II группа	III группа	I группа	II группа	III группа
Неизменный периодонт	20 [18; 21]	29 [28; 29]	32 [32; 33]	9 [8; 10]	56 [54; 57]	78 [77; 79]	—	88 [86; 89]	97 [97; 98]
Кровеносные сосуды	7 [6; 8]	5 [4; 5]	5 [5; 6]	9 [8; 11]	5 [4; 6]	4 [3; 4]	9 [9; 11]	4 [4; 6]	3 [2; 3]
Периодонт с наличием диффузной воспалительной клеточной инфильтрации	36 [34; 36]	40 [39; 42]	39 [38; 40]	33 [33; 36]	25 [24; 26]	9 [9; 10]	24 [23; 25]	7 [6; 9]	—
Очаги лизиса и деструкции периодонта	11 [9; 11]	7 [6; 7]	6 [5; 6]	18 [17; 21]	4 [3; 4]	2 [1; 2]	29 [28; 29]	—	—
Лейкоцитарно-некротические массы	25 [25; 28]	18 [18; 19]	17 [15; 17]	31 [30; 32]	10 [10; 11]	5 [4; 5]	38 [36; 39]	—	—

Таблица 2. Достоверность значимости различий при межгрупповом сравнении показателей

Показатель	7-е сутки			14-е сутки			21-е сутки		
	I и II	I и III	II и III	I и II	I и III	II и III	I и II	I и III	II и III
Неизменный периодонт	0,015	0,016	0,040	0,001	0,001	0,002	—	—	0,030
Кровеносные сосуды	0,015	0,014	0,790	0,001	0,011	0,610	0,002	<0,001	0,030
Периодонт с наличием диффузной воспалительной клеточной инфильтрации	0,470	0,520	0,920	0,051	0,009	0,003	0,002	—	—
Очаги лизиса и деструкции периодонта	0,008	0,003	0,220	0,010	0,002	0,003	—	—	—
Лейкоцитарно-некротические массы	0,036	0,033	0,950	0,020	0,007	0,005	—	—	—

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для описания выборочной совокупности количественных признаков использовали медиану (*Me*), нижний (25%) и верхний (75%) квартили (Q_1 и Q_3) в формате *Me* [Q_1 ; Q_3] (табл. 1), а для оценки статистической значимости различий между сравниваемыми группами возможно применение непараметрических статистических методов.

Для оценки статистической значимости различий между контрольной, II и III группами на 7-е, 14-е и 21-е сутки эксперимента на первом этапе применяли непараметрический дисперсионный анализ Краскела—Уоллиса. Если при применении критерия Краскела—Уоллиса выявлены статистически значимые различия, далее необходимо установить, конкретно какие группы различаются между собой. Для этого использовали множественные сравнения групп с использованием непараметрического *U*-критерия Манна—Уитни (табл. 2).

Наглядность различий между сравниваемыми группами на примере переменной «неизменный периодонт» на 14-е сутки эксперимента представлена на рис. 1.

7-е сутки лечения

В I группе во всех наблюдениях имели место явления острого периодонтита, преимущественно апикального (верхушечного), реже — маргинального (краевого, десневого; K04.04). Неизменная ткань занимала только $20,75 \pm 1,94\%$ от общей площади периодонта. Наблюдались отек с дисконфлексацией коллагеновых волокон, расширение просвета и полнокровие сосудов, иногда

Table 1. The proportion of periodontal structural components in the total area of the histological section at different stages of the experiment, % (Me [Q1; Q3])

	7-е сутки			14-е сутки			21-е сутки		
	I группа	II группа	III группа	I группа	II группа	III группа	I группа	II группа	III группа
Неизменный периодонт	20 [18; 21]	29 [28; 29]	32 [32; 33]	9 [8; 10]	56 [54; 57]	78 [77; 79]	—	88 [86; 89]	97 [97; 98]
Кровеносные сосуды	7 [6; 8]	5 [4; 5]	5 [5; 6]	9 [8; 11]	5 [4; 6]	4 [3; 4]	9 [9; 11]	4 [4; 6]	3 [2; 3]
Периодонт с наличием диффузной воспалительной клеточной инфильтрации	36 [34; 36]	40 [39; 42]	39 [38; 40]	33 [33; 36]	25 [24; 26]	9 [9; 10]	24 [23; 25]	7 [6; 9]	—
Очаги лизиса и деструкции периодонта	11 [9; 11]	7 [6; 7]	6 [5; 6]	18 [17; 21]	4 [3; 4]	2 [1; 2]	29 [28; 29]	—	—
Лейкоцитарно-некротические массы	25 [25; 28]	18 [18; 19]	17 [15; 17]	31 [30; 32]	10 [10; 11]	5 [4; 5]	38 [36; 39]	—	—

Table 2. Significance of differences in intergroup comparisons

Показатель	7-е сутки			14-е сутки			21-е сутки		
	I и II	I и III	II и III	I и II	I и III	II и III	I и II	I и III	II и III
Неизменный периодонт	0,015	0,016	0,040	0,001	0,001	0,002	—	—	0,030
Кровеносные сосуды	0,015	0,014	0,790	0,001	0,011	0,610	0,002	<0,001	0,030
Периодонт с наличием диффузной воспалительной клеточной инфильтрации	0,470	0,520	0,920	0,051	0,009	0,003	0,002	—	—
Очаги лизиса и деструкции периодонта	0,008	0,003	0,220	0,010	0,002	0,003	—	—	—
Лейкоцитарно-некротические массы	0,036	0,033	0,950	0,020	0,007	0,005	—	—	—

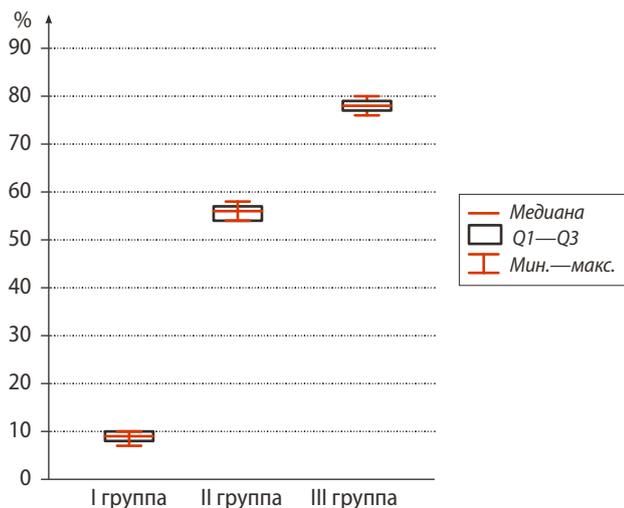


Рис. 1. Диаграмма размаха сравнения групп по доле площади неизменного периодонта на 14-е сутки лечения

Fig. 1. Comparison chart of the groups based on the proportion of unchanged periodontal tissue on the 14th day of treatment

с явлениями тромбообразования (рис. 2). Площадь сосудов составляла $7,18 \pm 0,45\%$. Определялись периваскулярный отек, краевое стояние и выход нейтрофилов и моноцитов за пределы сосудистого русла с образованием очаговых инфильтратов вокруг сосудов (рис. 3). Имелась выраженная диффузная воспалительная клеточная инфильтрация краевого периодонта (рис. 4). Площадь, занимаемая такой тканью, составляла $36,31 \pm 2,94\%$. Среди клеток инфильтрата преобладали нейтрофилы, что определялось МКАТ против миелопероксидазы. Также встречались отдельные $CD3^+$ Т-лимфоциты; $CD20^+$ В-лимфоциты и $CD68^+$ макрофаги. В апикальной области определялся обширный гнойный инфильтрат с лизисом коллагеновых волокон. Очаги деструкции ткани и лейкоцитарно-некротических масс на данном этапе эксперимента составили $10,68 \pm 0,86$ и $25,08 \pm 2,53\%$ соответственно. В то же время прилежащие к периодонту фрагменты зуба и альвеолярного отростка челюсти были интактными.

Во II группе явления острого воспаления сохранялись, но были менее выражены, чем в 1-й группе. Имелись полнокровные сосуды (площадь — $5,38 \pm 0,34\%$), умеренный интерстициальный и периваскулярный отек. Неизменный периодонт составлял $29,85 \pm 2,09\%$. Отмечалась воспалительная клеточная инфильтрация маргинального периодонта. Площадь, занимаемая таким периодонтом, составляла $39,56 \pm 3,09\%$. При этом в инфильтрате наряду с нейтрофилами определялось много макрофагов и лимфоцитов, что выявлялось МКАТ против $CD68$, $CD3$ и $CD20$ (рис. 5). Имел место верхушечный гнойный периодонтит (K04.7). При этом очаги лизиса и деструкции, а также лейкоцитарно-некротические массы в периодонте занимали меньшую площадь, чем в I группе, — $7,19 \pm 0,40$ и $18,02 \pm 1,02\%$ соответственно. Прилежащие к периодонту фрагменты зуба и альвеолярного отростка челюсти также в процесс не вовлекались.

На данном сроке эксперимента морфологические изменения периодонта у животных III группы были практически аналогичны изменениям, наблюдающимся

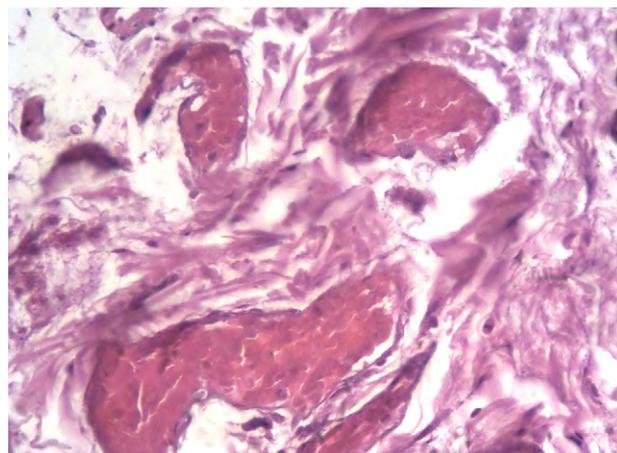


Рис. 2. Контрольная группа, 7-е сутки: расширение просвета, полнокровные сосуды и периваскулярный отек. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

Fig. 2. Control group, 7th day: dilation of the lumen, vascular congestion, and perivascular edema. Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

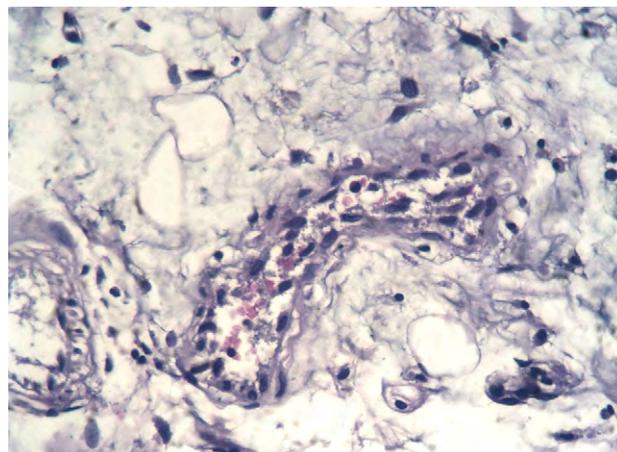


Рис. 3. Контрольная группа, 7-е сутки: краевое стояние и выход нейтрофилов и моноцитов за пределы сосудистого русла. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

Fig. 3. Control group, 7th day: marginal standing and exit of neutrophils and monocytes outside the vascular bed. Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

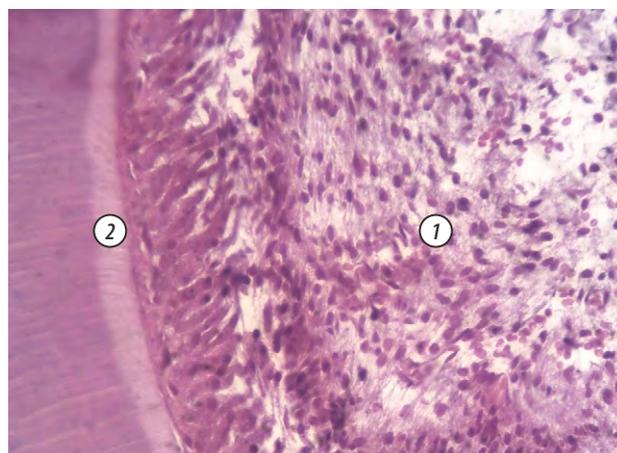


Рис. 4. Контрольная группа, 7-е сутки: диффузная воспалительная клеточная инфильтрация краевого периодонта (1); дентин (2). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

Fig. 4. Control group, 7th day: diffuse inflammatory cellular infiltration of the marginal periodontium (1); dentin (2). Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

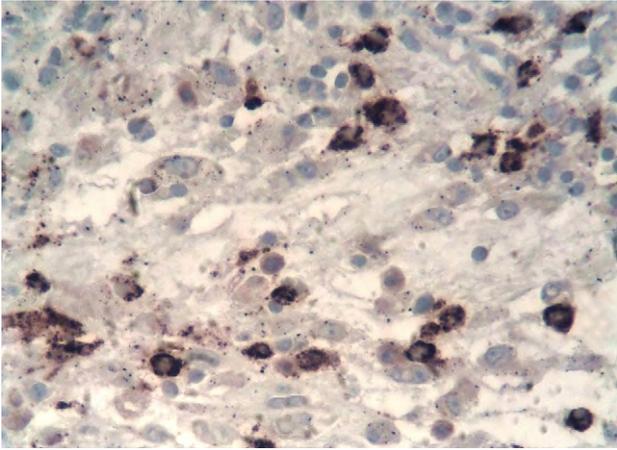


Рис. 5. II группа, 7-е сутки: CD68⁺ макрофаги в клеточном инфильтрате. LSAB с окраской гематоксилином, ув. 400
 Fig. 5. Group II, 7th day: CD68⁺ macrophages in the cellular infiltrate. LSAB with hematoxylin counterstaining, mag. 400x

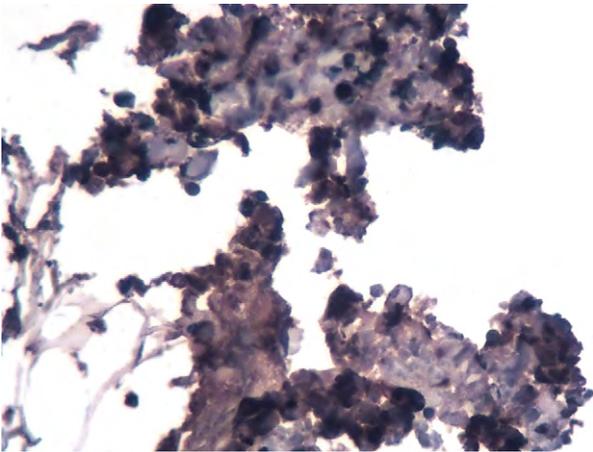


Рис. 6. Контрольная группа, 14-е сутки: лейкоцитарно-некротические массы, реакция с МКАТ против миелопероксидазы. LSAB с окраской гематоксилином, ув. 400
 Fig. 6. Control group, 14th day: leukocyte-necrotic masses, reaction with MCAT against myeloperoxidase. LSAB with hematoxylin counterstaining, mag. 400x



Рис. 7. Контрольная группа, 14-е сутки: очаг повреждения костной ткани (1) в месте соприкосновения с лейкоцитарно-некротическими массами (2). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400
 Fig. 7. Control group, 14th day: focal damage to bone tissue (1) at the site of contact with leukocyte-necrotic masses (2). Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

у животных из 2-й группы. Так, имели место диффузная воспалительная клеточная инфильтрация краевого периодонта и очаг гнойного воспаления в апикальной области. При этом морфометрический анализ всех изучаемых структур периодонта не показал статистически достоверных различий со II группой. Иммуногистохимическое исследование также не выявило перераспределения клеточных элементов в воспалительном инфильтрате.

14-е сутки лечения

В I группе явления острого воспаления значительно прогрессировали и захватывали практически весь периодонт. Неизменная ткань уменьшалась до $9,71 \pm 1,00\%$ от его общей площади. В краевом периодонте нарастал периваскулярный и интерстициальный отек с разволокнением коллагеновых волокон. Площадь, занимаемая тканью с диффузной воспалительной клеточной инфильтрацией, составляла $32,88 \pm 2,74\%$. Среди клеток инфильтрата продолжали значительно преобладать нейтрофилы, тогда как содержание CD3⁺ Т-лимфоцитов, CD20⁺ В-лимфоцитов и CD68⁺ макрофагов по сравнению с предыдущим сроком эксперимента оставалось на прежнем уровне. В апикальной области прогрессировал гнойный инфильтрат с очагами деструкции ткани и наличием обширных лейкоцитарно-некротических масс (рис. 6). Их площади увеличивались до $17,93 \pm 0,98$ и $30,67 \pm 2,37\%$ соответственно. На данном этапе эксперимента в процесс начинали вовлекаться прилежащие к периодонту участки зуба и альвеолярного отростка челюсти. Имела место очаговая деструкция цементобластов с истончением или отсутствием на отдельных участках цемента зуба. В альвеолярном отростке челюсти в местах соприкосновения с лейкоцитарно-некротическими массами периодонта появлялись очаги повреждения костной ткани (рис. 7).

Во II группе в результате проводимого лечения интенсивность воспалительной реакции в периодонте значительно снижалась. Неизменная ткань составляла $56,22 \pm 3,15\%$. В краевом периодонте уменьшались полнокровные сосуды (площадь — $5,31 \pm 0,34\%$), интерстициальный и периваскулярный отек. Значительно снизилась воспалительная клеточная инфильтрация маргинального периодонта. Площадь периодонта с воспалительной инфильтрацией составляла только $24,92 \pm 1,99\%$. При этом в инфильтрате нейтрофилы были единичными, что определялось МКАТ против миелопероксидазы. Здесь преобладали CD3⁺ Т-лимфоциты, CD20⁺ В-лимфоциты и CD68⁺ макрофаги (рис. 8). В апикальном периодонте происходило рассасывание лейкоцитарно-некротических масс, которые занимали небольшую площадь — $9,81 \pm 0,99\%$. В периодонте, в очагах лизиса и деструкции, экспрессия МКАТ против виментина выявляла пролиферацию фибробластов. Прилежащие к периодонту фрагменты зуба и альвеолярного отростка челюсти в большинстве наблюдений в процесс не вовлекались. Только в единичных случаях определялось истончение цемента зуба и небольшие поверхностные участки повреждения кости альвеолярного отростка.

Эффект от лечения в III группе на данном этапе был лучше, чем во II группе, что касалось, как диффузной

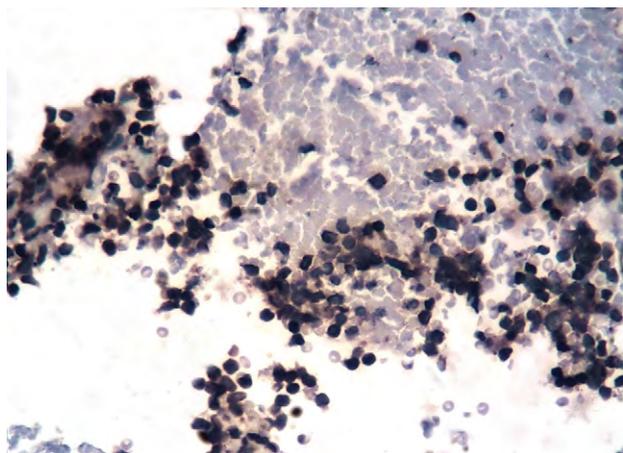


Рис. 8. II группа, 14-е сутки: CD3⁺ Т-лимфоциты в клеточном инфильтрате. LSAB с окраской гематоксилином, ув. 400
Fig. 8. Group II, 14th day: CD3⁺ T-lymphocytes in the cellular infiltrate. LSAB with hematoxylin counterstaining, mag. 400x

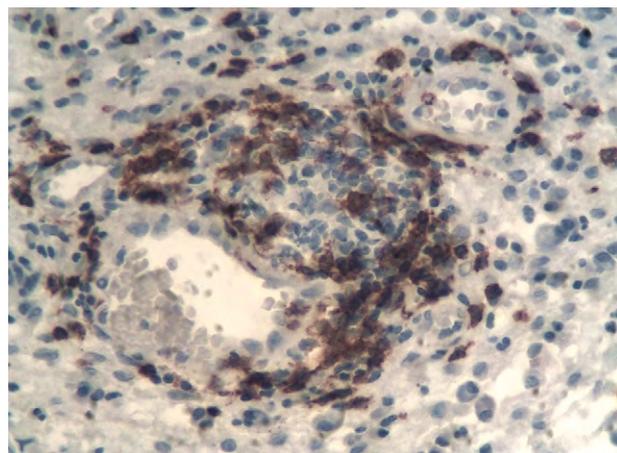


Рис. 9. III группа, 14-е сутки: периваскулярный инфильтрат из CD20⁺ В-лимфоцитов. LSAB с окраской гематоксилином, ув. 400
Fig. 9. Group III, 14th day: perivascular infiltrate of CD20⁺ B-lymphocytes. LSAB with hematoxylin counterstaining, mag. 400x

воспалительной клеточной инфильтрации краевого периодонта, так и очага гнойного воспаления в апикальной области. Так, морфометрический анализ структур периодонта показал статистически достоверные различия. Площадь, занимаемая неизменной тканью, увеличилась до $78,09 \pm 3,08\%$, тогда как площади с воспалительной инфильтрацией, с очагами деструкции и лейкоцитарно-некротических масс уменьшились в группах до $9,80 \pm 0,97$, $1,74 \pm 0,34$ и $5,43 \pm 0,42\%$ соответственно. Воспалительная клеточная инфильтрация краевого периодонта была незначительной и представлена преимущественно CD3⁺ Т-лимфоцитами и CD20⁺ В-лимфоцитами с отдельными CD68⁺ макрофагами, которые активно поступали сюда из кровеносных сосудов (рис. 9, 10). Макрофаги в основном были сконцентрированы в апикальной области, где вместе с виментин(+) фибробластами замещали очаг гнойного воспаления. Во всех наблюдениях данной группы прилежащие к периодонту участки зуба и альвеолярного отростка челюсти оставались интактными.

21-е сутки лечения

В I группе гнойное воспаление распространялось с апикальной области на весь периодонт. Наряду с диффузной нейтрофильной инфильтрацией выявлялись обширные участки деструкции ткани ($29,53 \pm 2,64\%$) и лейкоцитарно-некротических масс ($37,95 \pm 2,21\%$). В процесс вовлекались прилежащие к периодонту участки зуба и альвеолярного отростка челюсти, а также прикрепленная и свободная части десны (рис. 11, 12). Отмечалась деструкция цементобластов с разрушением цемента зуба. В альвеолярных отростках имелись участки воспаления с некрозом и лизисом костной ткани. Собственная пластинка слизистой оболочки десны была инфильтрирована нейтрофилами и макрофагами с примесью лимфоцитов, а многослойный плоский эпителий на отдельных участках был десквамирован. Признаки репаративной регенерации отсутствовали. Таким образом, на данном сроке эксперимента морфологически определялся острый периодонтит.

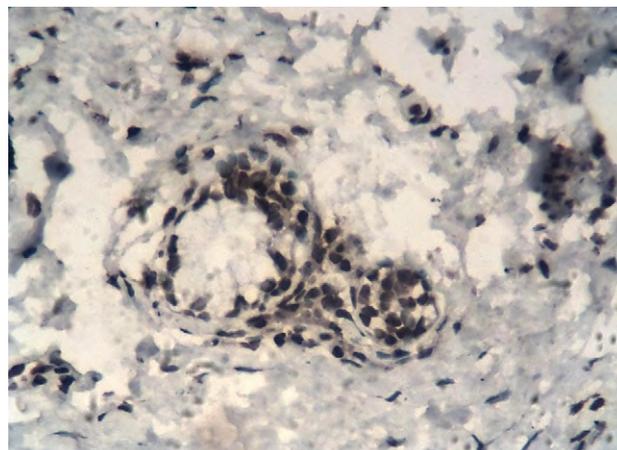


Рис. 10. 3-я группа, 14-е сутки: периваскулярный инфильтрат из CD3⁺ Т-лимфоцитов. LSAB с окраской гематоксилином, ув. 400
Fig. 10. Group 3, 14th day: perivascular infiltrate of CD3⁺ T-lymphocytes. LSAB with hematoxylin counterstaining, mag. 400x

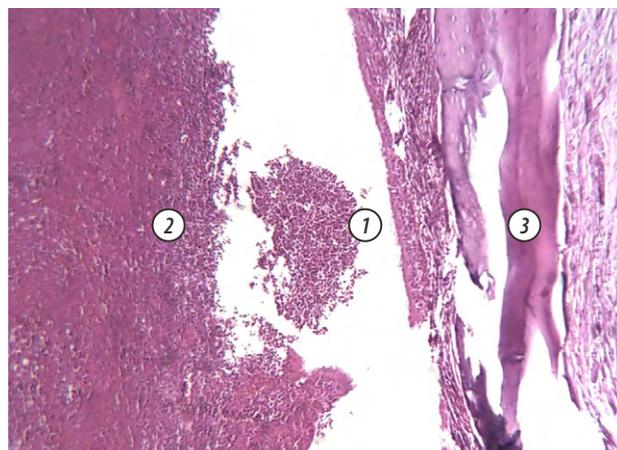


Рис. 11. Контрольная группа, 21-е сутки: лейкоцитарно-некротические массы на периодонте (1), гнойное расплавление дентина (2) и альвеолярного отростка челюсти (3). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200

Fig. 11. Control group, 21st day: leukocytic-necrotic masses on the periodontium (1), purulent melting of dentin (2), and the alveolar process of the jaw (3). Hematoxylin-eosin staining, mag. 200x

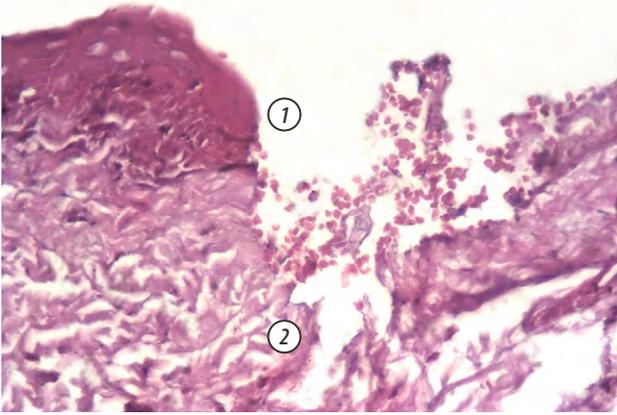


Рис. 12. Контрольная группа, 21-е сутки: деструкция многослойного плоского эпителия (1) и собственной пластинки слизистой оболочки (2) десны. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

Fig. 12. Control group, 21st day: destruction of the stratified squamous epithelium (1) and the lamina propria of the gingival mucosa (2). Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

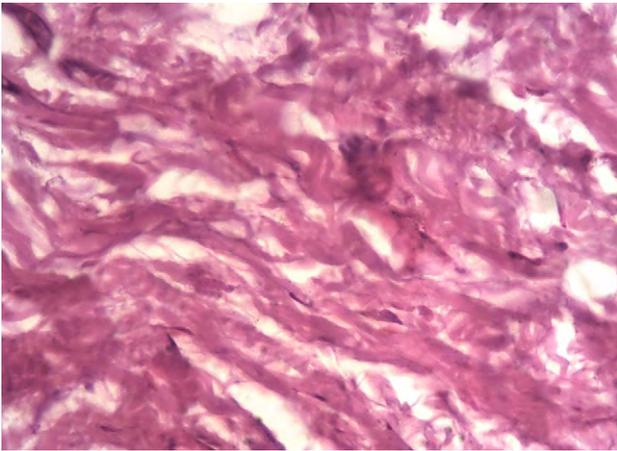


Рис. 13. II группа, 21-е сутки: склероз околоверхушечного участка периодонта. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

Fig. 13. Group II, 21st day: sclerosis of the periapical periodontium. Hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

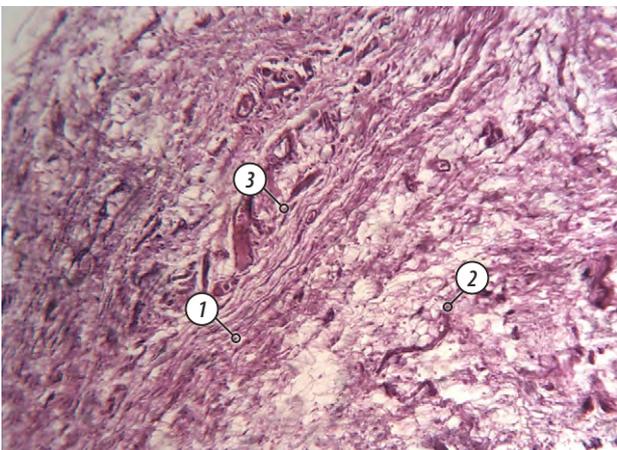


Рис. 14. III группа, 21-е сутки: нормальное гистологическое строение периодонта (1 — пучки коллагеновых волокон, 2 — интерстициальная рыхлая волокнистая соединительная ткань, 3 — кровеносные сосуды). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200

Fig. 14. Group III, 21st day: normal histological structure of the periodontium (1 — bundles of collagen fibers, 2 — interstitial loose fibrous connective tissue, 3 — blood vessels). Hematoxylin-eosin staining, mag. 200x

Во II группе традиционное лечение приводило к инактивации воспалительной реакции с восстановлением нормальной структуры периодонта, как апикального, так и краевого. Площадь неизменной ткани составила $88,75 \pm 3,86\%$. Только в отдельных случаях сохранялась умеренная диффузная лимфогистиоцитарная инфильтрация, представленная $CD3^+$ Т-лимфоцитами, $CD20^+$ В-лимфоцитами и $CD68^+$ макрофагами. В целом, площадь периодонта с наличием клеточной инфильтрации была незначительной — $7,23 \pm 0,54\%$. В апикальном отделе лейкоцитарно-некротические массы отсутствовали. Здесь имело место разрастание соединительной ткани, характерной для периодонтальной связки, что выявлялось экспрессией МКАТ против виментина. В то же время в отдельных наблюдениях в околоверхушечном участке периодонта имелись выраженные склеротические процессы по типу хронического фиброзного периодонтита (рис. 13). Прилежащие к периодонту участки зуба и альвеолярного отростка челюсти во всех наблюдениях имели нормальное гистологическое строение без каких-либо повреждений.

В III группе отмечался наилучший эффект от лечения. Практически весь периодонт имел нормальное гистологическое строение — $96,9 \pm 3,97\%$ (рис. 14). Здесь выявлялись толстые пучки коллагеновых волокон, между которыми имелась интерстициальная рыхлая волокнистая соединительная ткань. Коллагеновые волокна, с одной стороны, проникали в цемент зуба, а с другой — в костную ткань альвеолярного отростка челюсти. Клеточные элементы периодонта были представлены преимущественно фибробластами, экспрессирующими виментин, а также отдельными $CD68^+$ макрофагами, $CD3^+$ Т-лимфоцитами, $CD20^+$ В-лимфоцитами и тучными клетками. Данные клеточные элементы находились в интерстициальной рыхлой соединительной ткани. Во всех наблюдениях данной группы прилежащие к периодонту участки зуба и альвеолярного отростка челюсти также имели нормальное гистологическое строение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате морфологического исследования установлено, что применение препарата АТФ дает лучшие результаты по сравнению с традиционным лечением апикального периодонтита. Эффект от препарата достигается к 14-м суткам от начала лечения: быстрее инактивируется воспалительный процесс с уменьшением клеточной инфильтрации краевого периодонта, а также с локализацией и уменьшением объема лейкоцитарно-некротических масс и очагов деструкции в апикальном периодонте. При этом происходит ускорение репаративной регенерации поврежденной ткани с отсутствием остаточных явлений от перенесенного воспаления и развития хронического периодонтита. Кроме того, использование данного препарата предотвращает вовлечение в патологический процесс прилежащих к периодонту участка зуба и альвеолярного отростка челюсти.

Поступила/Received: 31.07.2025

Принята в печать/Accepted: 16.03.2026

Л И Т Е Р А Т У Р А :

1. Педорец А.П., Пиляев А.Г., Клемин В.А., Шабанов О.В., Максютенко С.И. Влияние интраканальной медикаментозной терапии на содержание провоспалительных интерлейкинов в экссудате корневого канала в зубах с экспериментальным периодонтитом. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 3: 52—58. [eLibrary ID: 71035233](#)
2. Siqueira J.F. Jr, Rôças I.N. Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. — *Int Endod J*. — 2022; 55 Suppl 3: 512—530. [PMID: 34958494](#)
3. White N., Burnstock G. P2 receptors and cancer. — *Trends Pharmacol Sci*. — 2006; 27 (4): 211—7. [PMID: 16530853](#)
4. Shabbir M., Ryten M., Thompson C., Mikhailidis D., Burnstock G. Purinergic receptor-mediated effects of ATP in high-grade bladder cancer. — *BJU Int*. — 2008; 101 (1): 106—12. [PMID: 17941929](#)
5. Li Z., Liang D., Chen L. Potential therapeutic targets for ATP-gated P2X receptor ion channels. — *Assay Drug Dev Technol*. — 2008; 6 (2): 277—84. [PMID: 18471080](#)
6. Зиганшин А.У., Зиганшина Л.Е. P2-рецепторы: перспективная мишень для будущих лекарств. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — С. 136.
7. Туровая А.Ю., Каде А.Х., Губарева Е.А., Уваров А.В., Занин С.А., Мурзин И.Г., Аракелян Ю.Л. Экспериментальное моделирование острого периодонтита у крыс. — *Фундаментальные исследования*. — 2010; 10: 46—50. [eLibrary ID: 15485937](#)
8. Коржевский Д.Э. Краткое изложение основ гистологической техники для врачей и лаборантов-гистологов. — Санкт-Петербург: Крофт, 2005. — С. 48.
9. Пахт А.В., Манизер Н.М. Особенности обработки костной ткани. — Библиотека патологоанатома. — СПб, 2008. — С. 6—11.
10. Stefanov S.B. Morpho kinetic synthesis of the relationship between spatial and functional data. — *Biophysics*. — 1974; 5: 904—908.
11. Петров С.В., Райхлин Н.Т. Руководство по иммуногистохимической диагностике опухолей человека. — Казань: RED, 2012. — С. 624.

R E F E R E N C E S :

1. Pedorets A.P., Pilyaev A.G., Klyomin V.A., Shabanov O.V., Maksyutenko S.I. Influence of intracanal drug therapy on the content of proinflammatory interleukins in root canal exudate in teeth with experimental apical periodontitis. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 3: 52—58 (In Russian). [DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_52](#)
2. Siqueira J.F. Jr, Rôças I.N. Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. *Int Endod J*. 2022; 55 Suppl 3: 512—530. [PMID: 34958494](#)
3. White N., Burnstock G. P2 receptors and cancer. *Trends Pharmacol Sci*. 2006; 27 (4): 211—7. [PMID: 16530853](#)
4. Shabbir M., Ryten M., Thompson C., Mikhailidis D., Burnstock G. Purinergic receptor-mediated effects of ATP in high-grade bladder cancer. *BJU Int*. 2008; 101 (1): 106—12. [PMID: 17941929](#)
5. Li Z., Liang D., Chen L. Potential therapeutic targets for ATP-gated P2X receptor ion channels. *Assay Drug Dev Technol*. 2008; 6 (2): 277—84. [PMID: 18471080](#)
6. Ziganshin A.U., Ziganshina L.E. P2 receptors: perspective target for future drugs. Moscow: GEOTAR-Media, 2009. P. 136 (In Russian).
7. Turovaya A.Yu., Kade A.H., Gubareva E.A., Uvarov A.V., Zanin S.A., Murzin I.G., Arakelyan Yu.L. Acute periodontitis experimental modeling in rats. *Fundamental research*. 2010; 10: 46—50 (In Russian). [eLibrary ID: 15485937](#)
8. Korzhevsky D.E. The summary of the foundations of histological technique for physicians and histological laboratory technicians. Saint-Petersburg: Kroft, 2005. P. 48 (In Russian).
9. Pakht A.V., Manizer N.M. The features of bone tissue preparation. Library by Anatomical Pathologist: scientific practical journal. 2008. Pp. 6—11 (In Russian).
10. Stefanov S.B. Morpho kinetic synthesis of the relationship between spatial and functional data. *Biophysics*. 1974; 5: 904—908.
11. Petrov S.V., Raikhlin N.T. Manual on immunohistochemical diagnostics of human tumors. Kazan: RED, 2012. P. 624 (In Russian).

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_102

[А.Х. Шерегов](#)¹,к.м.н., ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[А.О. Балкаров](#)²,

к.м.н., врач-стоматолог

[М.Ш. Мустафаев](#)¹,д.м.н., профессор, директор Института
стоматологии и челюстно-лицевой
хирургии[О.М. Гендугова](#)¹,к.м.н., доцент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[Ж.А. Абрегова](#)¹,ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[Б.С. Ерокова](#)¹,ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии[И.В. Тлупов](#)¹,ассистент Института стоматологии
и челюстно-лицевой хирургии¹ КБГУ, 360004, Нальчик, Россия² Стоматологическая клиника «Smile»,
360000, Нальчик, Россия

Клиническое обоснование применения ферментированного фитоконплекса в комплексной терапии эрозивно-язвенной формы красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта

Аннотация. Проведено обследование и комплексное (общее и местное) лечение пациентов с эрозивно-язвенной формой красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта. Схема комплексного лечения пациентов I группы включала местное применение витамина А в виде аппликаций на пораженные участки, а пациенты II группы вместо витамина А получали аппликации ферментированного комплекса растительного происхождения BIO REX. Таким образом, в результате лечения группа с ферментированным фитоконплексом в составе комплексной терапии показала более высокую клиническую эффективность, которая выражалась быстрым снижением воспалительных явлений, эпителизацией эрозий и уменьшением субъективных ощущений пациентов.

Ключевые слова: ферментированный фитоконплекс, красный плоский лишай слизистой оболочки полости рта

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шерегов А.Х., Балкаров А.О., Мустафаев М.Ш., Гендугова О.М., Абрегова Ж.А., Ерокова Б.С., Тлупов И.В. Клиническое обоснование применения ферментированного фитоконплекса в комплексной терапии эрозивно-язвенной формы красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 102—105. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_102

[A.Kh. Sheregov](#)¹,PhD in Medical Sciences, assistant professor
of the Dentistry and maxillofacial surgery
Institute[A.O. Balkarov](#)²,

PhD in Medical Sciences, dentist

[M.Sh. Mustafaev](#)¹,Doctor of Science in Medicine, professor,
director of the Dentistry and maxillofacial
surgery Institute[O.M. Gendugova](#)¹,PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Dentistry and maxillofacial surgery
Institute[Zh.A. Abregova](#)¹,assistant of the Dentistry and maxillofacial
surgery Institute[B.S. Eroкова](#)¹,assistant of the Dentistry and maxillofacial
surgery Institute[I.V. Tlupov](#)¹,assistant of the Dentistry and maxillofacial
surgery Institute¹ Kabardino-Balkarian State University,
360004, Nalchik, Russia² "Smile" Dental Clinic, 360000,
Nalchik, Russia

Clinical rationale for the use of a fermented phytocomplex in the complex therapy of erosive and ulcerative forms of oral lichen planus

Annotation. A survey and comprehensive (general and local) treatment of patients with erosive-ulcerative form of lichen planus of the oral mucosa were carried out. The scheme of comprehensive treatment of patients of group 1 included local application of vitamin A in the form of applications on the affected areas, and patients of group 2 received applications of a fermented complex of plant origin instead of vitamin A. Thus, as a result of treatment, the group with a fermented phyto-complex as part of the complex therapy showed higher clinical efficiency, which was expressed in a rapid decrease in inflammatory phenomena, epithelization of erosions and a decrease in subjective feelings of patients.

Key words: fermented phytocomplex, oral mucosa lichen planus

FOR CITATION:

Sheregov A.Kh., Balkarov A.O., Mustafaev M.Sh., Gendugova O.M., Abregova Zh.A., Eroкова B.S., Tlupov I.V. Clinical rationale for the use of a fermented phytocomplex in the complex therapy of erosive and ulcerative forms of oral lichen planus. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 102—105 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_102

ВВЕДЕНИЕ

По данным различных исследователей, в структуре заболеваемости слизистой оболочки полости рта (СОПР) на долю проявлений красного плоского лишая (КПЛ) приходится от 34 до 50% [1, 2].

Среди множества клинических проявлений КПЛ в полости рта особое место занимает эрозивно-язвенная форма, протекающая наиболее тяжело и являющаяся факультативным предраком [3–5]. Несмотря на многочисленные исследования по изучению этиопатогенеза КПЛ СОПР, триггерный фактор до сих пор остается неизвестным [1, 6]. На сегодняшний день данная патология считается полиэтиологичным, мультифакторным заболеванием [7, 8]. Значимая роль в развитии и клинических проявлениях КПЛ СОПР отводится состоянию нервной, иммунной, эндокринной систем организма, наличию хронических заболеваний, генетической предрасположенности, стрессовым, токсико-аллергическим воздействиям, а также изменению микробиома полости рта [9].

Среди широкого спектра разнообразных вариантов лечения КПЛ СОПР, описанных в зарубежной и отечественной литературе за последние 5 лет, все же отсутствует единый общепринятый подход к терапии данной патологии. Поэтому проблема совершенствования лечения КПЛ СОПР на сегодняшний день сохраняет свою актуальность и остается комплексной задачей [10].

В медицине Юго-Восточной Азии традиционно применяют различные препараты на основе фитокомплексов в качестве антимикробных, противовоспалительных и ранозаживляющих средств. Как показывают исследования, ферментированные фитокомплексы на основе папайи оказывают эффективное антимикробное, иммуномодулирующее, антиоксидантное, противовоспалительное и регенеративное действия в экспериментах *in vitro* и *in vivo* [11–13].

Одним из таких препаратов является ферментированный комплекс на основе папайи BIO REX (NBS Co., Япония) с заявленным антиоксидантным, иммуномодулирующим и противовоспалительным действием.

BIO REX — это полиферментный фитокомплекс в виде сиропа, содержащий ферменты растительного происхождения (литические ферменты: протеазы, липазы и фосфолипазы), антиоксидантные ферменты (каталаза, супероксиддисмутаза, глутатион, пероксидаза), антиоксиданты (биофлавоноиды, пигменты, бета-каротин, витамин Е, коэнзим Q, тиолы, полифенолы), аминокислоты, олигопептиды, нуклеотиды, олиго- и полисахариды, микроэлементы цинк и селен, прополис и липополисахариды клеточных стенок дрожжей, получаемые путем длительной дрожжевой ферментации диких видов незрелых плодов тропических фруктов. Базовым компонентом BIO REX является ферментированная папайя (55%): все части незрелых плодов (в том числе кожура), цветы, семена. Также в состав входят декстроза (14%); мякоть незрелых плодов ананаса (11%), пыльца, сок и кожура молодых кокосов (10%); зеленые плоды манго (10%). Фитопрепарат натуральный, не содержит консерванты и экстрагенты.

Механизм локального действия данного фитопрепарата основан на одновременном и многофакторном влиянии: способствует разрушению мертвых клеток и очищению тканей; нейтрализует токсины; оказывает мощное антиоксидантное действие; обладает иммуномодулирующим и противовоспалительным действием; улучшает энергетический и пластический обмен веществ (регуляция метаболизма); улучшает микроциркуляцию; стимулирует процессы тканевой регенерации и заживления; замедляет процессы клеточного старения [11–13].

Цель исследования — повышение эффективности лечения пациентов с эрозивно-язвенной формой КПЛ СОПР путем включения в комплекс лечебных мероприятий ферментированного комплекса растительного происхождения BIO REX (Япония).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом клинического исследования стали 30 женщин от 45 до 65 лет с эрозивно-язвенной формой КПЛ СОПР, которые проходили обследование по поводу общей патологии и получали рекомендации по коррекции системной терапии у соответствующих специалистов.

Схема общего лечения данных пациентов включала прием иммуномодулирующих, противовоспалительных, седативных и антигистаминных препаратов, поливитаминных комплексов, а также препаратов, улучшающих микроциркуляцию. Местное лечение включало обезболивание (5% взвесь анестезина) в виде аппликаций в течение 3–5 минут; антисептическую обработку водным раствором 0,05%-ного хлоргексидина (ротовые ванночки). В качестве эпителизирующей терапии 2 раза в день в течение 2 недель на 15 минут к пораженным участкам прикладывали стерильные марлевые салфетки, пропитанные масляным раствором (3,4%) витамина А либо сиропом BIO REX. В последующем слизистую промывали физиологическим раствором с рекомендацией после процедуры не принимать пищу в течение 2 часов.

Также всем пациенткам было рекомендовано соблюдение щадящей диеты с исключением горячей, грубой, острой и пряной пищи.

В зависимости от препарата для эпителизирующей терапии пациентки были распределены на две равные группы:

- I — 15 пациенток, применявших витамин А;
- II — 15 пациенток, пользовавшихся BIO REX — по 7 г (разовая упаковка) за процедуру.

Эффективность проводимой комплексной терапии оценивали в динамике на 5-е, 7-е, 10-е и 14-е сутки лечения, а также через 6 месяцев после лечения.

Оценку эффективности назначенного терапевтического комплекса проводили по следующим клиническим критериям: уменьшение выраженности гиперемии вокруг очагов поражения и СОПР в целом, уменьшение выраженности воспалительного инфильтрата, уменьшение болезненности, наличие налета на поверхности эрозий и язв, запах, по срокам эпителизации элементов. Полученные результаты статистически обработаны с использованием критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При обследовании пациенты с эрозивно-язвенной формой КПЛ СОПР в основном предъявляли жалобы на боли при приеме пищи, разговоре и чистке зубов, кровоточивость при травмировании пораженных участков, зуд, жжение, стянутость и шероховатость слизистой оболочки, а также сухость полости рта.

При объективном осмотре полости рта у пациентов определяли гиперемии и отек, наличие обширных, легко кровоточащих эрозий и язв неправильной формы, покрытых фибринозным желтовато-белым плотным налетом. Наиболее частая локализация поражений наблюдалась в области слизистой оболочки щек и ретромолярной области, значительно реже на дорсальной и боковой поверхности языка, слизистой оболочке углов рта.

На 5-е сутки лечения во II группе отмечалось уменьшение отека и гиперемии СОПР у 5 (33%) пациенток, в то время как в I группе элементы поражения на СОПР оставались без видимых изменений ($p < 0,05$).

На 7-е сутки комплексного лечения отмечалось уменьшение отека и гиперемии СОПР у 6 (40%) пациенток I группы и у 12 (80%) пациенток II группы ($p < 0,05$).

На 10-й день во II группе отмечали тенденцию к эпителизации и уменьшение площади эрозий у 10 (67%) пациенток, в то время как в I группе аналогичные изменения верифицировали только у 4 (27%) пациенток ($p < 0,05$). При этом участницы II группы отмечали уменьшение боли, жжения и кровоточивости в полости рта, а также чувства стянутости и шероховатости во рту.

На 14-й день комплексного лечения у всех участников исследования полностью купировался отечно-болевой синдром, эрозии эпителизовались у всех (100%) пациенток II группы и только у 9 (60%) пациенток I группы ($p < 0,05$).

Ферментированный фитокомплекс BIO REX во II группе хорошо переносился пациентками — на протяжении всего исследования не было зарегистрировано ни одного неблагоприятного эффекта (аллергические реакции или другие признаки непереносимости).

Спустя полгода после проведенной комплексной терапии рецидив заболевания зафиксировали у 1 участницы II группы (с ферментированным фитокомплексом) и у 3 пациенток I группы (с витамином А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования констатирована высокая клиническая эффективность ферментированного фитокомплекса BIO REX в комплексе лечения эрозивно-язвенной формы КПЛ СОПР, которая выражалась в быстром снижении воспалительных явлений, эпителизации эрозий и уменьшении субъективных ощущений.

На основании полученных клинических данных можно сделать вывод о высокой терапевтической эффективности ферментированного фитокомплекса BIO REX при комплексном лечении пациентов с эрозивно-язвенной формой КПЛ СОПР в сравнении с группой, где проводилось комплексное лечение с использованием витамина А, что проявлялось недостаточной клинической эффективностью и большей частотой рецидивов.

Поступила/Received: 25.11.2025

Принята в печать/Accepted: 20.02.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Титаренко М.А. Клинико-диагностические особенности красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта на фоне нарушений углеводного обмена: автореф. дис. ... к.м.н. — Томск: СибГМУ, 2019. — С. 3.
2. González-Moles M.Á., Warnakulasuriya S., González-Ruiz I., González-Ruiz L., Ayén Á., Lenouvel D., Ruiz-Ávila I., Ramos-García P. Worldwide prevalence of oral lichen planus: A systematic review and meta-analysis. — *Oral Dis.* — 2021; 27 (4): 813—828. PMID: 32144836
3. Warnakulasuriya S., Kujan O., Aguirre-Urizar J.M., Bagan J.V., González-Moles M.Á., Kerr A.R., Lodi G., Mello F.W., Monteiro L., Ogden G.R., Sloan P., Johnson N.W. Oral potentially malignant disorders: A consensus report from an international seminar on nomenclature and classification, convened by the WHO Collaborating Centre for Oral Cancer. — *Oral Dis.* — 2021; 27 (8): 1862—1880. PMID: 33128420
4. Костина И.Н., Епишова А.А., Григорьев С.С., Чернышева Н.Д., Сорокумова Д.В. Предраковые заболевания слизистой оболочки полости рта, красной каймы губ и кожи лица. — Екатеринбург: Тираж, 2019. — 84 с. eLibrary ID: 41126545
5. Михальченко А.В., Федотова Ю.М., Михальченко В.Ф., Медведева Е.А. Эрозивно-язвенная форма красного плоского лишая: перспективы нового подхода к терапии и прогнозу. — *Научное обозрение. Медицинские науки.* — 2016; 3: 80—83. eLibrary ID: 26682681

REFERENCES:

1. Titarenko M.A. Clinical and diagnostic features of oral mucosal lichen planus against the background of carbohydrate metabolism disorders: master's thesis abstract. Tomsk: Siberian State Medical University, 2019. P. 3 (In Russian).
2. González-Moles M.Á., Warnakulasuriya S., González-Ruiz I., González-Ruiz L., Ayén Á., Lenouvel D., Ruiz-Ávila I., Ramos-García P. Worldwide prevalence of oral lichen planus: A systematic review and meta-analysis. *Oral Dis.* 2021; 27 (4): 813—828. PMID: 32144836
3. Warnakulasuriya S., Kujan O., Aguirre-Urizar J.M., Bagan J.V., González-Moles M.Á., Kerr A.R., Lodi G., Mello F.W., Monteiro L., Ogden G.R., Sloan P., Johnson N.W. Oral potentially malignant disorders: A consensus report from an international seminar on nomenclature and classification, convened by the WHO Collaborating Centre for Oral Cancer. *Oral Dis.* 2021; 27 (8): 1862—1880. PMID: 33128420
4. Kostina I., Yepishova A., Grigoriev S., Chernyshova N., Sorokoumova D. Pre-cancer diseases of the mucous membrane of the oral cavity, red border of the lips and facial skin. Ekaterinburg: Tirazh, 2019. 84 p. (In Russian). eLibrary ID: 41126545
5. Mikhalchenko A.V., Fedotova Yu.M., Mikhalchenko V.F., Medvedeva E.A. Erosive-ulcerative form red flat lichen planus: prospects for a new approach to therapy and prognosis. *Scientific Review. Medical sciences.* 2016; 3: 80—83 (In Russian). eLibrary ID: 26682681

6. Rashid A., Warnakulasuriya S. The use of light-based (optical) detection systems as adjuncts in the detection of oral cancer and oral potentially malignant disorders: a systematic review. — *J Oral Pathol Med.* — 2015; 44 (5): 307—28. [PMID: 25183259](#)
7. Дьяченко С.В. Клинические и организационные особенности мониторинга и лечения пациентов с красным плоским лишаем слизистой оболочки рта: дис. ... к.м.н. — Волгоград: ВолГМУ, 2022. — С. 20.
8. Yang X.Y., Li X.Z., Zhang S.N. Metabolomics analysis of oral mucosa reveals profile perturbation in reticular oral lichen planus. — *Clin Chim Acta.* — 2018; 487: 28—32. [PMID: 30218656](#)
9. Гурьевская О.А. Оптимизация диагностики и лечения красного плоского лишая слизистой оболочки рта: дис. ... к.м.н. — Уфа: БашГМУ, 2023. — С. 12.
10. Тлиш М.М., Осмоловская П.С. Красный плоский лишай. Современные методы терапии: систематический обзор. — *Кубанский научный медицинский вестник.* — 2021; 2: 104—119. [eLibrary ID: 45559580](#)
11. Mikhal'chik E.V., Ivanova A.V., Anurov M.V., Titkova S.M., Pen'kov L.Y., Kharaeva Z.F., Korkina L.G. Wound-healing effect of papaya-based preparation in experimental thermal trauma. — *Bull Exp Biol Med.* — 2004; 137 (6): 560—2. [PMID: 15455084](#)
12. Sheregov A.Kh., Kharaeva Z.F., Mustafaev M.Sh., Korkina L.G., Batyrbekova F.R., Agnokova T.Kh. Effectiveness of using fermented herbal preparation in complex therapy of periodontitis developed as an orthodontic treatment complication. — *Russian Open Medical Journal.* — 2021; 4: 425. [DOI: 10.15275/rusomj.2021.0425](#)
13. Osato J.A., Korkina L.G., Santiago L.A., Afanas'ev I.B. Effects of bio-normalizer (a food supplementation) on free radical production by human blood neutrophils, erythrocytes, and rat peritoneal macrophages. — *Nutrition.* — 1995; 11 (5 Suppl): 568—72. [PMID: 8748224](#)
6. Rashid A., Warnakulasuriya S. The use of light-based (optical) detection systems as adjuncts in the detection of oral cancer and oral potentially malignant disorders: a systematic review. *J Oral Pathol Med.* 2015; 44 (5): 307—28. [PMID: 25183259](#)
7. Dyachenko S.V. Clinical and organizational features of monitoring and treatment of patients with oral lichen planus: master's thesis. Volgograd: Volgograd State Medical University, 2022. P. 20 (In Russian).
8. Yang X.Y., Li X.Z., Zhang S.N. Metabolomics analysis of oral mucosa reveals profile perturbation in reticular oral lichen planus. *Clin Chim Acta.* 2018; 487: 28—32. [PMID: 30218656](#)
9. Guryevskaya O.A. Optimization of diagnosis and treatment of oral mucosal lichen planus: master's thesis. Ufa: Bashkir State Medical University, 2023. P. 12 (In Russian).
10. Tlish M.M., Osmolovskaya P.S. Lichen planus ruber, current therapy: a systematic review. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2021; 2: 104—119 (In Russian)]. [DOI: 10.25207/1608-6228-2021-28-2-104-119](#)
11. Mikhal'chik E.V., Ivanova A.V., Anurov M.V., Titkova S.M., Pen'kov L.Y., Kharaeva Z.F., Korkina L.G. Wound-healing effect of papaya-based preparation in experimental thermal trauma. *Bull Exp Biol Med.* 2004; 137 (6): 560—2. [PMID: 15455084](#)
12. Sheregov A.Kh., Kharaeva Z.F., Mustafaev M.Sh., Korkina L.G., Batyrbekova F.R., Agnokova T.Kh. Effectiveness of using fermented herbal preparation in complex therapy of periodontitis developed as an orthodontic treatment complication. *Russian Open Medical Journal.* 2021; 4: 425. [DOI: 10.15275/rusomj.2021.0425](#)
13. Osato J.A., Korkina L.G., Santiago L.A., Afanas'ev I.B. Effects of bio-normalizer (a food supplementation) on free radical production by human blood neutrophils, erythrocytes, and rat peritoneal macrophages. *Nutrition.* 1995; 11 (5 Suppl): 568—72. [PMID: 8748224](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_106

[И.М. Рабинович](#)^{1,2},

д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии; научный консультант

[Т.Н. Новоземцева](#)¹,

д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии

[К.В. Умарова](#)²,

к.м.н., научный сотрудник отдела инновационной терапевтической стоматологии и заболеваний слизистой оболочки рта

[Ю.И. Юсупова](#)³,

к.м.н., главный врач

¹ РМАНПО, 125993, Москва, Россия² ЦНИИСиЧЛХ, 119021, Москва, Россия³ ООО «МедЛайф», 119192, Москва, Россия

Оценка эффективности фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией в зависимости от способа применения фотосенсибилизатора

Реферат. Цель исследования — оценить эффективность комплексного лечения пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта на основании сравнения двух различных методик применения фотодинамической терапии (ФДТ). **Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 60 пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта, среди них 36 мужчин и 24 женщины в возрасте от 38 до 70 лет. В зависимости от способа лечения пациенты были разделены на две группы (I и II). Группу I составили 30 пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта, которым в качестве комбинированного лечения применяли ФДТ с аппликационным нанесением геля-фотосенсибилизатора на очаг поражения в сочетании с последующим местным медикаментозным лечением. Группу II составили 30 пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта, которым в качестве лечения применяли ФДТ с введением геля-фотосенсибилизатора под элемент поражения в сочетании с последующим местным медикаментозным лечением. Всем пациентам до и после лечения был проведен мониторинг микрофлоры полости рта с помощью микробиологического исследования. При проведении ФДТ в качестве фотосенсибилизатора использовали 0,5%-ный гель-пенетратор «Фотодитазин» на основе хлорина Еб. Источником лазерного излучения был аппарат «Латус-Т» с длиной волны 662 нм. Мощность лазерного излучения варьировала до 1 Вт. **Результаты.** По данным микробиологического исследования у большинства пациентов с плоской лейкоплакией до лечения выявляли представителей условно-патогенных микроорганизмов полости рта в количестве, не превышающем нормальных значений, в различных сочетаниях: *Streptococcus viridans*, *Neisseria spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Enterobacteriaceae spp.*, *Lactobacillus spp.* Повышенный рост *Streptococcus viridans* наблюдался в 13% случаев, *Candida albicans* — в 15%. У 10% пациентов наблюдалось сочетание

повышенного роста *Streptococcus viridans* и *Candida albicans*. После проведения курса ФДТ и завершения курса местного медикаментозного лечения в группе I у 20% пациентов отмечалось полное исчезновение очагов лейкоплакии. В 60% случаев наблюдалось уменьшение очагов поражения. У 20% очаги остались неизменными. Появление новых очагов поражения не наблюдалось. В составе микрофлоры полости рта у пациентов группы I в 7% случаев наблюдался повышенный рост *Streptococcus viridans*. В группе II после ФДТ и курса местного медикаментозного лечения у 63% пациентов отмечалось полное отсутствие очагов поражения. У 37% пациентов отмечалось уменьшение очагов поражения в размере. Пациентов, у которых очаг поражения не изменялся, не наблюдалось. По данным микробиологического исследования повышенного роста представителей условно-патогенных микроорганизмов не наблюдалось. Однако у 33% пациентов отсутствовали лактобактерии. **Заключение.** Метод ФДТ в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта является эффективным, доступным и может быть использован в широкой амбулаторной стоматологической практике.

Ключевые слова: лейкоплакия, слизистая оболочка рта, фотодинамическая терапия, микрофлора

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Рабинович И.М., Новоземцева Т.Н., Умарова К.В., Юсупова Ю.И. Оценка эффективности фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией в зависимости от способа применения фотосенсибилизатора. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 106—111. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_106

[I.M. Rabinovich](#)^{1,2},

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Therapeutic dentistry Department; research adviser

[T.N. Novozemceva](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, professor of the Therapeutic dentistry Department

[K.V. Umarova](#)²,

research associate of the Innovative therapeutic dentistry and oral mucosal diseases Division

[Yu.I. Iusupova](#)³,

PhD in Medical Sciences, chief medical officer

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 125993, Moscow, Russia² Central Research Institute of Dental and Maxillofacial Surgery, 119021, Moscow, Russia³ "MedLife" LLC, 119192, Moscow, Russia

Evaluation of the effectiveness of photodynamic therapy in the complex treatment of patients with homogenous leukoplakia depending on the method of using the photosensitizer

Abstract. The aim of the study is to evaluate the effectiveness of complex treatment of patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa based on a comparison of two different methods of photodynamic therapy (PDT). **Materials and methods.** The study involved 60 patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa, including 36 men and 24 women, aged 38 to 70 years. Depending on the treatment method, the patients were divided into two groups (I and II). Group I consisted of 30 patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa, who received PDT with the application of a photosensitizer gel to the lesion in combination with subsequent local drug treatment. Group II consisted of 30 patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa, who were treated with PDT with the introduction of a photosensitizer gel under the lesion element in combination with local drug treatment. All patients were monitored for oral microbiota by microbiological examination before and after treatment. During PDT, a 0.5% Photoditazine gel penetrator based on chlorine E6 was used as a photosensitizer. The source of the laser radiation was the Latus-T device with a wavelength of 662 nm. The power of the laser radiation varied up to 1 watt. **Results.** According to microbiological studies, representatives of opportunistic pathogenic microorganisms of the oral cavity were detected in the majority of patients with homogenous leukoplakia before treatment in an amount not exceeding normal values, in various combinations: *Streptococcus viridans*, *Neisseria spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Enterobacteriaceae spp.*, *Lactobacillus spp.* Increased growth of *Streptococcus viridans* was observed in 13% of cases, *Candida albicans* in 15%. A combination of increased growth

of *Streptococcus viridans* and *Candida albicans* was observed in 10% of patients. After a course of PDT and completion of a course of local drug treatment in group I, 20% of patients showed complete disappearance of leukoplakia. In 60% of cases, a decrease in lesions was observed. In 20%, the foci remained unchanged. The appearance of new lesions was not observed. In the composition of the oral microbiota in group I patients, an increased growth of *Streptococcus viridans* was observed in 7% of cases. In Group II, after PDT and a course of local drug treatment, 63% of patients showed complete absence of lesions. 37% of patients had a decrease in lesion size. There were no patients in whom the lesion did not change. According to microbiological research data, there was no increased growth of opportunistic microorganisms. However, 33% of the patients lacked lactobacilli. **Conclusion.** The method of PDT in the complex treatment of patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa is effective, affordable and can be used in a wide outpatient dental practice.

Key words: leukoplakia, oral mucosa, photodynamic therapy, microbiota

FOR CITATION:

Rabinovich I.M., Novozemceva T.N., Umarova K.V., Iusupova Yu.I. Evaluation of the effectiveness of photodynamic therapy in the complex treatment of patients with homogenous leukoplakia depending on the method of using the photosensitizer. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 106—111 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_106

ВВЕДЕНИЕ

Лейкоплакия является одним из хронических потенциально злокачественных поражений слизистой оболочки рта и красной каймы губ, как правило, протекающих бессимптомно. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) охарактеризовала лейкоплакию полости рта как «преимущественно белую бляшку сомнительного риска, исключая (другие) известные заболевания или расстройства, не несущие повышенного риска развития рака» [1]. По данным мировых исследований, общая распространенность лейкоплакии полости рта составляет 1,39% [2]. Частота злокачественной трансформации лейкоплакии полости рта в плоскоклеточную карциному, по различным данным, варьирует от 0,13 до 36,4%, в зависимости от дизайна исследования, проспективного или ретроспективного анализа, от состава исследуемой популяции, географического положения и продолжительности наблюдения [3, 4].

Согласно ВОЗ, клинически предложено классифицировать лейкоплакию на гомогенную (однородную) и негомогенную (неоднородную) [5]. Негомогенную лейкоплакию разделяют на подтипы: нодулярную (узелковую), веррукозную (бородавчатую), эритролейкоплакию. В России общепринята классификация А.Л. Машкил-лейсона, которая выделяет простую (плоскую), веррукозную, эрозивно-язвенную, лейкоплакию Таппейнера (никотиновый стоматит) [6]. По мнению отдельных авторов, лейкоплакия — это сугубо клинический термин, который в настоящее время не используется для морфологического описания [7]. Гистологически при плоской лейкоплакии выявляется гиперплазия эпителия в виде гиперкератоза, чередующегося с паракератозом. Также могут проследиваться явления акантоза, а в собственной пластинке слизистой оболочки обнаруживаться

воспалительный инфильтрат из мононуклеарных клеток и плазмациитов. При веррукозной лейкоплакии эпителиальный покров слизистой оболочки резко утолщен за счет разрастания рогового и зернистого слоев. Обнаруживается выраженный гиперкератоз, который редко сочетается с небольшими очагами паракератоза. Выражен акантоз. Тонкие соединительнотканые сосочки глубоко вдаются в толщу покровного эпителия. Также могут наблюдаться признаки плоскоклеточной интраэпителиальной неоплазии (SIN) различной степени, характеризующиеся нарушениями процессов созревания клеток и их митотической активности в различных слоях [8].

Современный подход к лечению лейкоплакии полости рта и красной каймы губ включает сочетание медикаментозной терапии и различных хирургических методик [9—13].

Фотодинамическая терапия (ФДТ) — один из методов, широко применяемых в медицине, в том числе в стоматологии, в частности при лечении заболеваний слизистой оболочки рта и пародонта [14—17]. Терапевтический эффект метода ФДТ основан на фотохимической реакции между веществом-фотосенсибилизатором, светом с определенной длиной волны и молекулярным кислородом. Избирательно накапливаясь в патологических тканях, фотосенсибилизатор передает энергию от света к молекулярному кислороду с образованием его активных форм, что запускает каскад биохимических реакций, вызывающих гибель патологических клеток. О достоинствах данного метода лечения в своих публикациях писали многие отечественные авторы [18, 19].

Цель исследования — оценить эффективность комплексного лечения пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта на основании сравнения двух различных методик применения фотодинамической терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 60 пациентов с плоской формой лейкоплакии слизистой оболочки рта, 36 мужчин и 24 женщины в возрасте от 38 до 70 лет.

Критерии включения в исследование: плоская лейкоплакия слизистой оболочки рта. *Критерии исключения*: веррукозная и эрозивно-язвенная лейкоплакия слизистой оболочки рта, нежелание пациента отказаться от курения, беременность, лактация, острые инфекционные заболевания, вирусные гепатиты, декомпенсированные формы общесоматической патологии (сердечная недостаточность II—III степени, почечная и печеночная недостаточность, цирроз печени), заболевания крови, злокачественные новообразования, прием иммунодепрессантов, цитостатических, противоопухолевых средств.

До и после лечения всем пациентам был проведен мониторинг микрофлоры полости рта, который заключался в определении количественного и качественного состава представителей условно-патогенных микроорганизмов полости рта: лактобактерий, стрептококков, стафилококков, дрожжеподобных грибов рода *Candida*, энтеробактерий и прочих микроорганизмов. Материал для микробиологического исследования брали в виде соскоба со слизистой оболочки рта, натошак, стерильной ватной палочкой, и помещали в трубу с угольной средой. Материал использовали для прямого посева на дифференциально-диагностические среды — кровяной и желточно-солевой агары, среды Эндо и Сабуро и специальную среду для выделения лактобактерий и энтерококков. Рост факультативных микроорганизмов учитывали через 24, 48 и 72 часа инкубации при 37 и 38°C с последующей идентификацией по общепринятой методике.

Площадь очага поражения определяли визуально и с помощью накладываемый на очаг палетки в виде прозрачной целлулоидной пленки с нанесенной сеткой квадратов со стороной 1 мм (и площадью равной 1 мм²), подсчитывая количество полных и не полных квадратов, входящих в границы очага.

$$n = n_1 + \frac{n_2}{2},$$

где n_1 — количество полных квадратов, а n_2 — количество неполных квадратов, вошедших частично.

При проведении фотодинамической терапии в качестве фотосенсибилизатора использовали 0,5% гель-пенетратор «Фотодитазин» на основе хлорина Е6. Источником лазерного излучения был аппарат «Латус-Т» с длиной волны 662 нм. Мощность лазерного излучения варьировала до 1 Вт. Плотность энергии 150—180 Дж/см².

В зависимости от способа лечения пациенты были разделены на две группы (I и II).

Группу I составили 30 пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта, которым в качестве комбинированного лечения применяли ФДТ с аппликационным нанесением геля-фотосенсибилизатора на очаг поражения в сочетании с последующим местным медикаментозным лечением. Сначала пациентам проводили курс ФДТ из 3-х процедур с промежутком через

сутки. Препарат наносили в виде аппликации на очаг поражения из расчета 0,5 мл геля на 1 см² обрабатываемой поверхности. Через 20 минут нанесенный гель удаляли смоченным дистиллированной водой ватным тампоном и производили световое воздействие длительностью 10—15 мин. Далее пациентам назначали курс местного лечения на 1 месяц в виде аппликаций на очаг поражения ретиноидов (масляного раствора витамина А, 0,1% изотретиноина). Пациентам, у которых в составе микрофлоры определяли отклонения от нормы, назначали местную терапию в соответствии с чувствительностью к препаратам (противогрибковые средства, бактериофаги, лактобактерии).

Группу II составили 30 пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта, которым в качестве лечения применяли ФДТ с введением геля-фотосенсибилизатора под элемент поражения в сочетании последующим с местным медикаментозным лечением. Сначала пациентам проводили курс ФДТ в количестве 1—2 процедур. Предварительно проводили местное обезболивание в области очага поражения. Затем фотосенсибилизатор вводили инъекционно под элемент поражения из расчета 0,5 мл геля на 1 см² обрабатываемой поверхности и оставляли на 20 мин. Световое воздействие производили длительностью 10—15 мин. После курса ФДТ пациентам назначали местное лечение на 1 месяц в виде аппликаций на очаг поражения ретиноидов (масляного раствора витамина А, 0,1% изотретиноина). Пациентам, у которых в составе микрофлоры определяли отклонения от нормы, назначали местную терапию в соответствии с чувствительностью к препаратам (противогрибковые средства, бактериофаги, лактобактерии).

Результаты оценивали по окончании курса комплексного лечения, а также в динамике через 6 месяцев по следующим параметрам: наличие или отсутствие очага поражения, его размеры, наличие или отсутствие болевых ощущений, признаков воспаления.

Предварительно всем пациентам рекомендовалось соблюдение диеты (отказ от острой, пряной, горячей, грубой пищи) и исключение курения. Всем пациентам проводилась профессиональная гигиена полости рта и устранение травматических факторов при их наличии.

Статистическую обработку полученных данных проводили стандартными методами с определением ошибки относительного показателя. Оценку достоверности разности относительных величин проводили по t -критерию (метод Стьюдента). Вероятность безошибочного прогноза $\geq 95\%$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинически у пациентов с плоской лейкоплакией на слизистой оболочке в полости рта отмечался очаг (или очаги) гиперкератоза в виде белесоватого пятна с четкими контурами, не возвышающегося над уровнем окружающих тканей и не снимающегося при поскабливании, на фоне нормальной неизменной слизистой, без признаков воспаления (рис. 1, 2). Основные жалобы пациентов — наличие самого пятна и ощущения шероховатости слизистой оболочки. Болевых ощущений



Рис. 1. Плоская лейкоплакия слизистой оболочки подъязычной области
Fig. 1. Homogenous oral leukoplakia of the sublingual area



Рис. 2. Плоская лейкоплакия слизистой оболочки щеки
Fig. 2. Homogenous leukoplakia of buccal mucosa



пациенты не испытывали. В некоторых случаях заболевание протекало бессимптомно.

По данным микробиологического исследования состав микробиоты полости рта пациентов с плоской лейкоплакией до лечения характеризовался следующим образом (рис. 3). У большинства пациентов выявляли представителей нормальной микробиоты в количестве, не превышающем референсных значений, в различных сочетаниях. *Neisseria spp.* выявлялась в количестве не более 10^4 КОЭ/мл у 75% пациентов (45 чел.), *Staphylococcus spp.* в количестве не более 10^4 КОЭ/мл — у 83% пациентов (50 чел.), *Lactobacillus spp.* не более 10^4 КОЭ/мл — у 65% (39 чел.), а *Enterobacteriaceae spp.* не более 10^2 КОЭ/мл у 27% (16 чел.).

Представители *Streptococcus viridans* (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mitis*) выявлялись в 81,67% случаев (49 чел.) в пределах нормальных значений не более 10^4 КОЭ/мл. В 13% случаев (8 чел.) наблюдался повышенный рост, в 5% (3 чел.) стрептококки не выявлялись. *Candida albicans* у половины пациентов (50,0%) не выявлялась, у 35% пациентов (21 чел.) количество не превышало более 10^2 КОЭ/мл, у 15% (9 чел.) — определялись повышенные показатели роста.

У 10% (6 чел.) пациентов с плоской лейкоплакией наблюдался дисбактериоз I—II степени, при котором выявлялся повышенный рост двух видов условно-патогенных представителей микрофлоры (*Streptococcus viridans*, *Candida albicans*) на фоне отсутствия лактобактерий. У 8% (5 чел.) наблюдался дисбиотический сдвиг, при котором один из видов условно-патогенных микроорганизмов давал повышенный рост при сохранении нормального видового состава основной части микробиоты.

По данным опроса, после проведения курса ФДТ в группе I 70% пациентов (21 чел.) никаких ощущений не испытывали, 20% (6 чел.) отмечали легкое пощипывание и жжение. При осмотре в полости рта непосредственно после процедуры у 3-х пациентов отмечалась легкая отечность и гиперемия в области очага поражения.

Клинически после завершения курса местного медикаментозного лечения при осмотре в полости рта у 20% пациентов (6 чел.) группы I отмечалось

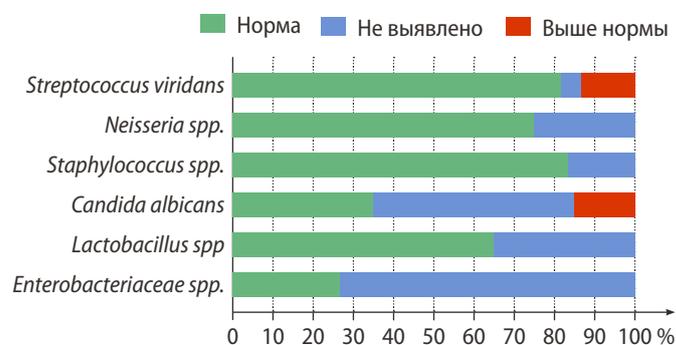


Рис. 3. Частота выявления представителей микробиоты у пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта до лечения, % (n=60)

Fig. 3. Frequency of detection of microbiota representatives in patients with homogenous leukoplakia of the oral mucosa before treatment, % (n=60)

полное исчезновение очагов лейкоплакии. В 60% случаев (18 чел.) наблюдалось уменьшение очагов поражения. У 20% (6 чел.) очаги остались неизменными. Появление новых очагов поражения не наблюдалось (табл. 1).

Состав микробиоты полости рта пациентов группы I после проведения курса лечения характеризовался отсутствием патогенных микроорганизмов, а количество условно-патогенных представителей в большинстве

Таблица 1. Результаты клинических изменений у пациентов с плоской лейкоплакией после лечения

Table 1. Results of clinical changes in patients with homogenous leukoplakia after treatment

Пациенты с плоской лейкоплакией	Частота выявления изменений очагов поражения через 1 месяц (%)		
	Полное исчезновение очага	Уменьшение очага в размере	Без изменений
Группа I (n=30)	20,0±7,3	60,0±8,9	20,0±7,3
Группа II (n=30)	63,3±8,9	36,7±8,9	—
	Частота выявления изменений очагов поражения через 6 месяцев (%)		
	Полное исчезновение очага	Уменьшение очага в размере	Без изменений
Группа I (n=30)	40,0±8,9	33,3±8,6	16,7±6,8
Группа II (n=30)	80,0±7,3	20,0±7,3	—

случаев не превышало норму. Лишь в 6,7% процентах случаев (2 чел.) наблюдался повышенный рост *Streptococcus viridans*, а у 20,0% (6 чел.) пациентов по-прежнему отсутствовал рост лактобактерий (рис. 4)

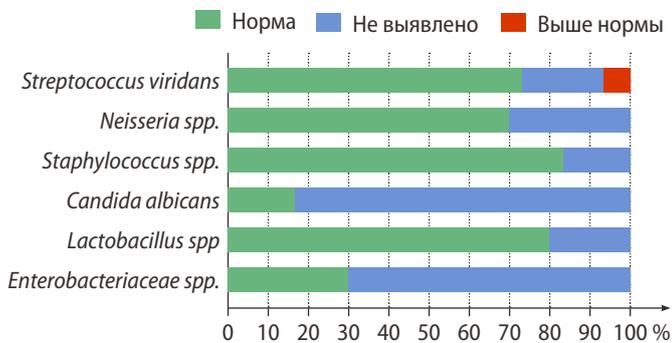


Рис. 4. Частота выявления представителей микробиоты у пациентов I группы после лечения, % (n=30)

Fig. 4. Frequency of detection of microbiota representatives in patients in group I after treatment, % (n=30)



Рис. 5. Пациент с плоской лейкоплакией десны: А — до лечения, В — после лечения

Fig. 5. The patient with homogenous leukoplakia of gum (II group): A — before treatment; B — after treatment

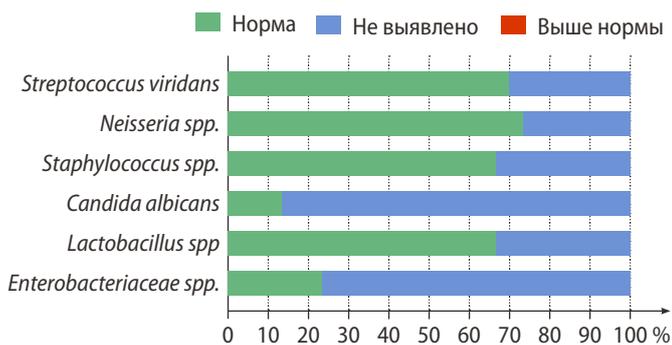


Рис. 6. Частота выявления представителей микробиоты у пациентов II группы после лечения, % (n=30)

Fig. 6. Frequency of detection of microbiota representatives in patients in group II after treatment, % (n=30)

Через 6 месяцев у 40% пациентов (12 чел.) группы I очаги поражения полностью отсутствовали, у 33% (10 чел.) очаги присутствовали, но уменьшались в размере, у 17% (5 чел.) очаги поражения остались неизменными. Новых очагов поражения не наблюдалось.

В группе II у 50% (15 чел.) пациентов непосредственно после курса ФДТ наблюдались боль и некроз в области очага поражения. В остальных случаях участков некроза на слизистой у пациентов не наблюдалось, однако отмечалась болезненность, гиперемия и отек в области очага поражения.

После курса местного медикаментозного лечения у 63% (19 чел.) пациентов группы II отмечалось полное отсутствие очагов поражения. У 37% (11 чел.) пациентов отмечалось уменьшение очагов поражения в размере (рис. 5). Пациентов, у которых очаг поражения не изменялся, не наблюдалось.

По данным микробиологического исследования в группе II после лечения наблюдали представителей нормального видового состава микробиоты у всех пациентов. Повышенного роста стрептококков и *Candida albicans* не наблюдалось. Однако у 33% пациентов отсутствовали лактобактерии. Через 6 месяцев у 80% пациентов (24 чел.) группы II очаги поражения полностью отсутствовали, у 20% (6 чел.) очаги сохранились, но уменьшились в размере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основываясь на клинико-лабораторных данных проведенного исследования, можно сделать заключение о том, что метод ФДТ в комплексном лечении пациентов с плоской лейкоплакией слизистой оболочки рта является эффективным, доступным и может быть использован в широкой амбулаторной стоматологической практике.

Что касается применения ФДТ при лечении веррукозной формы лейкоплакии слизистой оболочки рта, то метод также может быть использован, но в сочетании с хирургическим лечением.

Поступила/Received: 25.11.2025

Принята в печать/Accepted: 20.02.2026

REFERENCES:

ЛИТЕРАТУРА:

1. Warnakulasuriya S., Johnson N.W., van der Waal I. Nomenclature and classification of potentially malignant disorders of the oral mucosa. — *J Oral Pathol Med.* — 2007; 36 (10): 575—80. PMID: 17944749
2. Zhang C., Li B., Zeng X., Hu X., Hua H. The global prevalence of oral leukoplakia: a systematic review and meta-analysis from 1996 to 2022. — *BMC Oral Health.* — 2023; 23 (1): 645. PMID: 37670255

1. Warnakulasuriya S., Johnson N.W., van der Waal I. Nomenclature and classification of potentially malignant disorders of the oral mucosa. *J Oral Pathol Med.* 2007; 36 (10): 575—80. PMID: 17944749
2. Zhang C., Li B., Zeng X., Hu X., Hua H. The global prevalence of oral leukoplakia: a systematic review and meta-analysis from 1996 to 2022. *BMC Oral Health.* 2023; 23 (1): 645. PMID: 37670255

3. Evren I., Brouns E.R., Wils L.J., Poell J.B., Peeters C.F.W., Brakenhoff R.H., Bloemena E., de Visscher J.G.A.M. Annual malignant transformation rate of oral leukoplakia remains consistent: A long-term follow-up study. — *Oral Oncol.* — 2020; 110: 105014. [PMID: 33038723](#)
4. Pinto A.C., Caramês J., Francisco H., Chen A., Azul A.M., Marques D. Malignant transformation rate of oral leukoplakia — systematic review. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2020; 129 (6): 600—611.e2. [PMID: 32249069](#)
5. Warnakulasuriya S., et al. Oral potentially malignant disorders: A consensus report from an international seminar on nomenclature and classification, convened by the WHO Collaborating Centre for Oral Cancer. — *Oral Dis.* — 2021; 27 (8): 1862—1880. [PMID: 33128420](#)
6. Рабинович О.Ф., Вагнер В.Д., Рабинович И.М., Смирнова Л.Е., Селиверстова Е.А. Разнообразные методологические подходы к классификации лейкоплакии. — *Институт стоматологии.* — 2013; 1 (58): 14—17. [eLibrary ID: 22134594](#)
7. Семкин В.А., Рабинович О.Ф., Бабиченко И.И., Безруков А.А. Лейкоплакия: клинический и патоморфологический диагноз. — *Стоматология.* — 2017; 1: 72—76. [eLibrary ID: 28795338](#)
8. Рабинович О.Ф., Бабиченко И.И., Рабинович И.М., Тогонидзе А.А. Методы комплексной диагностики лейкоплакии слизистой оболочки рта. — *Стоматология.* — 2014; 5: 19—22. [eLibrary ID: 22880257](#)
9. Gates J.C., Abouyared M., Shnayder Y., Farwell D.G., Day A., Alawi F., Moore M., Holcomb A.J., Birkeland A., Epstein J. Clinical management update of oral leukoplakia: A review from the American Head and Neck Society Cancer Prevention Service. — *Head Neck.* — 2025; 47 (2): 733—741. [PMID: 39584361](#)
10. Pentenero M., Sutera S., Lodi G., Bagan J.V., Farah C.S. Oral leukoplakia diagnosis and treatment in Europe and Australia: Oral Medicine Practitioners' attitudes and practice. — *Oral Dis.* — 2023; 29 (8): 3214—3222. [PMID: 35792047](#)
11. Lin L., et al. Multifunctional photodynamic/photothermal nano-agents for the treatment of oral leukoplakia. — *J Nanobiotechnology.* — 2022; 20 (1): 106. [PMID: 35246146](#)
12. Gopinath D., Waki S.I., Cheah K.F., Panda S. Antioxidants for the management of oral leukoplakia: A systematic review of randomized controlled trials. — *J Oral Biol Craniofac Res.* — 2025; 15 (3): 484—492. [PMID: 40144648](#)
13. Palma V.M., Koerich Laureano N., Frank L.A., Rados P.V., Visioli F. Chemoprevention in oral leukoplakia: challenges and current landscape. — *Front Oral Health.* — 2023; 4: 1191347. [PMID: 37293562](#)
14. Рабинович О.Ф., Рабинович И.М., Умарова К.В. Изучение кинетики накопления и распределения фотосенсибилизатора фотодитазин в слизистой оболочке рта у пациентов с красным плоским лишаем. — *Стоматология.* — 2024; 1: 12—15. [eLibrary ID: 60410006](#)
15. Рабинович И.М., Бабиченко И.И., Васильев А.В., Голубева С.А., Захарова К.Е. Изучение структуры стенки корневых каналов зубов после фотодинамического воздействия. — *Стоматология.* — 2018; 1: 16—21. [eLibrary ID: 32449463](#)
16. Лосев Ф.Ф., Кречина Е.К., Иванова Е.В., Кукса Е.Ю., Гусева И.Е. Применение фотодинамической терапии в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита средней степени. — *Стоматология.* — 2023; 2: 11—15. [eLibrary ID: 53767235](#)
17. Cosgarea R., et al. Photodynamic therapy in oral lichen planus: A prospective case-controlled pilot study. — *Sci Rep.* — 2020; 10 (1): 1667. [PMID: 32015380](#)
18. Странадко Е.Ф., Баранов А.В., Дуванский В.А., Лобаков А.И., Морохотов В.А., Рябов М.В. Новый подход к лечению рака большого сосочка двенадцатиперстной кишки и внутрипеченочных желчных протоков методом фотодинамической терапии. — *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* — 2022; 5 (201): 78—85. [eLibrary ID: 49301120](#)
19. Семенов Д.Ю., Васильев Ю.Л., Дыдыкин С.С., Странадко Е.Ф., Шубин В.К., Богомазов Ю.К., Морохотов В.А., Щербюк А.Н., Морозов С.В., Захаров Ю.И. Антимикробная и антимикотическая фотодинамическая терапия (обзор литературы). — *Biomedical Photonics.* — 2021; 1: 25—31. [eLibrary ID: 45653006](#)
3. Evren I., Brouns E.R., Wils L.J., Poell J.B., Peeters C.F.W., Brakenhoff R.H., Bloemena E., de Visscher J.G.A.M. Annual malignant transformation rate of oral leukoplakia remains consistent: A long-term follow-up study. *Oral Oncol.* 2020; 110: 105014. [PMID: 33038723](#)
4. Pinto A.C., Caramês J., Francisco H., Chen A., Azul A.M., Marques D. Malignant transformation rate of oral leukoplakia — systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2020; 129 (6): 600—611.e2. [PMID: 32249069](#)
5. Warnakulasuriya S., et al. Oral potentially malignant disorders: A consensus report from an international seminar on nomenclature and classification, convened by the WHO Collaborating Centre for Oral Cancer. *Oral Dis.* 2021; 27 (8): 1862—1880. [PMID: 33128420](#)
6. Rabinovich O.F., Wagner V.D., Rabinovich I.M., Smirnova L.E., Seliverstova E.A. Various approaches to classification of leukoplakia. *The Dental Institute.* 2013; 1 (58): 14—17 (In Russian). [eLibrary ID: 22134594](#)
7. Syomkin V.A., Rabinovich O.F., Babichenko I.I., Bezrukov A.A. Leukoplakia: clinical and pathological diagnosis. *Stomatology.* 2017; 1: 72—76 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat201796172-76](#)
8. Rabinovich O.F., Babichenko I.I., Rabinovich I.M., Togonidze A.A. Methods of complex diagnostics of oral leukoplakia. *Stomatology.* 2014; 5: 19—22 (In Russian). [eLibrary ID: 22880257](#)
9. Gates J.C., Abouyared M., Shnayder Y., Farwell D.G., Day A., Alawi F., Moore M., Holcomb A.J., Birkeland A., Epstein J. Clinical management update of oral leukoplakia: A review from the American Head and Neck Society Cancer Prevention Service. *Head Neck.* 2025; 47 (2): 733—741. [PMID: 39584361](#)
10. Pentenero M., Sutera S., Lodi G., Bagan J.V., Farah C.S. Oral leukoplakia diagnosis and treatment in Europe and Australia: Oral Medicine Practitioners' attitudes and practice. *Oral Dis.* 2023; 29 (8): 3214—3222. [PMID: 35792047](#)
11. Lin L., Song C., Wei Z., Zou H., Han S., Cao Z., Zhang X., Zhang G., Ran J., Cai Y., Han W. Multifunctional photodynamic/photothermal nano-agents for the treatment of oral leukoplakia. *J Nanobiotechnology.* 2022; 20 (1): 106. [PMID: 35246146](#)
12. Gopinath D., Waki S.I., Cheah K.F., Panda S. Antioxidants for the management of oral leukoplakia: A systematic review of randomized controlled trials. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2025; 15 (3): 484—492. [PMID: 40144648](#)
13. Palma V.M., Koerich Laureano N., Frank L.A., Rados P.V., Visioli F. Chemoprevention in oral leukoplakia: challenges and current landscape. *Front Oral Health.* 2023; 4: 1191347. [PMID: 37293562](#)
14. Rabinovich O.F., Rabinovich I.M., Umarova K.V. Study of the kinetics of accumulation and distribution of the photosensitizer photoditazin in the oral mucosa in patients with lichen planus. *Stomatology.* 2024; 1: 12—15 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat202410301112](#)
15. Rabinovich I.M., Babichenko I.I., Vasil'ev A.V., Golubeva S.A., Zakharova K.E. Root canals dentinal wall structure after photodynamic exposure. *Stomatology.* 2018; 1: 16—21 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat201897116-21](#)
16. Losev F.F., Krechina E.K., Ivanova E.V., Kuksa E.Yu., Guseva I.E. The use of photodynamic therapy in the complex treatment of chronic generalized moderate periodontitis. *Stomatology.* 2023; 2: 11—15 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat202310202111](#)
17. Cosgarea R., Pollmann R., Sharif J., Schmidt T., Stein R., Bodea A., Ausschill T., Sculean A., Eming R., Greene B., Hertl M., Arweiler N. Photodynamic therapy in oral lichen planus: A prospective case-controlled pilot study. *Sci Rep.* 2020; 10 (1): 1667. [PMID: 32015380](#)
18. Stranadko E.Ph., Baranov A.V., Duvansky V.A., Lobakov A.I., Morokhotov V.A., Riabov M.V. New approach to the treatment of cancer of large duodenal papilla and extrahepatic bile ducts with photodynamic therapy. *Experimental and Clinical Gastroenterology Journal.* 2022; 5 (201): 78—85 (In Russian). [DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-201-5-78-85](#)
19. Semyonov D.Yu., Vasil'ev Yu.L., Dydykin S.S., Stranadko E.F., Shubin V.K., Bogomazov Yu.K., Morokhotov V.A., Shcherbyuk A.N., Morozov S.V., Zakharov Yu.I. Antimicrobial and antimycotic photodynamic therapy (review of literature). *Biomedical Photonics.* 2021; 1: 25—31 (In Russian). [DOI: 10.24931/2413-9432-2021-10-1-25-31](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_112

[И.Н. Усманова](#)¹,д.м.н., профессор кафедры
терапевтической стоматологии[В.О. Сенина](#)¹,ассистент кафедры хирургической
стоматологии[И.А. Лакман](#)²,к.т.н., доцент кафедры биомедицинской
инженерии, зав. лабораторией
исследования социально-экономических
проблем регионов[Э.Ш. Григорович](#)³,д.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии
ДПО[Ю.Л. Васильев](#)^{4,5},д.м.н., профессор кафедры оперативной
хирургии и топографической анатомии;
профессор базовой кафедры «Инженерии
клеточных систем»¹ БашГМУ, 450008, Уфа, Россия² Уфимский университет науки
и технологий, 450076, Уфа, Россия³ ОмГМУ, 644099, Омск, Россия⁴ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,
119048, Москва, Россия⁵ РТУ МИРЭА, 119454, Москва, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Усманова И.Н., Сенина В.О., Лакман И.А., Григорович Э.Ш., Васильев Ю.Л. Персонализированный подход к диагностике рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и некариозных поражений твердых тканей зубов в зависимости от нарушений углеводного обмена. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 112—118.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_112

[I.N. Usmanova](#)¹,Doctor of Science in Medicine, professor
of the Therapeutic dentistry Department[V.O. Senina](#)¹,

assistant at the Surgical dentistry Department

[I.A. Lakman](#)²,PhD in Engineering, assistant professor
of the Biomedical engineering Department,
head of the Scientific Lab for the study
of socio-economic problems of regions[E.Sh. Grigovich](#)³,Doctor of Science in Medicine, associate profes-
sor and head of the Dentistry Department

Персонализированный подход к диагностике рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и некариозных поражений твердых тканей зубов в зависимости от нарушений углеводного обмена

Реферат. Одной из важных задач современной стоматологии является поиск показателей, которые позволили бы прогнозировать развитие воспалительные заболевания пародонта и связанные с ними заболевания твердых тканей зубов некариозного происхождения: клиновидный дефект, повышенное стирание и гиперестезию дентина. Решением этой проблемы могло бы стать создание системы поддержки принятия врачебных решений, позволяющей предсказать риски их развития в зависимости от нарушений углеводного обмена. **Цель исследования** — оценка рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и болезней зубов некариозного происхождения у пациентов в зависимости от нарушения углеводного обмена. **Материалы и методы.** Изучали данные 358 пациентов с нарушением углеводного обмена с 2021 по 2023 г. Из них были отобраны сведения 105 пациентов, которых поделили на 3 группы: I — 26 пациентов с метаболическим синдромом (МС) и нарушениями углеводного обмена; II — 52 пациента с сахарным диабетом 2-го типа (СД2); III — 27 пациентов с МС без нарушений углеводного обмена (группа сравнения). В качестве факторов риска рассматривали повышенный уровень глюкозы в плазме венозной крови до и через 2 часа после еды, уровень глюкозы в смешанной нестимулированной ротовой жидкости. Рассчитывали относительные риски (RR) возникновения хронического пародонтита и некариозных поражений зубов (повышенный износ, стираемость, гиперчувствительность) с надежностью 0,95. Также вычисляли корреляцию между показателями состояния тканей пародонта при нарушениях углеводного обмена от повышенного уровня глюкозы в плазме венозной крови и в пробах смешанной нестимулированной ротовой жидкости (коэффициенты корреляции Спирмена). **Результаты.** Риск развития пародонтита у пациентов с СД2 составляет 7,269 по сравнению с пациентами с МС без нарушения углеводного обмена (группа сравнения). При этом чувствительность риска СД2 к возникновению хронического пародонтита составляет 93%. СД2 и МС не являются факторами риска развитие клиновидного дефекта ($RR = 1,731$ и $1,385$ соответственно). У пациентов I группы (МС с нарушением углеводного обмена) риск возникновения повышенного стирания твердых тканей зубов в 2 раза выше по сравнению с III группой — $RR = 2,077$. У пациентов с МС и СД2 по сравнению с группой сравнения риск развития гиперестезии дентина в 2,5 раза выше — $RR = 2,67$ и $2,596$ соответственно. Наличие СД2 с чувствительностью 83% является предиктором для развития гиперестезии дентина, однако обратное не верно — отсутствие СД2 типа не является фактором, определяющим отсутствие гиперестезии дентина (специфичность — всего 54%). **Заключение.** Проведенное исследование показывает обоснованность разработки персонализированных моделей рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и болезней зубов некариозного происхождения в зависимости от нарушений углеводного обмена.

Ключевые слова: предикторы риска, пародонт, клиновидный дефект, гиперестезия, повышенное стирание, ротовая жидкость, венозная кровь, глюкоза, углеводный обмен

A personalized approach to diagnosing the risks of developing inflammatory periodontal diseases and non-carious hard tooth tissue lesions depending on carbohydrate metabolism disorders

Abstract. One of the important tasks of modern dentistry is the search for indicators that would allow predicting the development of inflammatory periodontal diseases and associated non-carious hard tooth tissue lesions such as wedge-shaped defects, increased tooth wear, and dentin hypersensitivity (hyperesthesia). The solution to this problem could be the creation of a clinical decision support system to predict the risks of their development depending on carbohydrate metabolism

Yu.L. Vasil'ev^{4,5},

Doctor of Science in Medicine, professor of the Operative surgery and topographic anatomy Department; professor of the Cellular systems engineering Department

¹ Bashkir State Medical University, 450008, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, 450076, Ufa, Russia

³ Omsk State Medical University, 644099, Omsk, Russia

⁴ Sechenov University, 119048, Moscow, Russia

⁵ MIREA — Russian Technological University, 119454, Moscow, Russia

FOR CITATION:

Usmanova I.N., Senina V.O., Lakman I.A., Grigovich E.Sh., Vasil'ev Yu.L. A personalized approach to diagnosing the risks of developing inflammatory periodontal diseases and non-carious hard tooth tissue lesions depending on carbohydrate metabolism disorders. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 112—118 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_112

disorders. The purpose of the research is to assess the risks of developing inflammatory periodontal diseases and non-carious dental diseases in patients depending on carbohydrate metabolism disorders. **Materials and methods.** Data from 358 patients with carbohydrate metabolism disorders in the period from 2021 to 2023 were studied. From these, data from 105 patients were selected and divided into 3 groups as follows: I — 26 patients with metabolic syndrome (MS) and carbohydrate metabolism disorders; II — 52 patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM); III — 27 patients with MS without carbohydrate metabolism disorders (comparison group). Risk factors considered were elevated venous plasma glucose levels before and 2 hours after meals, and glucose levels in mixed unstimulated oral fluid. Relative risks (RR) for the occurrence of chronic periodontitis and non-carious dental lesions (increased tooth wear, abrasion, hypersensitivity) were calculated with a confidence level of 0.95. Correlations between the state of periodontal tissues in carbohydrate metabolism disorders and elevated venous plasma glucose levels and glucose levels in mixed unstimulated oral fluid samples were also calculated (Spearman's correlation coefficients). **Results.** The risk of developing periodontitis in patients with T2DM is 7.269 compared to patients with MS without carbohydrate metabolism disorders (comparison group). The sensitivity of the T2DM risk for the occurrence of chronic periodontitis is 93%. T2DM and MS are not risk factors for the development of wedge-shaped defects ($RR=1.731$ and 1.385 , respectively). In patients of group I (MS with carbohydrate metabolism disorders), the risk of increased wear of hard tooth tissues is 2 times higher compared to group III — $RR=2.077$. In patients with MS and T2DM, compared to the comparison group, the risk of developing dentin hypersensitivity is 2.5 times higher — $RR=2.67$ and 2.596 , respectively. The presence of T2DM, with a sensitivity of 83%, is a predictor for the development of dentin hypersensitivity; however, the converse is not true — the absence of T2DM is not a factor determining the absence of dentin hypersensitivity (specificity is only 54%). **Conclusion.** This study demonstrates the validity of developing personalized risk models for the development of inflammatory periodontal diseases and non-carious dental diseases depending on carbohydrate metabolism disorders.

Key words: risk predictors, periodontium, wedge-shaped defect, hypersensitivity, increased tooth wear, oral fluid, glucose, glycated hemoglobin, BMI, carbohydrate metabolism

ВВЕДЕНИЕ

Воспалительные заболевания тканей пародонта представляют собой обратимое воспаление десны вокруг зубов без потери связочного аппарата либо характеризуются необратимым разрушением опорных структур вокруг зубов (цемента корня, периодонтальной связки и альвеолярной кости). Примерно 30—50% страдают от любой формы пародонтита, включая легкую и умеренную формы, а распространенность тяжелых форм пародонтита у взрослых оценивается в среднем примерно в 11% случаев [1—3].

В современной научной литературе приводятся убедительные данные о повышенной распространенности воспалительных заболеваний пародонта у пациентов с сахарным диабетом [4, 5]. Однако данные приведенные в продольных исследованиях малочисленны, при этом приводятся данные о самых высоких показателях распространенности сахарного диабета 2-го типа (СД2) в мире [6], пародонтит и патология слизистой оболочки рта взаимосвязаны с клиническим проявлением сахарного диабета [7—12].

Метаболический синдром (МС) — это распространенное и многофакторное заболевание, которое сочетает непереносимость глюкозы/инсулинорезистентность/гипергликемию, гипертонию, висцеральное ожирение и дислипидемию [13]. Распространенность МС в общей популяции оценивается в 17—32% [14], что позволяет предположить, что данной нозологией страдает почти четверть взрослого населения во всем мире [15].

Эпидемиологические исследования А. Zuk и соавт. (2017), G. Sayeed и S.S. Varghese (2021) и R. Gobin

и соавт. (2020) подтвердили потенциальную связь между воспалительными заболеваниями тканей пародонта и МС [16—18]. При этом многие больные не знают о рисках возникновения воспалительных заболеваний пародонта. В исследовании А.А. Mahtani и соавт. (2020) при опросе 150 пациентов примерно 70% из них не знали о том, что диабет вызывает заболевания пародонта, 73,3% считали, что у них нет диабета, 41 пациент согласился на выборочную проверку крови на сахар. Среди 23 пациентов 14 считали себя диабетиками, но только 12 из этих 14 были признаны таковыми. Кроме того, у 20 пациентов был диагностирован локализованный или генерализованный хронический пародонтит, а у оставшихся 3 пациентов — гингивит [6].

Гипергликемия является ключевой патологической детерминантой развития и утяжеления пародонтита. Плохой гликемический контроль повышает риск развития пародонтита у пациентов с СД, а улучшение уровня HbA1c снижает воспаление в тканях пародонта [19]. В литературе приводятся данные о том, что вероятность развития пародонтита возрастает с увеличением количества компонентов МС, присутствующих у человека [20]. Проверить эти гипотезы можно, сравнив относительные риски возникновения воспалительных заболеваний пародонта и патологии твердых тканей зубов некариозного происхождения у больных с наличием СД и МС с нарушением углеводного обмена или без него.

Цель исследования — анализ рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и болезней зубов некариозного происхождения у пациентов в зависимости от нарушения углеводного обмена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На первом этапе анализа проводили ретроспективное обследование 358 лиц, находящихся на наблюдении у эндокринолога, что и стало критерием для их последующего потенциального отбора и формирования клинических групп. В качестве информационной базы рассматривали данные пациентов, которым с 2021 по 2023 г. был поставлен диагноз «метаболический синдром» (МС) с нарушением или без нарушения углеводного обмена или «сахарный диабет 2-го типа» (СД2). Данные были сформированы на основе проведенного двухцентрового обследования клиники БашГМУ (Уфа), уфимской городской клинической больницы № 21 и поликлиник города.

Далее определяли минимальный необходимый объем выборки, использовали формулу расчета при сравнении двух частот: мощность исследования — 80%, уровень значимости — 0,05, разница в частотах 30%. В результате необходимый минимальный объем группы исследования составил 21 пациент. Среди отобранных на первом этапе пациентов для клинического обследования и включения в исследование получилось сформировать 3 группы:

- I — 26 пациентов с МС и нарушениями углеводного обмена;
- II — 52 пациента с СД2;
- III — 27 пациентов с МС без нарушений углеводного обмена — группа сравнения.

Предварительный анализ по критерию Краскела—Уоллиса показал сопоставимость пациентов по возрасту ($p > 0,1$) и полу ($\chi^2 = 5,991, p = 0,756$).

Стоматологическое обследование включало сбор жалоб, анамнеза, определение гигиенических и пародонтальных индексов, рентгенологическое обследование зубов и челюстей. В ходе комплексного клинического обследования регистрировали состояние твердых тканей зубов и пародонтальных структур. Также изучали и измеряли:

- состояние полости рта — по индексу гигиены ИГР-У Грина—Вермильона (1964);
- клиническое состояние тканей пародонта — с использованием папиллярно-маргинально-альвеолярного индекса (РМА) в модификации Parma (1960);
- степень кровоточивости десневой борозды — по индексу SBI Мюлеманна—Сона (1971);
- наличие гингивита и других симптомов, характерных для пародонтита (воспаление, рентгенологические изменения) с использованием пародонтального индекса (PI) Рассела (1956).

Диагноз «хронический пародонтит» и «болезни зубов некариозного происхождения» ставили в соответствии с МКБ-10.

Дизайн проведенного исследования представлен на рис. 1.

Критерии соответствия

В качестве кандидатов на предикторы риска возникновения воспалительных заболеваний пародонта и некариозных поражений твердых тканей зубов рассматривалась следующая группа факторов: уровень глюкозы

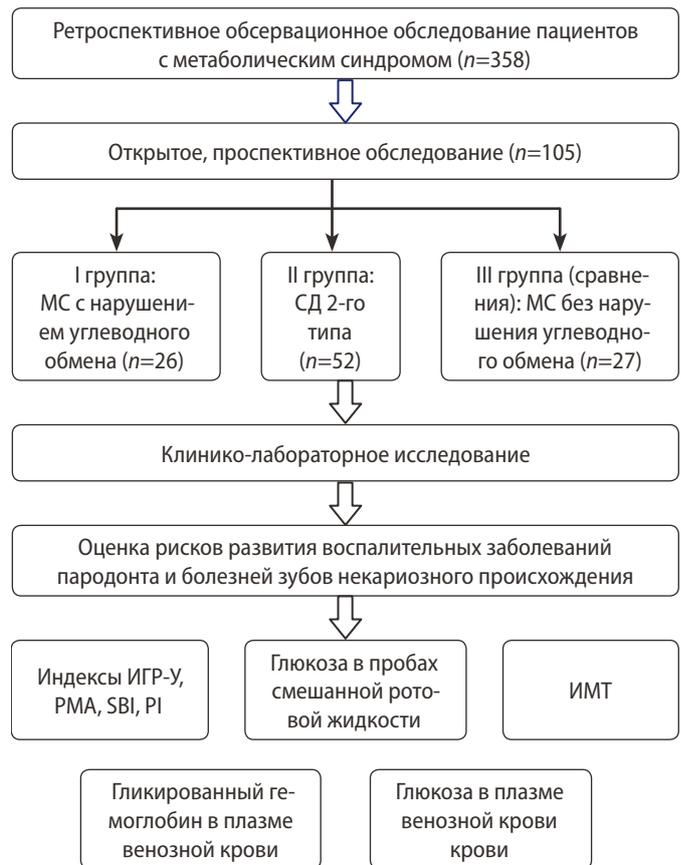


Рис. 1. Дизайн исследования
Fig. 1. Study design

в плазме венозной крови до и через 2 часа после еды, уровень глюкозы в пробах смешанной нестимулированной ротовой жидкости.

Статистические методы

Для определения показателей вероятностей исходов для пациентов I и II группы рассчитывалась мера относительных рисков (RR, Relative Risk) на основе матриц сопряженности (табл. 1).

Таблица 1. Таблица сопряженности частот
Table 1. Contingency table of frequencies

	Клиническая группа (n ₁)	Группа сравнения (n ₂)	Итоговая частота по признакам
Есть признак	m ₁	s ₁	m ₁ + s ₁
Нет признака	m ₂	s ₂	m ₂ + s ₂
Итоговая частота по группам	m ₁ + m ₂ = n ₁	s ₁ + s ₂ = n ₂	m ₁ + m ₂ + s ₁ + s ₂ = n ₁ + n ₂

Мера RR определялась как отношение величины абсолютного риска в клинической группе к абсолютному риску в контрольной группе:

$$RR = \frac{m_1}{m_1 + s_1} : \frac{m_2}{m_2 + s_2}$$

где m₁ — частота встречаемости признака в клинической группе, m₂ — частота отсутствия признака в клинической группе, s₁ — частота встречаемости признака

в группе сравнения, s_2 — частота отсутствия признака в группе сравнения.

Также определялась чувствительность (Se) и специфичность (Sp) рисков:

$$Se = \frac{m_1}{m_1 + m_2}, Sp = \frac{s_2}{s_1 + s_2}$$

Для меры RR определяли доверительный интервал с надежностью 95%.

Визуальное представление относительных рисков было выполнено в виде лесных графиков.

Для оценки наличия связи между индексной оценкой тканей пародонта и уровня глюкозы в плазме венозной крови и смешанной нестимулированной ротовой жидкости использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена, проверяя его статистическую значимость отличия от нуля при предположении об отсутствии связи.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для возникновения хронического пародонтита МС, обусловленный нарушением углеводного обмена, не является рискован фактором ($RR=3,1$, ДИ 0,947–10,246), тогда как СД2, напротив, увеличивает более чем в 7 раз риск возникновения хронического пародонтита ($RR=7,269$, ДИ 2,481–21,301) по сравнению с пациентами с МС без нарушения МС. При этом чувствительность риска СД2 к возникновению хронического пародонтита составляет 93% (табл. 2).

Таблица 2. Относительные риски возникновения хронического пародонтита на фоне метаболического синдрома (I группа) или сахарного диабета 2-го типа (II группа)

Table 2. Relative risks of chronic periodontitis occurrence in patients with metabolic syndrome (Group I) or type 2 diabetes mellitus (Group II)

	CER	EER	Se, %	Sp, %	RR	95% ДИ
III группа (сравнения)	0,111	—	—	—	—	—
I группа / группа сравнения	—	0,346	75,0	58,5	3,115	0,947–10,246
II группа / группа сравнения	—	0,808	93,3	70,6	7,269	2,481–21,301

Примечание. CER — абсолютный риск в контрольной группе, EER — абсолютный риск в основной клинической группе, Se — чувствительность, Sp — специфичность, RR — относительный риск.

Таблица 3. Взаимосвязь показателей состояния тканей пародонта при нарушениях углеводного обмена от повышенного уровня глюкозы в плазме венозной крови и в пробах смешанной нестимулированной ротовой жидкости (коэффициенты корреляции Спирмена)

Показатель	Глюкоза смешанной нестимулированной ротовой жидкости			Глюкоза в плазме венозной крови через 2 часа после еды		
	I группа	II группа	III группа	I группа	II группа	III группа
ИГР-У	0,58 ($p=0,032$)	0,55 ($p=0,043$)	0,55 ($p=0,043$)	0,55 ($p=0,043$)	0,65 ($p=0,003$)	0,45 ($p=0,053$)
РМА	0,55 ($p=0,043$)	0,72 ($p<0,001$)	0,72 ($p<0,001$)	0,72 ($p<0,001$)	0,75 ($p<0,001$)	0,48 ($p=0,050$)
SBI	0,45 ($p=0,053$)	0,41 ($p=0,062$)	0,41 ($p=0,062$)	0,41 ($p=0,062$)	0,59 ($p=0,013$)	0,25 ($p=0,242$)
PI	0,59 ($p=0,012$)	0,60 ($p=0,010$)	0,60 ($p=0,010$)	0,60 ($p=0,010$)	0,73 ($p<0,001$)	0,21 ($p=0,274$)
Глубина пародонтального кармана	0,60 ($p=0,001$)	0,63 ($p=0,008$)	0,63 ($p=0,008$)	0,63 ($p=0,008$)	0,74 ($p<0,001$)	0,42 ($p=0,063$)

На графике относительных рисков и их доверительных интервалов видно, что, несмотря на значение $RR>>1$, только для пациентов с СД2 доверительный интервал риска возникновения хронического пародонтита не пересекает черту $x=1$, что означает статистическую значимость относительных рисков с учетом доверительных интервалов к ним (рис. 2).

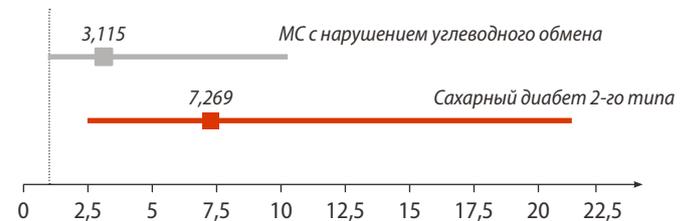


Рис. 2. Относительные риски возникновения хронического пародонтита у пациентов с нарушениями углеводного обмена
Fig. 2. Relative risks of chronic periodontitis occurrence in patients with carbohydrate metabolism disorders

Индекс РМА значимо коррелирует и с уровнем глюкозы в плазме венозной крови и в пробах смешанной нестимулированной ротовой жидкости, но если для пациентов с СД2 и с МС с нарушением углеводного обмена эта связь прослеживается сильно ($p<0,001$), то для группы сравнения она выражена более слабо ($p<0,05$). Для ИГР-У, PI и глубины пародонтального кармана значимая связь прослеживалась с уровнем глюкозы в смешанной нестимулированной ротовой жидкости для пациентов всех групп ($p<0,05$), а также с уровнем глюкозы в плазме венозной крови после еды, но только для пациентов с СД2 и с МС с нарушением углеводного обмена ($p<0,05$). Для показателя SBI прослеживалась очень слабая связь с уровнем глюкозы в смешанной слюне ($p<0,1$) для всех пациентов и уровнем глюкозы в крови через 2 часа после еды для пациентов с СД2 и с МС с нарушением углеводного обмена. В группе сравнения (МС без нарушения углеводного обмена) корреляция для индексов PI и SBI была незначима, а для глубины пародонтального кармана связь выражена слабо ($p<0,1$; табл. 3).

Table 3. Correlation between parameters of the state of periodontal tissues in carbohydrate metabolism disorders and elevated venous plasma glucose levels and glucose levels in mixed unstimulated oral fluid samples (Spearman's correlation coefficients)

Таблица 4. Относительные риски распространенности некариозных поражений зубов на фоне метаболического синдрома (I группа) или сахарного диабета 2-го типа (II группа)

Table 4. Relative risks of the prevalence of non-carious dental lesions in patients with metabolic syndrome (Group I) or type 2 diabetes mellitus (Group II)

Фактор риска	III группа (сравнения)	I группа / группа сравнения					II группа / группа сравнения				
	CER	EER	Se, %	Sp, %	RR	95% ДИ	EER	Se, %	Sp, %	RR	95% ДИ
Сошлифовывание (абразивный) износ зубов (K03.1)	0,333	0,577	62,5	62,1	1,731	0,925–3,239	0,462	72,7	39,1	1,385	0,753–2,545
Повышенное стирание зубов (K03.0)	0,370	0,769	66,7	73,0	2,077	1,216–3,546	0,519	73,0	40,5	1,402	0,803–2,447
Гиперчувствительность дентина (K03.80)	0,259	0,692	72,0	71,0	2,670	1,343–5,309	0,673	83,3	54,1	2,596	1,335–5,049

Примечание. CER — абсолютный риск в контрольной группе, EER — абсолютный риск в основной клинической группе,

Se — чувствительность, Sp — специфичность, RR — относительный риск.

В табл. 4 представлены результаты расчета RR с соотношением абсолютных рисков в основных клинических группах и группе сравнения, что позволило определить риск развития болезней зубов некариозного происхождения. Для сошлифовывания (абразивного износа)

зубов наличие у пациента с МС нарушения углеводного обмена или СД2 не является фактором риска: $RR=1,731$ и $1,385$ соответственно. В то же время у пациентов с МС с нарушением метаболического обмена повышенный почти в 2 раза риск возникновения повышенного стирания зубов по сравнению с пациентами с МС без нарушений углеводного обмена — $RR=2,077$ (рис. 3, 4). Риск возникновения гиперчувствительности дентина почти в 2,5 раза выше у пациентов с МС с нарушением углеводного обмена или с СД2 по сравнению с пациентами группы сравнения — $RR=2,67$ и $2,596$ соответственно (рис. 5).

Проведенные расчеты позволили сделать выводы, что наличие СД2 является предиктором для развития гиперчувствительности дентина с чувствительностью 83%, однако обратное не верно — отсутствие СД2 не является фактором, определяющим отсутствие гиперчувствительности дентина (специфичность всего 54%).

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным К.С. Lee и соавт. (2015), количество положительных параметров МС положительно коррелирует с воспалительным процессом в тканях пародонта. Относительный риск с одним положительным параметром МС составил 1,92 (95% ДИ 1,21–3,04) и 1,88 (95% ДИ 1,28–2,76), при трех и более положительных параметрах МС ОР составил 3,29 (95% ДИ: 1,24–8,71). Наличие более позитивных параметров метаболического синдрома и низкий уровень HDL-холестерина имеют независимую связь с распространенностью воспалительного процесса в тканях пародонта, что может быть определяющим фактором для усугубления воспаления в пародонте [21], что согласуется с данными нашего исследования.

В метаанализе Т. Morita и соавт. (2010) показан риск развития воспалительных заболеваний пародонта в зависимости от отдельных компонентов МС, при этом у лиц с $CPI \geq 3$ он выше ($OR=1,6$), а наличие гипергликемии и ожирения не связано с соответствующими рисками [22]. По данным нашего исследования, наличие у пациента МС с нарушением углеводного обмена также не является рисковым фактором ($RR=3,115$ при ДИ

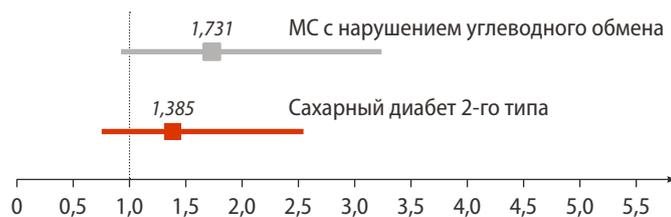


Рис. 3. Относительные риски возникновения сошлифовывания (абразивного) износа зубов у пациентов с нарушениями углеводного обмена

Fig. 3. Relative risks of tooth abrasion (attrition) occurrence in patients with carbohydrate metabolism disorders

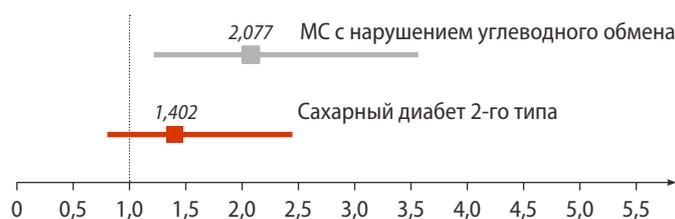


Рис. 4. Относительные риски возникновения повышенного стирания зубов у пациентов с нарушениями углеводного обмена

Fig. 4. Relative risks of increased tooth wear occurrence in patients with carbohydrate metabolism disorders

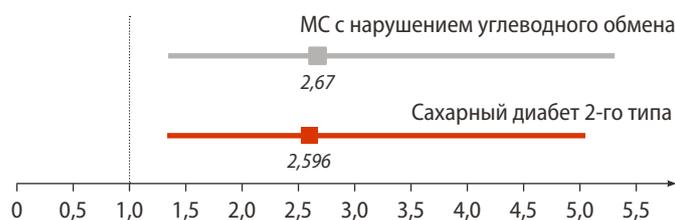


Рис. 5. Относительные риски возникновения гиперчувствительного дентина у пациентов с нарушениями углеводного обмена

Fig. 5. Relative risks of dentin hypersensitivity occurrence in patients with carbohydrate metabolism disorders

0,947–10,246), а наличие СД2 увеличивает риск в 7 раз ($RR=7,269$).

Анализ данных перекрестного, описательного и аналитического исследования пациентов с диабетом, проведенного в Северном Таиланде, выявил у соответствующей категории больных превалирование повышенного стирания зубов в 31,3% случаев сошлифовывания (абразивный износ) зубов в 7,3% случаев [23], однако по проведенному нами исследованию таких выводов сделать было нельзя.

Таким образом, полученные нами результаты убедительно доказывают связь между хроническим пародонитом и нарушением углеводного обмена.

Ограничения исследования

Полученный результат является предметом обсуждения и требует отдельного дополнительного исследования, которые авторы планируют выполнить на расширенном наборе данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает обоснованность разработки моделей рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и болезней зубов некариозного происхождения у пациентов с нарушением углеводного обмена (МС или СД2).

В исследовании выявлены наиболее достоверные факторы риска, приводящие к развитию и усугублению изучаемых патологий, — высокие значения обратимых и необратимых индексов (ИГР-У, РМА, SBI, PI), в пробах смешанной нестимулированной ротовой жидкости и в плазме венозной крови — концентрацию глюкозы.

Выводы, сделанные относительно выявления рисков развития воспалительных заболеваний пародонта и болезней зубов некариозного происхождения являются предметом обсуждения и требуют отдельного дополнительного исследования, которые авторы планируют выполнить на расширенном наборе данных.

Поступила/Received: 12.01.2026

Принята в печать/Accepted: 16.02.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

- Eke P.I., Dye B.A., Wei L., Slade G.D., Thornton-Evans G.O., Borgnakke W.S., Taylor G.W., Page R.C., Beck J.D., Genco R.J. Update on prevalence of periodontitis in adults in the United States: NHANES 2009 to 2012. — *J Periodontol.* — 2015; 86 (5): 611—22. [PMID: 25688694](#)
- Wahlin Å., Papias A., Jansson H., Norderyd O. Secular trends over 40 years of periodontal health and disease in individuals aged 20—80 years in Jönköping, Sweden: Repeated cross-sectional studies. — *J Clin Periodontol.* — 2018; 45 (9): 1016—1024. [PMID: 29971805](#)
- Singh M., Bains V.K., Jhingran R., Srivastava R., Madan R., Maurya S.C., Rizvi I. Prevalence of periodontal disease in type 2 diabetes mellitus patients: A cross-sectional study. — *Contemp Clin Dent.* — 2019; 10 (2): 349—357. [PMID: 32308302](#)
- Орехова Л.Ю., Гриненко Э.В., Лобода Е.С., Чупринина А.В. Влияние сахарного диабета 1 и 2 типов на эффективность комплексов профессиональной гигиены полости рта у пациентов с хроническим генерализованным пародонитом. — *Стоматолог. Минск.* — 2022; 3 (46): 41—47. [eLibrary ID: 49478183](#)
[Orekhova L.Yu., Grinenko E.V., Loboda E.S., Chuprinina A.V. Effect of diabetes mellitus types 1 and 2 on the effectiveness of professional oral hygiene among patients with chronic generalized marginal periodontitis. — *Dentist (Minsk).* — 2022; 3 (46): 41—47 (In Russian)]. [DOI: 10.32993/dentist.2022.3\(46\).4](#)
- Лобода Е.С., Орехова Л.Ю., Гриненко Э.В., Кропотина А.Ю., Яманидзе Н.А., Атрушкевич В.Г. Оценка эффективности результатов профессиональной гигиены у пациентов с сахарным диабетом I типа и избыточной массой тела. — *Пародонтология.* — 2021; 1: 20—27. [eLibrary ID: 44793748](#)
[Loboda E.S., Orekhova L.Yu., Grinenko E.V., Kropotina A.Yu., Iamanidze N.A., Atrushkevich V.G. Evaluation of the effectiveness of professional hygiene results in patients with diabetes mellitus type I and overweight. — *Parodontologiya.* — 2021; 1: 20—27 (In Russian)]. [DOI: 10.33925/1683-3759-2021-26-1-20-27](#)
- Mahtani A.A., Jacob C., Lakshmanan R. Prevalence of diabetes among patients and the assessment of the awareness of the bidirectional relation between diabetes and periodontal disease. — *J Family Med Prim Care.* — 2020; 9 (6): 2774—2780. [PMID: 32984124](#)
- Weijndijk L.P.M., Ziukaite L., Van der Weijden G.A.F., Bakker E.W.P., Slot D.E. The risk of tooth loss in patients with diabetes: A systematic review and meta-analysis. — *Int J Dent Hyg.* — 2022; 20 (1): 145—166. [PMID: 33973353](#)
- Kaye E.K., Chen N., Cabral H.J., Vokonas P., Garcia R.I. Metabolic syndrome and periodontal disease progression in men. — *J Dent Res.* — 2016; 95 (7): 822—8. [PMID: 27025874](#)
- Aizenbud I., Wilensky A., Almozni G. Periodontal disease and its association with metabolic syndrome — A comprehensive review. — *Int J Mol Sci.* — 2023; 24 (16): 13011. [PMID: 37629193](#)
- Слазнева Е.С., Атрушкевич В.Г., Орехова Л.Ю., Лобода Е.С. Распространенность заболеваний пародонта у пациентов с различным индексом массы тела. — *Пародонтология.* — 2022; 3: 202—208. [eLibrary ID: 49556581](#)
[Slazhneva E.S., Atrushkevitch V.G., Orekhova L.Yu., Loboda E.S. Prevalence of periodontal diseases in patients with different body mass index. — *Parodontologiya.* — 2022; 3: 202—208 (In Russian)]. [DOI: 10.33925/1683-3759-2022-27-3-202-208](#)
- Сенина В.О., Усманова И.Н., Лакман И.А., Герасимова Л.П., Туйгунов М.М., Ишмухаметова А.Н., Авзалетдинова Д.Ш., Кузнецова Л.И. Взаимосвязь метаболического синдрома и сахарного диабета 2 типа с патологией пародонта (систематический обзор). — *Пародонтология.* — 2024; 2: 135—149. [eLibrary ID: 67946952](#)
[Senina V.O., Usmanova I.N., Lakman I.A., Gerasimova L.P., Tuigunov M.M., Ishmukhametova A.N., Avzaletdinova D.Sh., Kuznetsova L.I. Association between metabolic syndrome, Type 2 diabetes mellitus, and periodontal pathology: a systematic review. — *Parodontologiya.* — 2024; 2: 135—149 (In Russian)]. [DOI: 10.33925/1683-3759-2024-896](#)

12. Сенина В.О., Усманова И.Н., Лакман И.А., Герасимова Л.П., Ишмухаметова А.Н., Акопян А.П., Авзалетдинова Д.Ш., Дыдыкин С.С., Васильев Ю.Л. Взаимосвязь компонентов метаболического синдрома с патологией красной каймы губ и слизистой оболочки рта. — *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. — 2024; 4—2: 58—63. [eLibrary ID: 80471531](#)
[Senina V.O., Usmanova I.N., Lakman I.A., Gerasimova L.P., Ishmukhametova A.N., Akopyan A.P., Avzaletdinova D.Sh., Dydykin S.S., Vasil'ev Yu.L. Relationship between metabolic syndrome components and pathology of the red border of the lips and oral mucosa. — *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. — 2024; 4—2: 58—63 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/operhirurg2024804258](#)
13. Watanabe K., Cho Y.D. Periodontal disease and metabolic syndrome: a qualitative critical review of their association. — *Arch Oral Biol*. — 2014; 59 (8): 855—70. [PMID: 24880501](#)
14. Nibali L., Tatarakis N., Needleman I., Tu Y.K., D'Aiuto F., Rizzo M., Donos N. Clinical review: Association between metabolic syndrome and periodontitis: a systematic review and meta-analysis. — *J Clin Endocrinol Metab*. — 2013; 98 (3): 913—20. [PMID: 23386648](#)
15. Han D.H., Lim S., Paek D., Kim H.D. Periodontitis could be related factors on metabolic syndrome among Koreans: a case-control study. — *J Clin Periodontol*. — 2012; 39 (1): 30—7. [PMID: 22092822](#)
16. Zuk A., Quiñonez C., Lebenbaum M., Rosella L.C. The association between undiagnosed glycaemic abnormalities and cardiometabolic risk factors with periodontitis: results from 2007—2009 Canadian Health Measures Survey. — *J Clin Periodontol*. — 2017; 44 (2): 132—141. [PMID: 28028834](#)
17. Sayeed G., Varghese S.S. Association between periodontitis and metabolic syndrome in females: A systematic review and meta-analysis. — *J Int Soc Prev Community Dent*. — 2021; 11 (6): 609—625. [PMID: 35036370](#)
18. Gobin R., Tian D., Liu Q., Wang J. Periodontal diseases and the risk of metabolic syndrome: An updated systematic review and meta-analysis. — *Front Endocrinol (Lausanne)*. — 2020; 11: 336. [PMID: 32582028](#)
19. Arreguin-Cano J.A., Ayerdi-Nájera B., Tacuba-Saavedra A., Navarro-Tito N., Dávalos-Martínez A., Emigdio-Vargas A., Barrera-Rodríguez E., Blanco-García N., Gutiérrez-Venegas G., Ventura-Molina E., León-Dorantes G. MMP-2 salivary activity in type 2 diabetes mellitus patients. — *Diabetol Metab Syndr*. — 2019; 11: 113. [PMID: 31892956](#)
20. Lamster I.B., Pagan M. Periodontal disease and the metabolic syndrome. — *Int Dent J*. — 2017; 67 (2): 67—77. [PMID: 27861820](#)
21. Lee K.S., Lee S.G., Kim E.K., Jin H.J., Im S.U., Lee H.K., Merchant A.T., Song K.B., Choi Y.H. Metabolic syndrome parameters in adolescents may be determinants for the future periodontal diseases. — *J Clin Periodontol*. — 2015; 42 (2): 105—12. [PMID: 25469423](#)
22. Morita T., Yamazaki Y., Mita A., Takada K., Seto M., Nishinoue N., Sasaki Y., Motohashi M., Maeno M. A cohort study on the association between periodontal disease and the development of metabolic syndrome. — *J Periodontol*. — 2010; 81 (4): 512—9. [PMID: 20367094](#)
23. Srisilapanan P., Jindarat M., Roseman J. The prevalence and severity of tooth wear in Type 2 diabetic patients. — *Int J Dent*. — 2018; 2018: 3608158. [PMID: 30651731](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_119

[R.A. Ashour](#)¹,

MSc, assistance lecturer of the College of Dentistry

[D.N. Abdulhussein](#)¹,

MSc, assistance lecturer of the College of Dentistry

[A.A. Alhaboby](#)²,

diploma in general pediatrics, pediatrician in pediatrics ward

[K.A. Al-Salihi](#)¹,

PhD, professor of the Basic science Department at the College of Dentistry, head of scientific and ethical committee

¹ Al-Iraqia University, 10071, Baghdad, Iraq² Al-Khidhir General Hospital, 66003, Al-Khidhir, Iraq**FOR CITATION:**

Ashour R.A., Abdulhussein D.N., Alhaboby A.A., Al-Salihi K.A. Relationship between occurrence of caries and calcium, phosphorus and vitamin D levels in children in Al-Muthanna province (Iraq). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 119—125. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_119

Relationship between occurrence of caries and calcium, phosphorus and vitamin D levels in children in Al-Muthanna province (Iraq)

Abstract. Dental caries is a multifactorial chronic disease affecting children worldwide. Calcium, phosphorus, and vitamin D play an important role in the prevention of dental caries. **Objectives:** To explore the relationship between the occurrence of dental caries and serum levels of Ca, P, and vitamin D3 in children in the Al-Muthanna province of Iraq. **Materials and methods.** The study included 100 children, categorized as either having caries or being caries-free according to the DMFT (Decayed, Missing, Filled Teeth) index. Demographic data included age, gender, nutritional status, and dietary habits, while socioeconomic status was assessed based on parents' education, occupation, and geographic distribution. Ca, P, and vitamin D levels were estimated in the serum of all participants. **Results.** Poor dietary habits, insufficient brushing frequency, lack of parental supervision, and an absence of dental visits were strongly associated with a high risk of caries. Distribution by DMFT components showed that 26% of patients had D \geq 6 and M=1–3, 32% had D=4–5 and M=1–4, and 42% had D \leq 3 and M=1–3. In caries-free children compared to those with caries, the mean levels of Ca were 8.4 and 6.6 mg/dl, phosphorus concentrations were 5.5 and 4.1 mg/dl, and 25(OH)D levels were 45.8 and 27.6 ng/ml, respectively ($p<0.05$). **Conclusion.** A strong correlation was found between poor dietary habits, insufficient brushing frequency, lack of parental supervision, infrequent dental visits, and a high risk of caries. A significant positive correlation was observed between decreased levels of Ca, P, and 25(OH)D and a higher occurrence of caries in the study population. The authors recommend future longitudinal studies in other Iraqi provinces to support the development of a national caries prevention program.

Key words: caries, calcium, children, Al-Muthanna, Iraq, 25(OH)D[P.A. Ашур](#)¹,

магистр наук, ассистент стоматологического факультета

[Д.Н. Абдулхусейн](#)¹,

магистр наук, ассистент стоматологического факультета

[А.А. Алхабоби](#)²,

дипломированный специалист по педиатрии общего профиля, врач-педиатр педиатрического отделения

[К.А. Аль-Салихи](#)¹,

доктор наук, профессор кафедры фундаментальных наук стоматологического факультета, председатель научно-этического комитета

¹ Иракский университет,

10071, Багдад, Ирак

² Главная больница Аль-Хидхира, 66003, Аль-Хидхир, Ирак**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

AAshour R.A., Abdulhussein D.N., Alhaboby A.A., Al-Salihi K.A. Relationship between occurrence of caries and calcium, phosphorus and vitamin D levels in children in Al-Muthanna province (Iraq). — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 119—125. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_119

Взаимосвязь между возникновением кариеса и уровнем кальция, фосфора и витамина D у детей в провинции Аль-Мутанна (Ирак)

Реферат. Кариес зубов — это многофакторное хроническое заболевание, поражающее детей во всем мире. Кальций, фосфор и витамин D играют важную роль в профилактике кариеса. **Цель исследования** — изучить взаимосвязь между возникновением кариеса зубов и уровнями кальция (Ca), фосфора (P) и витамина D3 у детей в иракской провинции Аль-Мутанна. **Материалы и методы.** В исследование было включено 100 детей, распределенных на группы (с кариесом и без кариеса) в соответствии с индексом КПУ. Демографические данные включали возраст, пол, статус питания и пищевые привычки; социально-экономический статус оценивали на основе образования родителей, рода их занятий и географического распределения. Также измеряли содержание Ca, P и витамина D в крови. **Результаты.** Неправильные пищевые привычки, недостаточная частота чистки зубов, отсутствие контроля со стороны родителей и отсутствие визитов к стоматологу были тесно связаны с высоким риском развития кариеса. Распределение детей с кариесом по КПУ составило: 26% с «К» \geq 6 и «У»=1–3, 32% с «К»=4–5 и «У»=1–4, 42% с «К» \leq 3 и «У»=1–3. У детей без кариеса по сравнению с детьми с кариесом среднее содержание Ca составило 8,4 и 6,6 мг/дл, концентрация фосфора — 5,5 и 4,1 мг/дл, а 25(OH)D — 45,8 и 27,6 нг/мл соответственно ($p<0,05$). **Заключение.** Выявлена сильная корреляция между неправильными пищевыми привычками, недостаточной частотой чистки зубов, отсутствием родительского контроля, редкими визитами к стоматологу и высоким риском развития кариеса. Наблюдалась значимая положительная корреляция между снижением уровней Ca, P и 25(OH)D и более высокой частотой возникновения кариеса у исследуемой группы детей. Авторы рекомендуют проведение дальнейших исследований в других провинциях Ирака для поддержки разработки национальной программы профилактики кариеса.

Ключевые слова: кариес, кальций, дети, Аль-Мутанна, Ирак, 25(OH)D

INTRODUCTION

Dental caries, commonly known as tooth decay, is a multifactorial chronic disease. It affects populations worldwide, with childhood caries affecting nearly 50% of children internationally [1]. Persistent socioeconomic disparities impacting caries prevalence, the limited availability of effective silver diamine fluoride treatments, and the complex role of the oral microbiome remain key challenges [2, 3]. Prevalence rates vary significantly, from 27–64% in India [4] to 16.7% in Sweden [5], and 18.6% for early childhood caries in the United States [6]. According to WHO reports, there is notable heterogeneity across studies and data from nine countries regarding dental caries prevalence. The prevalence for deciduous dentition in 5-year-old children was 65% (45–85%), 61% (50–72%) for permanent dentition in 12-year-olds, 70% (64–75%) for 15-year-olds, and 66% (59–73%) for children aged 6–15 years [7].

Despite health advancements, significant inequality in disease burden persists, particularly in low- and middle-income countries. This highlights the need to translate caries research into practice and promote targeted interventions [8]. Caries results from the demineralization of tooth enamel and dentin by acids produced through the bacterial fermentation of dietary carbohydrates. Tooth decay in children can present in various forms, including early childhood caries, smooth surface caries, and pit and fissure caries, each varying in location and progression [9, 10].

The pathogenesis and progression of dental caries are influenced not only by bacterial activity and dietary habits but also by the status of essential minerals and vitamins. The “bone mineralization triangle”, which includes calcium, phosphorus, and vitamin D, consists of elements essential to the tooth mineral matrix that play a vital role in maintaining enamel strength and resistance to acid attack. Vitamin D acts through several mechanisms as a protective factor against the development of caries. It contributes to tooth mineralization by maintaining calcium and phosphorus homeostasis, which is necessary for the formation, calcification, and mineralization of teeth [11]. Disturbances in this homeostasis can lead to hypocalcemia and hypophosphatemia, causing enamel and dentin defects. Another mechanism involves

the active form of vitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D₃, which acts directly on ameloblasts and odontoblasts [12]. Consequently, hypoplasia and hypomineralization resulting from vitamin D deficiency during tooth development leave teeth susceptible to caries [13]. Moreover, vitamin D may stimulate antimicrobial peptides that prevent the colonization of pathogens [14, 15]. A deficiency in these nutrients can compromise dental integrity; thus, the correlation between caries and the levels of these essential elements must be thoroughly understood to effectively control caries in children. Furthermore, studies have suggested that the efficacy of treatment for chronic apical periodontitis is significantly influenced by systemic osteopenia and vitamin D deficiency [16].

Data regarding caries in Eastern Mediterranean countries remain scarce. A meta-analysis of deciduous teeth caries in Gulf countries showed a prevalence of 80.9% [17]. A literature review concerning the relationship between caries and Ca, P and vitamin D₃ concentrations revealed a lack of publications from Iraq in general, and the Al-Muthanna Governorate specifically. Consequently, this study aims to investigate the relationship between the occurrence of dental caries and the levels of calcium, phosphorus, and vitamin D₃ in children in Al-Muthanna province.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in private pediatric dentistry clinic in Al-Muthanna province on 100 children. Based on DMFT index (Decayed, Missing, and Filled Teeth) according to the WHO description [18] the enrolled children were divided into 2 groups:

- I — 50 caries-free children (DMFT=0) — control group (healthy);
- II — 50 children showing various degree of caries as follows:
 - mild caries (DMFT 1—3, early stage of caries activity), few teeth affected, with limited decay, possibly one or two small restorations or cavities;
 - moderate Caries (DMFT 4—6, active dental caries), more teeth affected, multiple cavities or restorations and management was needed;
 - severe Caries (DMFT > 6, active caries including missing teeth due to caries with poor oral hygiene and limited dental care access).

The inclusion criteria were a child between the age group of 4–9 years, parent and child cooperation, a systemic healthy children, and caries-free (dmft=0) for Group I. Exclusion criteria were: metabolic disease, long-term medication use, and current chemotherapy or radiotherapy.

A demographical data including the age, gender, nutritional status (good or poor) and food habit (non-alcoholic beverages like Coca cola, Sprite, and juice; cookies and sweets including lollipops, fruit drops, and candy canes). In addition the socioeconomical status including parent's education degree and occupation (professional, clerical, etc.), and geographic distribution (urban or rural) were also collected for each participant before dental clinical examination. The study was extended for a period of 8 months, from February to October 2024.

Dentist examined each participant to categorize the participant according to caries index (fig. 1).



Fig. 1. Intraoral view of one participant of the study showing mouth preparation prior to dental treatment. It demonstrates the isolation and retraction with a dental mirror and probe, providing visibility of the dentition and gingival tissue

All participants were sent for clinical pathology laboratory. A 2 ml blood sample was collected by a technician from each child with a sterile disposable plastic syringe without anticoagulant, and used for estimating the calcium, phosphorus, and vitamin D levels.

Calcium concentration in serum was measured using a photometric test through using atomic absorption spectrophotometry at 570 nm, using a commercial kit (Liquicolor Human, Germany) and according to the instruction of the manufacturer.

Phosphorus concentration was measured by ultraviolet colorimetry using the UV-visible colorimetric method and a commercial kit (Liquicolor Human, Germany) according to the manufacturer's instructions. The absorbance of the complex at 340 nm is proportional to the inorganic phosphorus concentration in the sample [19].

Vitamin D level was estimated by using a commercial 25-OH vitamin D ELISA kit (Creative Diagnostics, USA). There are no international standard for 25-OH vitamin D, therefore, gravimetrically was used to calibrate the kit's standard and controls. Briefly, the standards, controls, and samples were added to the antibody-containing wells specifically coated with 25-hydroxyvitamin D3 and incubated to allow binding. Later, unbound substance was washed away. Then enzyme-linked secondary antibody added to bind to the vitamin D complex. The sample incubated and substrate solution was added to start the color reaction. The optical density (OD) was measured at the specified wavelength using a microplate reader. The standard curve was generated by plotting known standard concentration against their equivalent OD (ELISA), then vitamin D concentration from each sample signal measurement were interpolated in standard curve. The level of vitamin D was reported as ng/ml or nmol/L.

Statistical analysis

The Pearson correlation was calculated and, a level of significance at a $p < 0.05$ was identified by unpaired t-test, and chi-square test for comparing between the two groups.

RESULTS

The results of this study compared the sociodemographic factors of caries-free children and children with caries. The mean age of caries-free children and those with caries was 6.5 ± 1.7 and 6.8 ± 1.7 years, respectively. The gender distribution was 44% (male/female) and 56% for the caries-free group, compared to 48 and 52% for the group with caries. Regarding paternal education, for caries-free children, 8% were illiterate, 26% had primary education, 38% middle, and 28% higher education, compared to 2, 18, 44, and 36%, respectively, for fathers of children with caries. Maternal education for caries-free children was 10% illiterate, 36% primary, 34% middle, and 20% higher education, while for children with caries, the figures were 12, 32, 36, and 20%, respectively. Paternal occupation among caries-free children was 36% laborer, 36% clerical, and 28% professional, compared to 32, 44, and 24% for the caries group. Maternal occupation in the caries-free group was 30% laborer, 22% clerical, 18% professional, and

30% housewife. In contrast, for children with caries, 48% of mothers were housewives, 12% were professionals, and 20% each were laborers or clerical workers. Both groups showed 100% good nutritional status. Geographical distribution showed that 54% of caries-free children were from urban areas, while 60% of children with caries were from rural regions (Table 1).

Table 1. Sociodemographic factors of children caries free and children with caries

Criteria	Caries-free children	Children with caries
Age (year)	6.5 ± 1.7	6.8 ± 1.7
Gender (%)		
Male	44	48
Female	56	52
Father education (%)		
Illiterate	8	2
Primary	26	18
Middle	38	44
High	28	36
Mother education (%)		
Illiterate	10	12
Primary	36	32
Middle	34	36
High	20	20
Father occupation (%)		
Laborer	36	32
Clerical	36	44
Professional	28	24
Mother occupation (%)		
Laborer	30	20
Clerical	22	20
Professional	18	12
Housewife	30	48
Geographical distribution (%)		
Urban	54	40
Rural	46	60

All children in caries-free group experienced good dietary habits (100%), while the percentages of children with caries were 52% for good dietary habits. The results of previous dental visits, 76% of caries-free children had visited a dentist, compared to 56% in children with caries. The percentages of brushing in the caries-free children, and children with caries were 78% and 56% respectively. While the percentages of brushing frequency showed obvious contrast, in the caries-free group, 42% brushed twice daily, 36% once daily and only 22% did not brush. However, 44% of the caries group children did not brushing, and 28% brushed once or twice daily. Moreover, the parental supervision of brushing was reported 70% and 56% for caries free children and with caries respectively. The results of the DMFT showed various percentages for degrees in children with caries. The distribution of children with caries according to DMFT scores was as follows: $D \geq 6$ and

M=1-3 – 26% of patients, D=4-5 and M=1-4 – 32% of patients, D≤3 and M=1-3 – 42% of patients (Table 2).

Table 2. Food habit & oral hygiene and DMFT in children

Criteria	Caries-free children	Children with caries
Food habit — drinks, cookies and sweet (%)		
Good	100	52
Poor	0	48
Previous dentistry visit (%)		
Yes	76	56
No	24	44
Brushing (%)		
Yes	78	56
No	22	44
Brushing frequency (%)		
No	22	44
Once a day	36	28
Twice a day	42	28
Parents supervision of brushing (%)		
Yes	70	56
No	30	44
DMFT (%)		
0	100	—
1	—	12
2	—	16
3	—	14
4	—	16
5	—	16
6	—	12
>6	—	14

The biochemical parameters comparison between caries-free children and children with caries is displayed in Table 3. A significant higher mean serum calcium levels (8.4 ± 0.4 mg/dl) found in caries-free children compared with caries children (6.6 ± 0.5 mg/dl), additionally, showing a statistically significant ($t=2.484$, $p<0.001$). Serum phosphorus levels also found significantly higher in caries-free children (5.5 ± 0.4 mg/dl) than caries children (4.1 ± 0.2 mg/dl; $t=2.069$, $p=0.002$). Likely, serum 25(OH) vitamin D concentrations were markedly higher between carries free children (45.8 ± 1.4 ng/ml) compared with those with caries (27.6 ± 0.8 ng/ml), with the difference reaching statistical significance ($t=3.420$, $p=0.007$). The correlation analysis proved weak negative associations between dental caries and the measured biochemical

Table 3. Concentration of calcium, phosphorus and 25(OH)D in children caries free and children with caries

Criteria	Caries-free children	Children with caries	t	p	r
Ca (mg/dl)	8.4 ± 0.4	6.6 ± 0.5	2.484	<0.001	-0.033
P (mg/dl)	5.5 ± 0.4	4.1 ± 0.2	2.069	0.002	-0.055
25(OH)D (ng/ml)	45.8 ± 1.4	27.6 ± 0.8	3.420	0.007	-0.041

parameters. A weak negative correlation with serum calcium ($r=-0.033$), serum phosphorus ($r=-0.055$), and serum 25(OH)D levels ($r=-0.041$). These values demonstrating that lower levels of these parameters were associated caries higher occurrence.

DISCUSSION

This study provides valuable insights into the multifactorial nature of childhood dental caries, according to the global understanding of this widespread chronic disease [20, 21].

According to the World Health Organization, dental caries affects a significant proportion of children worldwide, with variation in prevalence depending on the age group [7]. The observed prevalence rates vary widely worldwide, for example, from 27–64% in India [4], 11.4% in Sweden [22], and 11% in the United States [23], and 54% of 3-year-olds and 37% of 6-year-olds in Serbia [24]. Despite of advances in healthcare, significant differences in disease load persist, particularly in low- and middle-income countries, highlighting the urgent need to translate research into practical, targeted interventions [1].

The results of demographic factors of the current study showed a difference between children caries-free and those with caries. The means of age and gender revealed no differences; however the parental education and occupation displayed varying patterns that contribute to consider these factors for health prevention program. For example, the higher education father was 36% in children with caries compared to 28% for children caries free. This observation appeared to be contrary with general concept where higher education often linked with better health outcomes, emphasizing the impacts of socioeconomic factors on oral health and its significant effect caries prevalence [25]. Conversely, father illiteracy was less common in the caries group (2%) compared to the caries-free group (8%). Similarly, mothers' educational levels showed similar proportions of higher education in both groups. However, a slightly higher proportion of illiterate mothers was observed among children with caries. These results are compatible with previously published observations from other researchers [26].

In terms of parental occupation, mothers who identified as housewives were significantly more common in the caries group of children (48%) compared to the caries-free group (30%). This observation, combined with the lower proportion of working mothers in the caries group, suggests potential influences of maternal availability of time or focus on hygiene routines in the household [27]. The higher proportion of children with caries living in rural areas (60%) compared to caries-free children (46%) is consistent with the broader challenge of persistent inequalities in disease burden, particularly in areas that may have less access to effective treatments [28]. However, both groups reported 100% good nutritional status, an interesting finding given on the known role of diet in caries development.

Additionally, the impact of dietary habits and oral hygiene practices was also highlighted in the current study and its relation on caries prevention.

All children in the caries-free group demonstrated good dietary habits, while 48% of the children with caries were

revealed poor dietary habits, and these results are compatible with previously published study [29] that display the direct association between poor dietary habits specifically drinks, cakes, and sweets [30]. The presence of caries indicates the multifactorial nature of the disease, with diet being a major contributing factor [31].

Furthermore, the study clearly demonstrates the role of reliable oral hygiene practices and parent's supervision in caries prevention. The results of the current study showed a significant difference in tooth brushing rates. There were 42% of children caries-free brushed twice daily, while only 28% from children with caries. However, 44% of children with caries reported not brushing at all. This result agrees with previously published research, that highlights a direct relationship between poor brushing and caries incidence [32].

The percentage of parent's supervision of tooth brushing was more common in children without caries (70%) than in children with caries (56%). And these are compatible with previously published observations of other researchers [33]. WHO demonstrated the role of parental supervision and reliable oral hygiene practices in caries prevention. The current observations displayed the role of parent's supervision and reliable oral hygiene practices in preventing caries, moreover it promotes to the maternal preventive behavior, which has been shown to have long-term effects on children's dental health [34].

The current study also focused on the findings of the previous dental visits, which strengthen the importance of access to dental care and preventive measures. A current study results showed higher proportion of caries-free children (76%) with a previous dental visit compared to children with caries (56%). This suggests that regular professional dental care, combined with home preventive practices can contributed significantly to maintaining a caries-free status. This finding is consistent with previously published results that challenge from lack of access to effective treatments, as a major factor affecting caries incidence globally [35].

The most important minerals required for the formation of hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, are the calcium and phosphorus, which are the primary minerals composition of tooth enamel and dentin. The sufficient availability of these minerals during stages of teeth development secure the ideal enamel hardness, crystal density, mineralization of dental matrix and resistance to acid demineralization. Nonetheless, deficiencies during this stage resulted in enamel hypoplasia, and susceptibility of teeth to bacterial invasion and decay [36, 37]. Moreover, after demineralization from acid exposure due to dietary sugars or bacterial metabolism, remineralization occurs by redepositing calcium and phosphate ions, particularly in the presence of fluoride [38].

Likewise, vitamin D plays a regulatory role in dental development and mineralization process. It increases the intestinal absorption of both Calcium and phosphorus [39], and considered as an essential factor for maintaining adequate serum levels enforced for enamel and dentin formation [40]. Vitamin D also plays another important role in expression of antimicrobial peptides like oral tissue cathelicidin help in decrease the oral bacterial load and decreasing the caries risk [41, 42].

Other additional reported teeth abnormalities due to vitamin D deficiencies were hypomineralization, enamel defects and delayed eruption [43], and increased incidence of early children caries and enamel abnormalities [18]. Nevertheless, previous published studies showed a positive correlation between insufficiency of vitamin D level and a significant prevalence of dental caries [44]. The results of other published studies related to the deficiency of vitamin D showed the impaired immune responses leading to delayed eruption and defects of enamel developmental [45]. Other published study correlated vitamin D levels, and early children caries with limited exposure or poor dietary intake [46, 47].

The results of the current study approved a significant correlation between occurrence of caries and the levels of calcium, phosphorus, and vitamin D among children in Al-Muthanna governorate. The current results showed that children caries-free had significantly higher serum calcium levels (8.4 mg/dl) compared to the children with caries (6.6 mg/dl). These observations agree with previously published stud [48, 49], who reported a correlation between the deficiency of salivary calcium levels and vitamin D and potential risk of teeth caries occurrence. Likewise, another researcher approved the development of enamel hypoplasia due to hypocalcemia that make the teeth more susceptible to tooth decay and caries [10].

However, another study reported a significant correlation between calcium, phosphorus levels and dental caries. With respect to serum phosphorus level, the results showed a statistically significant difference between caries-free children (5.5 mg/dl) and children with caries (4.1 mg/dl), with a negative Pearson correlation. These results are compatible with previously published research that confirmed the importance of pH during stages of teeth development, mineralization of dental matrix and resistance to acid demineralization [50].

Additionally, the current study showed a higher mean level of 25(OH)D in children caries-free (45.8 ng/mL) compared to children with caries (27.6 ng/mL). These results agree with previously published studies [11]. These previously published studies focused on the dual roles of vitamin D in enhancing calcium and phosphate absorption and synthesis of antimicrobial peptides like cathelicidin [41]. Furthermore, the previous researcher predicated that sufficient sun exposure and vitamin D intake contribute significantly in decreasing the dental caries risk in children [11]. Nonetheless, other study revealed a statistically significant association between serum level of vitamin D and dental caries in older children and this contribute to the potential variations in sun exposure, diet and genetic differences in vitamin D metabolism [50].

CONCLUSION

In conclusion, the current study showed a strong correlation between poor dietary habits, insufficient brushing frequency, and lack of parent supervision on brushing, fewer dental visits with high risk of caries. Moreover, the current findings provide a valuable perception about the biochemical risk factors that influencing the dental caries, especially

in population at risk for caries in areas with limited available data. The authors recommend further longitudinal and interventional studies in various Iraqi governorates, where sunlight and nutritional status are commonly different.

Поступила/Received: 24.08.2025

Принята в печать/Accepted: 15.01.2026

REFERENCES:

- Zhai L., Kong J., Zhao C., Xu Y., Sang X., Zhu W., Yao N. Global trends and challenges in childhood caries: a 20-year bibliometric review. *Transl Pediatr.* 2025; 14 (1): 139—152. [PMID: 39944872](#)
- Agnello M., Marques J., Cen L., Mittermuller B., Huang A., Chaichanasakul Tran N., Shi W., He X., Schroth R.J. Microbiome associated with severe caries in Canadian first nations children. *J Dent Res.* 2017; 96 (12): 1378—1385. [PMID: 28709393](#)
- Cagetti M.G., Bontà G., Cocco F., Lingstrom P., Strohmenger L., Campus G. Are standardized caries risk assessment models effective in assessing actual caries status and future caries increment? A systematic review. *BMC Oral Health.* 2018; 18 (1): 123. [PMID: 30012136](#)
- Pandey P., Nandkeoliar T., Tikku A.P., Singh D., Singh M.K. Prevalence of dental caries in the Indian population: A systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2021; 11 (3): 256—265. [PMID: 34268187](#)
- Socialstyrelsen. Karies bland barn och ungdomar 2024. Stockholm, 2025. [Swedish National Board of Health and Welfare. Dental caries among children and adolescents 2024. Stockholm, 2025 (In Swedish)]. <https://kstom.ru/links/karies2024>
- Kotha A., Vemulapalli A., Mandapati S.R., Aryal S. Prevalence, trends, and severity of early childhood caries in the United States: National health and nutritional examination survey data 2013 to 2018. *Pediatr Dent.* 2022; 44 (4): 261—268. [PMID: 35999681](#)
- Kale S., Kakodkar P., Shetiya S., Abdulkader R. Prevalence of dental caries among children aged 5—15 years from 9 countries in the Eastern Mediterranean Region: a meta-analysis. *East Mediterr Health J.* 2020; 26 (6): 726—735. [PMID: 32621509](#)
- Lin Y.C., Lin Y.C., Chen J.H., Lin P.L., Chen T., Huang H.L. Long-term effects of a lay health advisor intervention on immigrant children's dental caries and maternal preventive behaviour: A randomized controlled trial. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2022; 50 (4): 280—291. [PMID: 34169539](#)
- Al-Salihi K.A., Samsudin A.R., Al-Raouf A. Histopathological and confocal laser scanning microscopy observation of structural changes in dental caries. *Annals of Microscopy.* 2003; 3: 26—30
- Saini R., Azmi A.S., Ghani N.B., Al-Salihi K.A. Microscopic features of enamel and dentinal caries under confocal laser scanning microscopy (CLSM) and image analyzer: preliminary experimental study. *Med J Malaysia.* 2007; 62 (3): 238—40. [PMID: 18246915](#)
- Schroth R.J., Lavelle C., Tate R., Bruce S., Billings R.J., Moffatt M.E. Prenatal vitamin D and dental caries in infants. *Pediatrics.* 2014; 133 (5): e1277—84. [PMID: 24753535](#)
- Almoudi M.M., Hussein A.S., Abu Hassan M.I., Schroth R.J. Dental caries and vitamin D status in children in Asia. *Pediatr Int.* 2019; 61 (4): 327—338. [PMID: 30740822](#)
- Zhang X., Beck P., Rahemtulla F., Thomas H.F. Regulation of enamel and dentin mineralization by vitamin D receptor. *Front Oral Biol.* 2009; 13: 102—109. [PMID: 19828979](#)
- Grant W.B. A review of the role of solar ultraviolet-B irradiance and vitamin D in reducing risk of dental caries. *Dermatoendocrinol.* 2011; 3 (3): 193—8. [PMID: 22110779](#)
- Colombo N.H., Ribas L.F., Pereira J.A., Kreling P.F., Kressirer C.A., Tanner A.C., Duque C. Antimicrobial peptides in saliva of children with severe early childhood caries. *Arch Oral Biol.* 2016; 69: 40—6. [PMID: 27232359](#)
- Al Ayyan W., Al Halabi M., Hussein I., Khamis A.H., Kowash M. A systematic review and meta-analysis of primary teeth caries studies in Gulf Cooperation Council States. *Saudi Dent J.* 2018; 30 (3): 175—182. [PMID: 29942100](#)
- Alkhozurova T.V., Makeeva I.M., Borozdkin L.L., Storozhenko E.S., Krapukhina N.N., Dyakova A.E., Ivanova I.V., Samokhlib Ya.V., Turkin A.Yu. [Effect of vitamin D in the treatment of chronic apical periodontitis in patients with osteopenia]. *Clinical Dentistry (Russia).* 2024; 2: 11—15 (In Russian). [DOI: 10.37988/1811-153X_2024_2_11](#)
- World Health Organization. Oral health surveys: basic methods 5th edition. Geneva: WHO, 2013. Pp. 47, 74.
- Pudleiner T., Sutter E., Knyrim J., Karnutsch C. Colorimetric phosphate detection using organic DFB laser based absorption spectroscopy. *Micro-machines (Basel).* 2021; 12 (12): 1492. [PMID: 34945344](#)
- Krol D.M., Whelan K. Maintaining and improving the oral health of young children. *Pediatrics.* 2023; 151 (1): e2022060417. [PMID: 36530159](#)
- Giacaman R.A., Fernández C.E., Muñoz-Sandoval C., León S., García-Manríquez N., Echeverría C., Valdés S., Castro R.J., Gambetta-Tessini K. Understanding dental caries as a non-communicable and behavioral disease: Management implications. *Front Oral Health.* 2022; 3: 764479. [PMID: 36092137](#)
- André Kramer A.C. On dental caries and socioeconomy in Swedish children and adolescents Clinical and register-based studies: Thesis. University of Gothenburg (Sweden), 2018. Pp. 3—5. <http://hdl.handle.net/2077/54528>
- Bashir N.Z. Trends in the prevalence of dental caries in the US pediatric population 2011—2020. *J Clin Pediatr Dent.* 2022; 46 (5): 51—57. [PMID: 36624914](#)
- Peric T., Markovic E., Markovic J., Petrovic B., Kilbarda B., Vukovic A., Markovic D. Prevalence of early childhood caries in 3- to 6-year-old children in Serbia: A national pathfinder study. *Children (Basel).* 2025; 12 (6): 692. [PMID: 40564650](#)
- Almajed O.S., Aljouie A.A., Alharbi M.S., Alsulaimi L.M. The impact of socioeconomic factors on pediatric oral health: A review. *Cureus.* 2024; 16 (2): e53567. [PMID: 38445162](#)
- Chen L., Hong J., Xiong D., Zhang L., Li Y., Huang S., Hua F. Are parents' education levels associated with either their oral health knowledge or their children's oral health behaviors? A survey of 8446 families in Wuhan. *BMC Oral Health.* 2020; 20 (1): 203. [PMID: 32652985](#)
- Kim E.J., Kang S.M., Ko M.J., Kim D.Y., Kim J.Y., Choi M.S., Lee H. The relationship between maternal employment and educational status and children's oral health: A study focusing on the panel study on Korean children. *Hygiene.* 2025; 3: 31. [DOI: 10.3390/hygiene5030031](#)
- Obregón-Rodríguez N., Fernández-Riveiro P., Piñeiro-Lamas M., Smyth-Chamosa E., Montes-Martínez A., Suárez-Cunqueiro M.M. Prevalence and caries-related risk factors in schoolchildren of 12- and 15-year-old: a cross-sectional study. *BMC Oral Health.* 2019; 19 (1): 120. [PMID: 31215489](#)
- Mazurkiewicz D., Pustułka M., Ambrozik-Haba J., Bienkiewicz M. Dietary habits and oral hygiene as determinants of the incidence and intensity of dental caries A pilot study. *Nutrients.* 2023; 15 (22): 4833. [PMID: 38004227](#)
- Esin K., Ballı-Akgöl B., Sözlü S., Kocaadam-Bozkurt B. Association between dental caries and adherence to the Mediterranean diet, dietary intake, and body mass index in children. *BMC Oral Health.* 2024; 24 (1): 297. [PMID: 38431554](#)
- National research council (US) committee on diet and health. Dental caries. In: Diet and health: implications for reducing chronic disease risk. Washington (DC): National Academies Press (US), 1989. Pp. 637—647.

32. Pita-Fernández S., Pombo-Sánchez A., Suárez-Quintanilla J., Novio-Mallón S., Rivas-Mundiña B., Pértega-Díaz S. [Clinical relevance of tooth brushing in relation to dental caries]. *Aten Primaria*. 2010; 42 (7): 372—9 (In Spanish). [PMID: 20116887](#)
33. Marshman Z., Ahern S.M., McEachan R.R.C., Rogers H.J., Gray-Burrows K.A., Day P.F. Parents' experiences of toothbrushing with children: A qualitative study. *JDR Clin Trans Res*. 2016; 1 (2): 122—130. [PMID: 28879241](#)
34. Utomo A.F.R., Iskandarsyah A., Setiawan A.S. Predicting a child's oral health status from the mother's oral health behavior. *Eur J Dent*. 2023; 17 (4): 1137—1145. [PMID: 36513342](#)
35. Mallineni S.K., Alassaf A., Almulhim B., Alghamdi S. Influence of tooth brushing and previous dental visits on dental caries status among Saudi Arabian children. *Children (Basel)*. 2023; 10 (3): 471. [PMID: 36980029](#)
36. Chen J., Zhang Y., Yin I.X., Yu O.Y., Chan A.K.Y., Chu C.H. Preventing dental caries with calcium-based materials: A concise review. *Inorganics*. 2024; 9: 253. [DOI: 10.3390/inorganics12090253](#)
37. Ma S., Ma Z., Wang X., Lei M., Zhang Y., Lin X., Shi H. Relationship of dietary nutrients with early childhood caries and caries activity among children aged 3—5 years—a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2024; 24 (1): 506. [PMID: 39112952](#)
38. Featherstone J.D. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc*. 2000; 131 (7): 887—99. [PMID: 10916327](#)
39. Sudrik S.S., Gugawad S., Shashikiran N.D., Gaonkar N., Hadakar S.G., Waghmode S. Correlation between serum vitamin D and calcium levels and the risk of dental caries in children in Western Maharashtra, India. *Cureus*. 2024; 16 (12): e76340. [PMID: 39867014](#)
40. Buzatu R., Luca M.M., Bumbu B.A. A systematic review of the relationship between serum vitamin D levels and caries in the permanent teeth of children and adolescents. *Dent J (Basel)*. 2024; 12 (4): 117. [PMID: 38668029](#)
41. Tokajuk J., Deptuła P., Piktel E., Daniluk T., Chmielewska S., Wollny T., Wolak P., Fiedoruk K., Bucki R. Cathelicidin LL-37 in health and diseases of the oral cavity. *Biomedicines*. 2022; 10 (5): 1086. [PMID: 35625823](#)
42. Liu P.T., Stenger S., Li H., Wenzel L., Tan B.H., Krutzik S.R., Ochoa M.T., Schaubert J., Wu K., Meinken C., Kamen D.L., Wagner M., Bals R., Steinmeyer A., Zügel U., Gallo R.L., Eisenberg D., Hewison M., Hollis B.W., Adams J.S., Bloom B.R., Modlin R.L. Toll-like receptor triggering of a vitamin D-mediated human antimicrobial response. *Science*. 2006; 311 (5768): 1770—3. [PMID: 16497887](#)
43. Piekoszewska-Ziętek P., Spodzieja K., Olczak-Kowalczyk D. Influence of vitamin D on developmental defects of enamel (DDE) in children and adolescents: A systematic review. *Nutrients*. 2025; 17 (8): 1317. [PMID: 40284182](#)
44. Botelho J., Machado V., Proença L., Delgado A.S., Mendes J.J. Vitamin D deficiency and oral health: A comprehensive review. *Nutrients*. 2020; 12 (5): 1471. [PMID: 32438644](#)
45. Durá-Travé T., Gallinas-Victoriano F. Dental caries in children and vitamin D deficiency: a narrative review. *Eur J Pediatr*. 2024; 183 (2): 523—528. [PMID: 37966493](#)
46. Mobley C.C. Nutrition and dental caries. *Dent Clin North Am*. 2003; 47 (2): 319—36. [PMID: 12699234](#)
47. Ziada S., Wishaha A., Mabrouk N., Sahtout S. Vitamin D deficiency and oral health: a systematic review of literature. *BMC Oral Health*. 2025; 25 (1): 468. [PMID: 40170041](#)
48. Pratyusha N., Vinay C., Uloopi K.S., RojaRamya K.S., Ahalya P., Devi C. Association of serum Vitamin D and salivary calcium and phosphorus levels in 3—11-year-old schoolchildren with dental caries. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2021; 39 (3): 240—245. [PMID: 34810338](#)
49. Ravikumar D., Ramani P., Gayathri R. Estimation of salivary calcium and phosphorus in children with different caries status A cross-sectional observational study. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021; 25 (6): 18758—18767
50. Ismail A.E. Caries assessment in Egyptian adolescents concerning some epidemiological factors. *Egyptian Dental Journal*. 2022; 3: 2101—2114. [DOI: 10.21608/edj.2022.137578.2102](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_126

[Е.Е. Маслак](#)¹,

д.м.н., профессор кафедры стоматологии детского возраста

[Б.О. Худанов](#)^{2,3},

д.м.н., президент; профессор кафедры профилактики стоматологических заболеваний

[А.А. Шхагошева](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста

[Н.В. Матвиенко](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста

[Н. Туйгунов](#)³,

докторант кафедры профилактики стоматологических заболеваний

[Ф.А. Абдурахимова](#)³,

к.м.н., доцент кафедры профилактики стоматологических заболеваний

[Т.Н. Каменнова](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста

[О.А. Костовинская](#)¹,

студентка V курса стоматологического факультета

¹ ВолгГМУ, 400066, Волгоград, Россия

² Медицинский институт «Импульс», 111711, Чирчик, Узбекистан

³ Ташкентский государственный медицинский университет, 100047, Ташкент, Узбекистан

Применение искусственного интеллекта в детской стоматологии: систематический обзор

Реферат. Применение искусственного интеллекта в медицине дискуссионно. **Цель** — систематизировать и оценить современные данные об использовании искусственного интеллекта (ИИ) в детской стоматологии. **Материалы и методы.** Проведен поиск литературы в базах данных PubMed/MEDLINE, eLibrary и др. Отбор публикаций осуществлялся в соответствии с рекомендациями PRISMA. В итоговый анализ включено 41 исследование. **Результаты.** Основные направления применения ИИ включали анализ рентгенологических изображений, интерпретацию внутриротовых фотографий, прогнозирование риска кариеса, создание виртуальных ассистентов для поддержки принятия решений и образовательных целей. Диагностическая эффективность программ варьировала: точность — 72–99%, чувствительность — 20–100%, специфичность — 49–100%. Основные барьеры внедрения ИИ: гетерогенность баз данных, ограниченная клиническая валидация, нерешенные правовые и этические вопросы. **Заключение.** ИИ способен повысить эффективность диагностики, профилактики и обучения в детской стоматологии, однако должен рассматриваться как вспомогательный, а не заменяющий клиническое суждение инструмент. Перспективными направлениями являются формирование крупных мультицентровых баз данных, валидация в проспективных клинических исследованиях и разработка этико-правовых механизмов безопасного внедрения ИИ в практику детской стоматологии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, детская стоматология, кариес, анализ рентгенограмм, обучение

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Маслак Е.Е., Худанов Б.О., Шхагошева А.А., Матвиенко Н.В., Туйгунов Н., Абдурахимова Ф.А., Каменнова Т.Н., Костовинская О.А. Применение искусственного интеллекта в детской стоматологии: систематический обзор. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 126—135. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_126

[E.E. Maslak](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, professor of the Pediatric dentistry Department

[B.O. Khudanov](#)^{2,3},

Doctor of Science in Medicine, president; professor of the Preventive dentistry Department

[A.A. Shkhagosheva](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry Department

[N.V. Matvienko](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry Department

[N. Tuygunov](#)³,

PhD student of the Preventive dentistry Department

[F.A. Abdurahimova](#)³,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Preventive dentistry Department

[T.N. Kamennova](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry Department

[O.A. Kostovinskaya](#)¹,

5th year student at the Dental Faculty

¹ Volgograd State Medical University, 400066, Volgograd, Russia

² Medical Institute “Impulse”, 111711, Chirchik, Uzbekistan

³ Tashkent State Medical University, 100047, Tashkent, Uzbekistan

Application of artificial intelligence in pediatric dentistry: a systematic review

Abstract. The use of artificial intelligence in medicine is controversial. **Objective:** to synthesize and evaluate current evidence on AI use in pediatric dentistry. **Materials and methods.** A comprehensive literature search was conducted across PubMed/MEDLINE, eLibrary, etc. The PRISMA framework guided the selection process. Forty-one studies were included in the final analysis. **Results.** AI applications clustered into: radiographic analysis; intraoral photography interpretation; caries-risk

prediction; and virtual assistants for decision support and education. Diagnostic efficiency of programs ranged broadly: accuracy 72–99%, sensitivity 20–100%, specificity 49–100%. Key barriers include heterogeneous datasets, limited real-world validation, and unresolved legal/ethical governance. **Conclusion.** AI can augment diagnostics, prevention, and training in pediatric dentistry, but should be considered as complement and not replace clinical judgment. Future work should

prioritize large multicentre datasets, prospective clinical validation, and robust ethical—legal frameworks to ensure safe, equitable deployment AI in pediatric dentistry.

Key words: artificial intelligence, pediatric dentistry, caries, radiograph analysis, training

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (ИИ) сегодня является одним из самых активно развивающихся и обсуждаемых направлений в мире технологий, перспективным направлением в медицине и стоматологии [1, 2]. ИИ применяется в ортодонтии, имплантологии, ортопедии, эндодонтии, пародонтологии, онкостоматологии, при обработке данных и в программах стоматологического обслуживания населения [3–5]. Наиболее часто ИИ помогает анализировать изображения, полученные с помощью рентгенографии, и определять наличие кариеса, пародонтита или других заболеваний [6, 7]. Сообщается также о применении ИИ в детской стоматологии [8–10].

Цель исследования — систематизировать и оценить современные данные об использовании искусственного интеллекта в детской стоматологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен поиск публикаций в наукометрических базах данных РИНЦ (eLibrary), Scopus, Web of Science, PubMed, Medline и др. Поиск проводили по сочетаниям ключевых слов: искусственный интеллект (Artificial Intelligence, AI), нейронные сети (neural networks), сверточные нейронные сети (convolutional neural networks, CNN), машинное обучение (deep learning, DL), компьютерное обучение (machine learning, ML), автоматическая диагностика (automated diagnostics), компьютерная диагностика (computer-assisted diagnosis, digital diagnostics), детская стоматология (pedodontics, pediatric dentistry), дети (children), диагностика (diagnosis), прогноз (prognosis, prediction), план лечения (decision-making), гигиена рта (oral hygiene).

Для изучения результатов применения ИИ в детской стоматологии отобраны опубликованные в 2020–2025 гг. работы, включающие цифровой материал. Процесс отбора публикаций представлен в соответствии с современными международными рекомендациями PRISMA (рис. 1).

В обзор включались оригинальные исследования (рандомизированные клинические, проспективные и ретроспективные наблюдательные

FOR CITATION:

Maslak E.E., Khudanov B.O., Shkhagosheva A.A., Matvienko N.V., Tuysunov N., Abdurahimova F.A., Kamennova T.N., Kostovinskaya O.A. Application of artificial intelligence in pediatric dentistry: a systematic review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 126—135 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_126

исследования), опубликованные в период 2020–2025 гг., содержащие цифровые данные об использовании технологий ИИ в детской стоматологии. В анализ не включались обзорные статьи, систематические и метааналитические обзоры, редакционные материалы, мнения экспертов, а также исследования, не содержащие показателей диагностической эффективности или не относящиеся к детской возрастной группе.

На этапе идентификации была найдена 1071 публикация. После удаления 34 дубликатов и первичного отбора по заголовкам и аннотациям к этапу скрининга было допущено 187 записей. В ходе скрининга были исключены 97 работ, не соответствующих тематике обзора. На этапе оценки 90 полнотекстовых статей были исключены 14 исследований, не связанные с применением ИИ в детской стоматологии, и 15 не содержащих показателей диагностической эффективности. Также

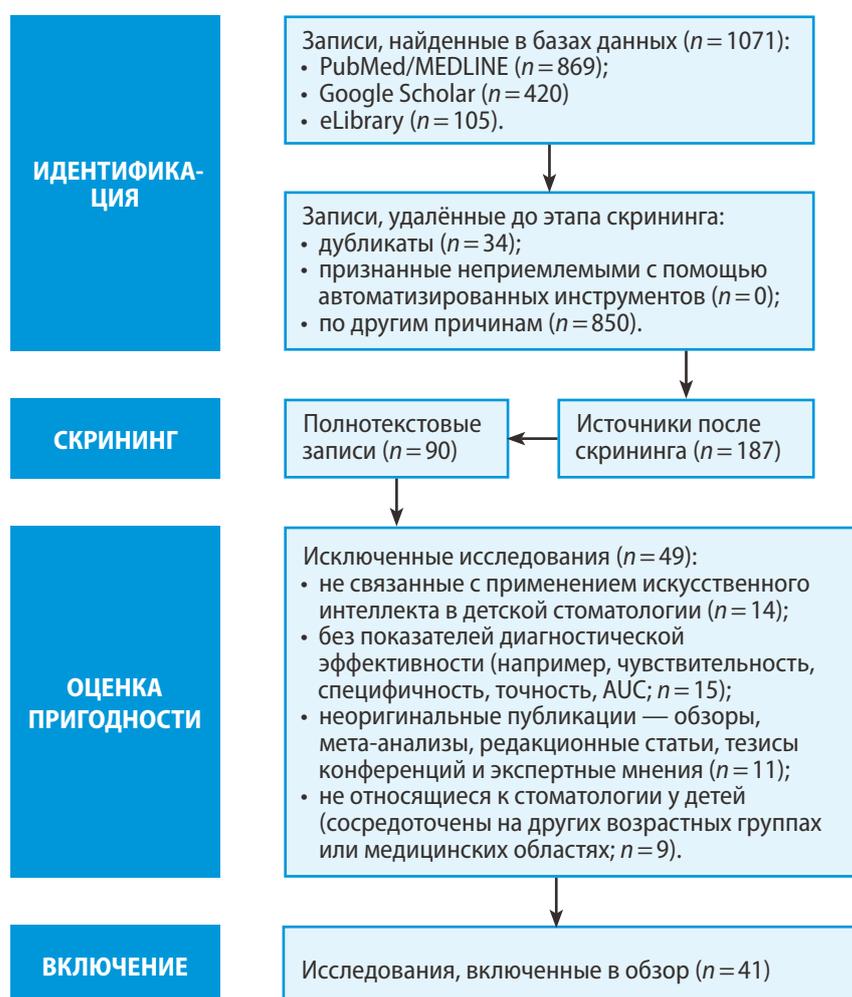


Рис. 1. Процесс отбора публикаций для качественного анализа
Fig. 1. The process of selecting publications for qualitative analysis

были исключены 11 обзоров, редакционных материалов и мнений и 9 работ, посвященные иным возрастным или медицинским группам. Итоговый количественный анализ включал 41 исследование, соответствующее критериям отбора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работы, включенные в исследование, представлены в табл. 1–4 с учетом принципов PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcome – пациенты, вмешательство, сравнение, результат). Применение ИИ происходит с использованием технологий компьютерного обучения (ML), глубокого обучения (DL) и сверточных нейронных сетей (CNN). Распределение проанализированных работ по направлениям применения ИИ представлено на рис. 2.

Применение ИИ в детской стоматологии развивается преимущественно в диагностическом направлении, включающем оценку рентгенограмм и внутриротовых фотографий. Реже ИИ используется в программах прогнозирования развития кариеса зубов у детей, обучения студентов, консультирования родителей детей.

Применение ИИ для изучения рентгенограмм

Одним из быстро развиваемых направлений в детской стоматологии является применение ИИ для анализа рентгенограмм. Технологии ИИ применяются для идентификации на ОПТГ временных и постоянных зубов [11, 12], зачатков постоянных зубов [13], сверхкомплектных зубов [14, 15] и мезиоденса [16–18] в периоды временного, смешанного и постоянного прикуса. Все авторы отмечают высокую точность диагностики (90–97%) и перспективность применения этих программ в работе клиницистов (табл. 1).



Рис. 2. Распределение исследований о результатах применении ИИ в детской стоматологии
 Fig. 2. Distribution of research on the results of the use of AI in pediatric dentistry

Для принятия решений в практической стоматологии и для судебной медицины важными являются исследования, направленные на использование ИИ с целью определения возраста детей по данным ОПТГ челюстей [19–22]. При сравнении дентального возраста по рентгенограмме с хронологическим возрастом детей с задержкой роста установлено, что ИИ помогает лучше выявлять задержку дентального возраста, чем традиционные методы, однако для подтверждения этих данных необходимы проспективные исследования [19]. Использование ИИ показывает разную точность определения хронологического возраста детей по данным ОПТГ: 96–99% у детей 6–12 лет [20] и 72,3–93,6% у детей 6–17 лет [21]. Ошибки в определении возраста составляли от 2,3–7,5 месяцев [20] до 1,15–1,28 лет [22]. Для подтверждения эффективности этих программ необходимо привлечение более широкой базы данных из различных географических локаций, разных расовых и национальных сообществ.

С помощью ИИ на ОПТГ определяют стадии развития постоянных зубов у детей 5–14 лет, что помогает определять не только хронологический возраст детей, но и принимать обоснованные решения по выбору метода лечения зубов [23]. В то же время отмечается, что точность выявления состояния постоянных зубов на ортопантомограммах у детей в период смешанного прикуса значительно ниже, чем у взрослых. ИИ формирует много ложноположительных диагнозов, особенно в отношении периапикальной патологии, что обусловлено большим количеством постоянных зубов с незавершенным формированием корней и временных зубов с рассасывающимися корнями [24].

Между тем, С. Gonzalez и соавт. (2024) сообщают о разработке программы ИИ, которая на прицельных рентгенограммах детей выявляет кариозные поражения на контактных поверхностях временных и постоянных жевательных зубов с высокой степенью чувствительности, специфичности, точности и достоверности [25]. В исследовании E. Goertzen и соавт. (2023) показано успешное применение ИИ для до- и последилового обучения студентов распознаванию на прицельных рентгенограммах кариозных поражений на контактных поверхностях зубов у детей. Авторы определили, что трудности диагностики проксимального кариеса обусловлены большим количеством кариозных поражений на контактных и других поверхностях зубов [26].

Таким образом, рассмотренные программы ИИ по оценке рентгенограмм могут быть полезными для студентов и молодых стоматологов в выявлении сверхкомплектных зубов, в судебной медицине для оценки возраста детей, тогда как программы определения состояния зубов у детей требуют дальнейшего совершенствования.

Применение ИИ для изучения внутриротовых фотографий

Большое внимание уделяется применению ИИ для распознавания здоровых и кариозных зубов на внутриротовых фотографиях детей (табл. 2). Разработана программа ИИ, которая по окклюзионным фотографиям

определяет вид и нумерацию временных и постоянных зубов в смешанном прикусе с высокой точностью и может быть полезной в телестоматологии и эпидемиологии для удаленных районов [27].

R.Z. Li и соавт. (2021) установили, что программа ИИ имеет высокую чувствительность и специфичность для

Таблица 1. Применение ИИ для оценки рентгенограмм

Table 1. The use of AI for the evaluation of radiographs

Автор, год	Цель и тип исследования	Материал	Результат
Ahn, 2021 [16]	Выявление мезиоденса у детей с временным/смешанным прикусом. Ретроспективное	1100 ОПТГ (550 с мезиоденсом, 550 — без)	Точность диагностики всех моделей >90%, полезно врачам с небольшим опытом
Bumann, 2023 [12]	Идентификация временных и постоянных зубов, пломб у детей со смешанным прикусом. Ретроспективное	448 панорамных рентгенограмм детей в период смешанного прикуса	Дифференциация временных/ постоянных зубов — 92,5%, пломб — 91,0%
Goertzen, 2023 [26]	Распознавание на прицельных рентгенограммах кариеса на контактных поверхностях зубов. Проспективное когортное	193 прицельные рентгенограммы, 130 студентов-оценщиков	ИИ повысил точность, чувствительность и специфичность оценок студентов на 10—15%
Gonzalez, 2024 [25]	Выявление на прицельных рентгенограммах кариеса на контактных поверхностях зубов. Ретроспективное	100 прицельных рентгенограмм в области премоляров и моляров детей до 12 лет с временным и смешанным прикусом (70 — обучение, 20 — валидация, 10 — тестирование)	Для кариеса жевательных зубов чувствительность — 88,8%, специфичность — 98,8%, точность — 95,8%
Ha, 2021 [17]	Выявление мезиоденса у детей с временным/смешанным/постоянным прикусом. Ретроспективное	612 ОПТГ пациентов 3—6, 7—13, 14 и старше лет	Высокая точность выявления мезиоденса
Kaya, 2022 [13]	Определение зачатков постоянных зубов. Ретроспективное	4518 ОПТГ детей 5—13 лет	Определение зачатков постоянных зубов с точностью 94,16%, полезно при их отсутствии или избытке
Kilic, 2021 [11]	Идентификация временных зубов. Ретроспективное	421 ОПТГ детей 5—7 лет	Идентификация временных зубов с точностью 95,7%
Kim, 2022 [18]	Выявление мезиоденса у детей с временным/ранним смешанным прикусом. Ретроспективное сравнительное	988 ОПТГ (489 с мезиоденсом, 499 — без)	Точность, чувствительность и специфичность диагностики мезиоденса >97%
Kurt, 2024 [23]	Оценка стадии развития постоянных зубов. Ретроспективное	1500 ОПТГ детей 5—14 лет	Возможность оценки развития зубов по рентгенограмме для уточнения возраста и планирования лечения
Kuwada, 2020 [14]	Выявление сверхкомплектных зубов на верхней челюсти в области резцов. Ретроспективное сравнительное	550 ОПТГ детей с прорезавшимися резцами (275 — со сверхкомплектными зубами, 275 — без)	Определение сверхкомплектных зубов в верхней челюсти в области резцов
Li, 2025 [22]	Оценка возраста по рентгенограммам для судебной медицины. Ретроспективное сравнительное	3790 ОПТГ детей (до 5 лет — 169, 6—11 лет — 2284, 12—18 лет — 918, 19—23 года — 419)	Перспективность оценки возраста детей по рентгенограммам (ошибка 1,15—1,28 года)
Mine, 2022 [15]	Обнаружение сверхкомплектных зубов в период раннего смешанного прикуса. Ретроспективное	220 ОПТГ детей 6—9,5 лет (120 — со сверхкомплектными зубами, 100 — без)	Успешное выявление сверхкомплектных зубов при раннем смешанном прикусе
Turosz, 2024 [24]	Оценка состояния несформированных постоянных зубов у детей со смешанным/постоянным прикусом. Ретроспективное сравнительное	Изучено 1021 ОПТГ детей со средним возрастом 10 лет, 35 выбрано для тестирования	Хуже выявляются кариес, пломбы и патологии. Чувствительность 15—100%, Точность 7—38%
Wang, 2024 [21]	Оценка возраста. Ретроспективное, сравнительное	9586 ОПТГ пациентов 6—20 лет	Результаты варьируют по возрастам: 72,3—93,6%. VGG16 перспективна для медицины
Wu, 2022 [19]	Определение задержки роста при сравнении денального и хронологического возраста. Ретроспективное сравнительное	2431 ОПТГ здоровых детей 3—18 лет (2052 — тренировочные, 379 — для тестирования)	CNN точно определяет метрический возраст (ошибка 2,3—7,5 мес., точность 96—99%)
Zaborowicz, 2022 [20]	Оценка возраста по 21 показателю зубов и костной ткани. Проспективное, сравнительное	619 ОПТГ детей в возрасте 48—144 месяцев	Точность диагностики всех моделей >90%. Полезны врачам с небольшим опытом

распознавания на внутриротовых фотографиях детей кариозных полостей, начального кариеса в области фиссур и ямок и проксимальных поверхностей зубов [28]. Помощь ИИ повышала ($p < 0,05$) точность оценок студента, выпускника и опытного врача при диагностике по фотографиям начального кариеса на окклюзионной поверхности временных и постоянных зубов у детей [29].

Разрабатываются программы ИИ для распознавания на внутриротовых фотографиях не только кариозных поражений, но и молярно-резцовая гипоминерализации, несовершенного амелогенеза и флюороза

зубов у детей [30–32]. Показана высокая, до 92,86%, точность ИИ в диагностике заболеваний твердых тканей зубов и возможность их использования при обучении и тренировке студентов и стоматологов [30]. Однако M. Flesch и соавт. (2023) подчеркивают важность валидации этих программ в клинических условиях [32].

Практическое значение имеет применение ИИ в программе для смартфонов AICaries, которая предназначена для родителей с низким социально-экономическим статусом. При регулярном фотографировании родителями зубов своих детей ИИ помогает выявлять

Таблица 2. Применение ИИ для оценки внутриротовых фотографий зубов детей

Table 2. The use of AI to evaluate intraoral photographs of children's teeth

Автор, год	Цель и тип исследования	Материал	Результат
Al-Jallad, 2022 [33]	Оценить применение родителями программы для смартфона AICaries для выявления кариеса. Проспективное	37 детей в возрасте до 5 лет и их родители	При регулярных фото зубов детей программа помогает выявлять ранний кариес, информировать о риске и профилактике
Alevizakos, 2022 [30]	Распознавание МРГ*, кариеса, несовершенного амелогенеза и флюороза. Ретроспективное сравнительное	462 фото детей с различными заболеваниями твердых тканей зубов	Все модели ИИ показали высокую точность при диагностике кариеса, амелогенеза и флюороза
Felsch, 2023 [32]	Распознавание МРГ и кариеса по профессиональным фотографиям. Ретроспективное	18179 фото (16679 – обучение, 500 – валидация, 1000 – тестирование)	Высокая точность распознавания кариеса (с полостью и без), а также атипичных реставраций
Ghorbani, 2025 [27]	Определение и нумерация временных и постоянных зубов. Ретроспективное	3215 фото окклюзионных поверхностей зубов верхней и нижней челюстей	Чувствительность – 99,9%, точность – 95,7%. Лучшая идентификация – моляры верхней челюсти, худшая – клыки нижней
Li R.Z., 2021 [28]	Распознавание кариозных поражений разной глубины и локализации. Ретроспективное	712 фото, 9014 участков для оценки (953 зубов с начальным кариесом фиссур и ямок, 1002 – проксимальный кариес, 3008 – кариозные полости, 3189 – зубы без кариеса/с целыми пломбами, 862 – проксимальные поверхности без кариеса)	Чувствительность/специфичность распознавания полостей – 96/97%, начального кариеса – 95,8/99%, проксимального – 88,1/97,1%
Portella, 2023 [29]	Распознавание зубов здоровых и с начальным кариесом на окклюзионной поверхности. Ретроспективное сравнительное	2481 фото жевательных зубов (2459 постоянных и 22 временных), коды 0 и 2 по ICDAS. 8749 фото для тренировки, 140 – тестирование	Точность оценок у участников возросла после помощи ИИ
Schönewolf, 2022 [31]	Распознавание МРГ. Ретроспективное	3241 фото (767 – здоровые зубы, 76 – атипичные реставрации, 742 – герметики, 815 – ограниченная опакость, 158 – опакость и AP, 181 – опакость и герметики, 290 – дефекты эмали, 169 – дефекты эмали и AP, 43 – дефекты эмали и герметики)	Распознавание МРГ – 95,2%, программа подходит для клинической практики
Sobrinho, 2025 [34]	Выявление неокрашенного зубного налета. Ретроспективное	96 фото (16 чел.) зубов до и после окрашивания налета – обучение, 480 фото (160 чел.) – тестирование	Чувствительность – 65,1%, специфичность – 95,9%, точность – 93,1%
Tez, 2025 [37]	Выявление и оценка зубного налета на передних постоянных зубах. Сравнительное	506 внутриротовых фото 31 ребенка 8–13 лет до и после окрашивания (354 – обучение, 73 – валидация, 79 – тестирование), 35 – сравнительное исследование со стоматологами	ИИ лучше стоматологов в диагностике налета
You, 2020 [35]	Определение неокрашенного зубного налета на временных зубах. Проспективное сравнительное	886 внутриротовых фото зубов для обучения ИИ, 98 – для двух сравнений с недельным интервалом, 102 – для третьего сравнения	ИИ показал лучшие результаты в распознавании зубного налета, чем стоматолог, однако различия не были статистически значимыми
Yüksel, 2024 [36]	Выявление и оценка зубного налета передних постоянных зубов. Сравнительное	168 фото 20 детей 10–15 лет (140 зубов до и после окрашивания налета – для обучения, 28 – тестирование).	ИИ выявлял и оценивал зубной налет на неокрашенных зубах статистически лучше, чем стоматолог

Примечание. МРГ – молярно-резцовая гипоминерализация.

кариес на ранних и обратимых стадиях, анализирует введенные родителями данные о гигиене рта, питании, демографии, истории болезней и др., определяет риск появления кариозных полостей у ребенка, тестирует стоматологическую грамотность родителей, подсказывает, где найти врача-стоматолога и дает советы по профилактике кариеса у детей. К недостаткам программы можно отнести: несоответствие ее предназначения для семей с низкими доходами и необходимости использования дорогих смартфонов; необходимость хорошего качества фотографий всех зубов, тогда как родители фотографируют, обычно, только фронтальную группу; наличие данных только о тестировании этой программы [33].

Известно, что зубной налет является наиболее важным фактором развития основных стоматологических заболеваний, а его выявление и оценка представляют собой трудоемкий процесс. В связи с этим, разрабатываются программы ИИ, обученные для выявления и оценки неокрашенного зубного налета на временных и постоянных зубах [34, 35]. По данным W. You и соавт., 2020, при выявлении зубного налета на временных зубах различия между оценками ИИ и стоматолога не были значимыми [35]. В другом исследовании показано, что программы ИИ значимо лучше, чем опытные стоматологи, выявляли неокрашенный зубной налет на фотографиях передних постоянных зубов у детей [36, 37]. Согласно вышеупомянутым публикациям, применение ИИ признано перспективными для контроля гигиены рта пациентов в клинической практике, для индивидуального контроля и родительского контроля гигиены рта у детей с помощью фотографий обычного смартфона. Однако необходимо улучшение программ ИИ, чтобы они могли использоваться для выявления и оценки плотности зубного налета на всех зубах (передних и задних), при различном освещении и разных углах съемки, при применении различных фотоаппаратов и смартфонов.

Таким образом, применение ИИ для оценки внутриротовых фотографий открывает новые возможности оценки и мониторинга стоматологического здоровья у детей, особенно в отдаленных районах, однако необходимо совершенствование программ, увеличение объема информации для обучения ИИ и проведение проспективных сравнительных исследований для валидации результатов.

Применение ИИ для прогнозирования риска развития кариеса

В детской стоматологии особое внимание уделяется прогнозированию развития кариеса у детей с использованием программ ИИ, анализирующим как сведения, полученные при опросах родителей и осмотрах детей, так и данные специальных микробиологических и генетических исследований (табл. 3).

D.S. Karhade и соавт. (2021) применили ИИ для определения статуса раннего детского кариеса (РДК) и пришли к выводу, что ИИ оказывает весомую помощь в сборе статистических данных, скрининге РДК и повышении производительности работы медицинских учреждений. С помощью ИИ авторы выделили важные в прогнозировании РДК факторы: возраст детей

и родительская оценка их стоматологического здоровья. Другие 12 факторов, такие как домашний уход за зубами, фториды, привычки, образование и др., имели меньшее значение [38]. В работе Y.H. Park и соавт. (2021) использование ИИ помогло в анализе данных анкетирования родителей детей 1–5 лет и определении 5 ключевых факторов риска для прогнозирования РДК: возраст ребенка, низкий доход семьи, чистка зубов 1 раз в день и реже, возраст матери старше 35 лет, КПУ матери более 7 [39]. Алгоритмы помогают ИИ, не только прогнозировать РДК, но и по данным анкетирования родителей определять детей, нуждающихся в скрининге и профилактике кариеса [40].

В исследовании C.F. Bogdan-Andreescu и соавт. (2024) получены данные о применении ИИ для прогнозирования с высокой точностью появления кариеса, зубного налета и камня у школьников по данным о пищевых привычках и гигиене рта. Предлагается использовать ИИ для составления рекомендаций для пациентов [41]. Программы ИИ, использующие данные опросов, помогают родителям оценить стоматологическое здоровье своих детей и потребность в лечении, могут использоваться для определения стоматологического статуса школьников и эффективности профилактических программ [42]. Программа ИИ на основе машинного обучения и данных проспективного исследования определила, что для детей 1–5 лет лучшим предиктором состояния временных зубов через 2 года является исходный уровень кпу, а для постоянных зубов через 10 лет, дополнительно к этому, важны прием сахаров, образование родителей и использование фторсодержащей зубной пасты [43].

Предлагаются программы применения ИИ, прогнозирующие риск кариеса по уровню цистатина С в слюне детей [44], состава микробиома слюны у годовалых детей [45], генетических исследований у детей и подростков [46, 47]. Создана программа CariesPro, которая прогнозирует развитие кариеса по данным осмотра детей (индексы интенсивности кариеса, гигиены рта, эмалевой резистентности) [48].

Несмотря на большое количество программ, использующих ИИ для прогнозирования кариеса у детей, ограниченность перечня учитываемых факторов риска и отсутствие клинических подтверждений в проспективных исследованиях препятствуют применению прогностических программ в реальной клинической практике [49].

Таким образом, имеется большое количество программ, использующих ИИ для прогнозирования риска развития кариеса, в том числе РДК, преимущественно по данным опроса родителей и детей старше 8 лет, реже — по данным осмотра детей, исследования микробиоты, слюны и генетических особенностей. Однако, признавая выгоду использования ИИ в телестоматологии для диагностики, определения риска кариеса и диспансеризации детей, проживающих в отдаленных районах, к недостаткам этих программ следует отнести необходимость наличия интернета и технической поддержки, законодательных решений о применении ИИ, ограниченность исследуемых параметров, зависимость точности результатов от применяемой программы [50].

Таблица 3. Применение ИИ для прогнозирования развития кариеса

Table 3. The use of AI to predict the development of caries

Автор, год	Цель и тип исследования	Материал	Результат
Bogdan-Andrescu, 2024 [41]	Оценка риска кариеса по данным о гигиене рта и пищевых привычках. Ретроспективное	Осмотр и опрос 25 школьников 6–17 лет	Программа прогнозирует риск кариеса, налета и камня с точностью 90–100%, полезна для рекомендации пациентам; нужна большая база данных
Karhade, 2021 [38]	Распределение детей по статусу РДК*. Ретроспективное	6404 детей 3–5 лет осмотрено, опрошены родители	ИИ определил ключевые факторы риска РДК: возраст ребенка и родительская оценка здоровья; 12 традиционных факторов менее значимы
Koopaie, 2021 [44]	Определение связи уровня цистатина С в слюне и РДК. Ретроспективное сравнительное	40 пациентов 4–6 лет обследованы (20 с РДК, 20 без), родители опрошены	Установлена связь уровня цистатина С в слюне с риском кариеса: ниже у детей с РДК, можно использовать как кариеспротективный маркер
Pang, 2021 [47]	Прогнозирование риска кариеса на основании факторов окружающей среды и генетики. Проспективное	1055 детей 13 лет обследованы, опрошены, изучены тесты слюны и генетического секвенирования; 953 осмотрены через 21 мес.	Модель по генетическому секвенированию хорошо выявляет детей с высоким риском кариеса, хуже — с низким
Park, 2021 [39]	Создание модели прогнозирования РДК. Ретроспективное сравнительное	4195 детей 1–5 лет осмотрено, опрошены родители	Все модели прогнозирования показали лучшие результаты, чем традиционные, ключевые факторы: возраст, доход семьи, чистка зубов, возраст и КПУ матери
Raksakmanut, 2023 [45]	Разработать модель прогнозирования кариеса на основе оценки микробиома слюны у годовалых детей. Проспективное	Изучен микробиом слюны путем секвенирования (16S rRNA ген) у 30 детей без кариеса. Через год у 10 детей не было кариеса, у 10 был начальный кариес, а у 10 — кариозные полости	У годовалых детей ИИ показал 80% точности, чувствительности и специфичности; выявлены ассоциации с микробиотой (<i>Prevotella</i> , <i>Leptotrichia</i> , <i>Campylobacter</i>)
Ramos-Gomez, 2021 [40]	Оценка стоматологического здоровья детей по данным анкетирования родителей для прогнозирования кариеса у детей. Ретроспективное	Осмотрены 182 ребенка 2–7 лет, опрошены родители	Важные предикторы РДК: возраст родителей, неудовлетворенные потребности в стоматологической помощи, расовая принадлежность ребенка, кариес или зубная боль за последний год
Sadegh-Zadeh, 2024 [49]	Определение ключевых факторов риска кариеса у детей до 7 лет, для идентификации детей, нуждающихся в профилактике. Ретроспективное	Осмотрены 356 детей до 7 лет, опрошены родители	Ключевые факторы — плохая гигиена, сахар, дефицит фтора. ИИ полезен для скрининга и индивидуальной оценки риска
Toledo-Reyes, 2023 [43]	Создание и оценка модели прогноза по факторам риска кариеса во временных и постоянных зубах у детей через 2 и 10 лет наблюдения. Проспективное	Осмотрены 639 детей 1–5 лет, опрошены родители. Повторно обследованы через 2 года 467 детей, через 10 лет — 428 детей	ИИ определил, что тяжесть начального кариеса — главный прогностический фактор для временных зубов (2 года) и постоянных (10 лет)
Udod, 2020 [48]	Создание программы прогнозирования кариеса у детей и взрослых. Проспективное	Обследованы 73 пациента: 26 детей 6–7 лет, 34 подростка 12–15 лет и 13 взрослых 35–44 лет. Повторный осмотр через год	Создана программа CariesPro, прогнозирующая прирост кариеса по индексам кпу-КПУ, ОНІ-S, тесту эмалевого резистентности; точность 83,6%.
Wang, 2020 [42]	Разработать программу помощи родителям в оценке стоматологического здоровья и потребности детей в лечении, ретроспективное	545 семей, дети 2–17 лет осмотрены, опрошены дети 8–17 лет, родители всех детей	Программа оценивает стоматологическое здоровье и эффективность профилактики (чувствительность 93%, специфичность 49%)
Zaorska, 2021 [46]	Создание модели прогнозирования РДК у детей на основе изучения однонуклеотидного полиморфизма. Проспективное	Обследованы 262 детей 20–40 мес., включены в исследование 95 детей (48 — с кариесом, 47 — без). Изучен генотип ДНК эпителия слизистой оболочки рта (однонуклеотидный полиморфизм 28 генов)	Программа прогнозирует риск РДК у детей (точность 73,6–87,2%) с ключевыми генами-предикторами ENAM, MMP16, AMELX и TUFT1

Примечание. РДК — ранний детский кариес.

Применение ИИ в создании виртуальных помощников в вопросах детской стоматологии
Развивается область применения ИИ в создании

виртуальных ассистентов врачей (табл. 4). Технология GPT (Generative Pre-trained Transformer — генеративный предварительно обученный трансформер — нейросеть,

генерирующая текст) позволяет быстро получить ответы на различные вопросы, в том числе — о вариантах лечения, найти нужные нормативно-правовые документы, составить анкету, смоделировать график, проанализировать данные и др. В исследовании G.Y. Bhadila и соавт. (2025) изучено применение ChatGPT 4, в сравнении с заключениями квалифицированных детских стоматологов, для диагностики и составления плана лечения в детской стоматологии. К оценке предлагались 12 клинических случаев (описание клинической картины, фотографии, рентгенограммы), каждый из которых включал 3 стоматологические проблемы. В целом, при оценке 36 стоматологических проблем у детей, диагностическая точность ChatGPT составила 72,2%, хотя в отношении диагностики кариеса показатели чувствительности и специфичности были более 92%. Однако способность выработки плана лечения у ChatGPT оказалась невысокой, точность решений составляла менее 50%, поэтому авторы рекомендуют его только как вспомогательный диагностический инструмент [51].

К аналогичным выводам пришли другие авторы, показавшие, что детские стоматологи и стоматологи общей практики дают значимо более точные ответы на вопросы по детской стоматологии, чем 9 популярных чат-ботов [52]. Использование родителями ИИ в виде чат-ботов (GPT, Gemini) для получения советов при травме зубов у детей также не может заменить профессиональную консультацию, диагностику и лечение у врача-стоматолога [53]. Таким образом, чат-боты могут быть лишь вспомогательным инструментом, но не способны заменить клиницистов в диагностике и принятии решений в детской стоматологии.

Интересно применение ИИ для управления поведением детей на стоматологическом приеме. Виртуальная реальность и интерактивные игры могут использоваться, чтобы отвлечь ребенка и уменьшить его страх перед посещением стоматолога, уменьшить чувствительность во время стоматологических процедур [54]. Y. Kasimoglu и соавт. (2020) показали эффективность использования

робота для снижения страха детей во время стоматологического приема [55]. Однако ИИ не способен учитывать индивидуальные особенности и потребности детей, понимать невербальные знаки и проявлять эмпатию, выстраивать взаимоотношения и заменить врача-стоматолога детского, который годами нарабатывает опыт управления поведением детей [56].

В целом, результаты применения ИИ в детской стоматологии имеют широкий диапазон разброса данных. Проведенный R. Rokhshad и соавт. (2024) мета-анализ результатов 33 работ о применении ИИ в детской стоматологии показал, что точность колебалась в пределах 60–99%, чувствительность — от 20 до 100%, специфичность от — 49 до 100%, что не позволило авторам сделать однозначное заключение, но обосновало необходимость дальнейших исследований и сравнения данных, полученных ИИ и человеком [57].

Несмотря на большие возможности, ИИ все еще не находит широкого применения в клинической практике из-за ограниченности данных для обучения ИИ, отсутствия методологии и стандартов разработки программ, неподтвержденной ценности и полезности решений, предлагаемых ИИ, а также неразработанности вопросов этики и ответственности за принимаемые решения. С правовой точки зрения, необходимо убедиться, что использование ИИ соответствует законодательству и нормативным актам, регулирующим использование персональных данных, обеспечение конфиденциальности и безопасности информации. Необходимо четкий ответ на вопрос об ответственности за неправильный диагноз и неудачи лечения: кто будет виноват, врач, разработчик ИИ или оба [58]? Необходимо создать механизмы контроля и надзора, чтобы способствовать ответственному использованию ИИ и предотвратить возможные негативные последствия, четко осознавая, что ИИ никогда не заменит врача-стоматолога, а будет выполнять лишь вспомогательные функции [59]. Несмотря на позитивные результаты, применение ИИ не может заменить критическое мышление

Таблица 4. Применение ИИ в создании виртуальных помощников по вопросам детской стоматологии

Table 4. The use of AI in creating virtual assistants for pediatric dentistry

Автор, год	Цель, тип исследования	Материал	Технология ИИ	Результат
Bhadila, 2025 [51]	Оценка применения ИИ для диагностики и планирования лечения в детской стоматологии. Ретроспективное, сравнительное	12 случаев (36 проблем) из клинической практики детской стоматологии с описанием, фотографиями и рентгенограммами	ChatGPT 4 (сравнение с квалифицированными детскими стоматологами)	ChatGPT показал диагностическую точность 72,2% (чувствительность диагностики кариеса 92,3%, специфичность 100%), точность в принятии плана лечения — 47,2%
Rokhshad, 2024 [52]	Использование ИИ для постановки диагноза и составления плана лечения. Сравнительное	30 вопросов заданы чат-ботам по различным проблемам детской стоматологии	Google Bard, ChatGPT 4, ChatGPT 3.5, Llama, Sage, Claude 2 100k, Claude-instant, Claude-instant-100k, Google Palm (сравнение с 20 специалистами, детскими стоматологами, стоматологами и студентами)	Детские стоматологи давали правильные ответы значимо чаще (96,7%), чем стоматологи (88%), студенты (80,8%) и чат-боты (78%)
Gökcek Taraç, 2025 [53]	Применение ИИ для ответов на вопросы родителей детей с травмой зубов. Сравнительное	17 сценариев-вопросов по травме зубов у детей	Сравнение GPT 3.5 и Google Gemini с 5 квалифицированными детскими стоматологами	Квалифицированные стоматологи дают точные ответы, тогда как ответы чат-ботов могут ввести родителей в заблуждение

и человеческий опыт, профессионализм и способность принимать неординарные и взвешенные решения [60].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИИ способен повысить эффективность диагностики, профилактики и обучения в детской стоматологии, однако должен рассматриваться как вспомогательный, а не заменяющий клиническое суждение инструмент.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Лосев Ф.Ф., Сорокина А.А., Салахов А.К., Докин С.П. Использование искусственного интеллекта в современной стоматологии в Российской Федерации. — *Стоматология*. — 2024; 5: 42—45. [Losev F.F., Sorokina A.A., Salakhov A.K., Dokin S.P. The use of artificial intelligence in modern dentistry in the Russian Federation. — *Stomatology*. — 2024; 5: 42—45 (In Russian)]. [eLibrary ID: 74496094](#)
2. Gao S., Wang X., Xia Z., Zhang H., Yu J., Yang F. Artificial intelligence in dentistry: A narrative review of diagnostic and therapeutic applications. — *Med Sci Monit*. — 2025; 31: e946676. [PMID: 40195079](#)
3. Обрубов А.А., Соловых Е.А., Надточий А.Г. Диагностическая эффективность технологии на основе искусственного интеллекта в рентгеностоматологии. — *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. — 2024; 12: 786—792. [Obrubov A.A., Solovykh E.A., Nadtochiy A.G. Principles of operation of a computer program using artificial intelligence in maxillofacial radiology and assessment of its diagnostic effectiveness. — *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. — 2024; 12: 786—792 (In Russian)]. [eLibrary ID: 76848180](#)
4. Samaranyake L., Tuygunov N., Schwendicke F., Osathanon T., Khurshid Z., Boymuradov S.A., Cahyanto A. The transformative role of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive overview. Part 1: Fundamentals of AI, and its contemporary applications in dentistry. — *Int Dent J*. — 2025; 75 (2): 383—396. [PMID: 40074616](#)
5. Tuygunov N., Samaranyake L., Khurshid Z., Rewthamrongsris P., Schwendicke F., Osathanon T., Yahya N.A. The transformative role of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive overview. Part 2: The promise and perils, and the international dental federation communique. — *Int Dent J*. — 2025; 75 (2): 397—404. [PMID: 40011130](#)
6. Ойсиева К.Ш., Розов Р.А. Искусственный интеллект в стоматологии как веление времени. — *Стоматология*. — 2025; 1: 87—92. [Oisieva K.Sh., Rozov R.A. Artificial intelligence in dentistry: A sign of the times. — *Stomatology*. — 2025; 1: 87—92 (In Russian)]. [eLibrary ID: 80539436](#)
7. Tyagi M., Jain S., Ranjan M., Hassan S., Prakash N., Kumar D., Kumar A., Singh S. Artificial intelligence tools in dentistry: A systematic review on their application and outcomes. — *Cureus*. — 2025; 17 (5): e85062. [PMID: 40585609](#)
8. Surdu A., Budala D.G., Luchian I., Foia L.G., Botnariu G.E., Scutariu M.M. Using AI in optimizing oral and dental diagnoses — A narrative review. — *Diagnostics (Basel)*. — 2024; 14 (24): 2804. [PMID: 39767164](#)
9. Naeimi S.M., Darvish S., Salman B.N., Luchian I. Artificial intelligence in adult and pediatric dentistry: A narrative review. — *Bioengineering (Basel)*. — 2024; 11 (5): 431. [PMID: 38790300](#)
10. La Rosa S., Quinzi V., Palazzo G., Ronsivalle V., Lo Giudice A. The implications of artificial intelligence in pedodontics: A scoping review of evidence-based literature. — *Healthcare (Basel)*. — 2024; 12 (13): 1311. [PMID: 38998846](#)
11. Kılıc M.C., Bayraktar I.S., Çelik Ö., Bilgir E., Orhan K., Aydın O.B., Kaplan F.A., Sağlam H., Odabaş A., Aslan A.F., Yılmaz A.B. Artificial intelligence system for automatic deciduous tooth detection and numbering in panoramic radiographs. — *Dentomaxillofac Radiol*. — 2021; 50 (6): 20200172. [PMID: 33661699](#)
12. Bumann E.E., Al-Qarni S., Chandrashekar G., Sabzian R., Bohaty B., Lee Y. A novel collaborative learning model for mixed dentition and fillings segmentation in panoramic radiographs. — *J Dent*. — 2024; 140: 104779. [PMID: 38007173](#)
13. Kaya E., et al. A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. — *Imaging Sci Dent*. — 2022; 52 (3): 275—281. [PMID: 36238699](#)
14. Kuwada C., Arijji Y., Fukuda M., Kise Y., Fujita H., Katsumata A., Arijji E. Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. — 2020; 130 (4): 464—469. [PMID: 32507560](#)
15. Mine Y., Iwamoto Y., Okazaki S., Nakamura K., Takeda S., Peng T.Y., Mitsuhashi C., Kakimoto N., Kozai K., Murayama T. Detecting the presence of supernumerary teeth during the early mixed dentition stage using deep learning algorithms: A pilot study. — *Int J Paediatr Dent*. — 2022; 32 (5): 678—685. [PMID: 34904304](#)
16. Ahn Y., Hwang J.J., Jung Y.H., Jeong T., Shin J. Automated mesiodens classification system using deep learning on panoramic radiographs of children. — *Diagnostics (Basel)*. — 2021; 11 (8): 1477. [PMID: 34441411](#)
17. Ha E.G., Jeon K.J., Kim Y.H., Kim J.Y., Han S.S. Automatic detection of mesiodens on panoramic radiographs using artificial intelligence. — *Sci Rep*. — 2021; 11 (1): 23061. [PMID: 34845320](#)
18. Kim J., Hwang J.J., Jeong T., Cho B.H., Shin J. Deep learning-based identification of mesiodens using automatic maxillary anterior region estimation in panoramic radiography of children. — *Dentomaxillofac Radiol*. — 2022; 51 (7): 20210528. [PMID: 35731733](#)
19. Wu T.J., Tsai C.L., Gao Q.Z., Chen Y.P., Kuo C.F., Huang Y.H. The application of artificial-intelligence-assisted dental age assessment in children with growth delay. — *J Pers Med*. — 2022; 12 (7): 1158. [PMID: 35887655](#)
20. Zaborowicz M., Zaborowicz K., Biedziak B., Garbowski T. Deep learning neural modelling as a precise method in the assessment of the chronological age of children and adolescents using tooth and bone parameters. — *Sensors (Basel)*. — 2022; 22 (2): 637. [PMID: 35062599](#)
21. Wang J., Dou J., Han J., Li G., Tao J. A population-based study to assess two convolutional neural networks for dental age estimation. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 109. [PMID: 36803132](#)
22. Li Z., Xiao N., Nan X., Chen K., Zhao Y., Wang S., Guo X., Gao C. Automatic dental age estimation in adolescents via oral panoramic imaging. — *Front Dent Med*. — 2025; 6: 1618246. [PMID: 40642202](#)
23. Kurt A., Günaçar D.N., Şilbir F.Y., Yeşil Z., Bayraktar İ.Ş., Çelik Ö., Bilgir E., Orhan K. Evaluation of tooth development stages with deep learning-based artificial intelligence algorithm. — *BMC Oral Health*. — 2024; 24 (1): 1034. [PMID: 39227802](#)
24. Turosz N., Chęcińska K., Chęciński M., Lubecka K., Bliźniak F., Sikora M. Artificial intelligence (AI) assessment of pediatric dental panoramic radiographs (DPRs): A clinical study. — *Pediatr Rep*. — 2024; 16 (3): 794—805. [PMID: 39311330](#)
25. Gonzalez C., Badr Z., Güngör H.C., Han S., Hamdan M.D. Identifying primary proximal caries lesions in pediatric patients from bitewing radiographs using artificial intelligence. — *Pediatr Dent*. — 2024; 46 (5): 332—336. [PMID: 39420489](#)

26. Goertzen E., Casas M.J., Barrett E.J., Perschbacher S., Pusic M., Boutis K. Interactive computer-assisted learning as an educational method for learning pediatric interproximal dental caries identification. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2023; 136 (3): 371—381. [PMID: 37271610](#)
27. Ghorbani Z., Mirebeigi-Jamasbi S.S., Hassannia Dargah M., Nahvi M., Hosseinihah Manshadi S.A., Akbarzadeh Fathabadi Z. A novel deep learning-based model for automated tooth detection and numbering in mixed and permanent dentition in occlusal photographs. — *BMC Oral Health.* — 2025; 25 (1): 455. [PMID: 40158107](#)
28. Li R.Z., Zhu J.X., Wang Y.Y., Zhao S.Y., Peng C.F., Zhou Q., Sun R.Q., Hao A.M., Li S., Wang Y., Xia B. [Development of a deep learning based prototype artificial intelligence system for the detection of dental caries in children]. — *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* — 2021; 56 (12): 1253—1260 (In Chinese). [PMID: 34915661](#)
29. Portella P.D., de Oliveira L.F., Ferreira M.F.C., Dias B.C., de Souza J.F., Assunção L.R.D.S. Improving accuracy of early dental carious lesions detection using deep learning-based automated method. — *Clin Oral Investig.* — 2023; 27 (12): 7663—7670. [PMID: 37906303](#)
30. Alevizakos V., Bekes K., Steffen R., von See C. Artificial intelligence system for training diagnosis and differentiation with molar incisor hypomineralization (MIH) and similar pathologies. — *Clin Oral Investig.* — 2022; 26 (12): 6917—6923. [PMID: 36065023](#)
31. Schönewolf J., Meyer O., Engels P., Schlickerieder A., Hickel R., Gruhn V., Hesenius M., Kühnisch J. Artificial intelligence-based diagnostics of molar-incisor-hypomineralization (MIH) on intraoral photographs. — *Clin Oral Investig.* — 2022; 26 (9): 5923—5930. [PMID: 35608684](#)
32. Felsch M., Meyer O., Schlickerieder A., Engels P., Schönewolf J., Zöllner F., Heinrich-Weltzien R., Hesenius M., Hickel R., Gruhn V., Kühnisch J. Detection and localization of caries and hypomineralization on dental photographs with a vision transformer model. — *NPJ Digit Med.* — 2023; 6 (1): 198. [PMID: 37880375](#)
33. Al-Jallad N., Ly-Mapes O., Hao P., Ruan J., Ramesh A., Luo J., Wu T.T., Dye T., Rashwan N., Ren J., Jang H., Mendez L., Alomeir N., Bullock S., Fiscella K., Xiao J. Artificial intelligence-powered smartphone application, AICaries, improves at-home dental caries screening in children: Moderated and unmoderated usability test. — *PLOS Digit Health.* — 2022; 1 (6): e0000046. [PMID: 36381137](#)
34. Sobrinho B.P., Silva B.P., Andrade K.M., Sobrinho B.P., Ribeiro D.A., Santos J.N., Oliveira L.R., Cury P.R. Intelligent biofilm detection with ensemble of deep learning networks. — *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* — 2025; 30 (2): e282-e287. [PMID: 39954282](#)
35. You W., Hao A., Li S., Wang Y., Xia B. Deep learning-based dental plaque detection on primary teeth: a comparison with clinical assessments. — *BMC Oral Health.* — 2020; 20 (1): 141. [PMID: 32404094](#)
36. Yüksel B., Özveren N., Yeşil Ç. Evaluation of dental plaque area with artificial intelligence model. — *Niger J Clin Pract.* — 2024; 27 (6): 759—765. [PMID: 38943301](#)
37. Tez B.Ç., Güzel Y., Kızıltan Eliaçık B.B., Aydın Z. Deep-learning-based AI-model for predicting dental plaque in the young permanent teeth of children aged 8—13 years. — *Children (Basel).* — 2025; 12 (4): 475. [PMID: 40310101](#)
38. Karhade D.S., Roach J., Shrestha P., Simancas-Pallares M.A., Ginnis J., Burk Z.J.S., Ribeiro A.A., Cho H., Wu D., Divaris K. An automated machine learning classifier for early childhood caries. — *Pediatr Dent.* — 2021; 43 (3): 191—197. [PMID: 34172112](#)
39. Park Y.H., Kim S.H., Choi Y.Y. Prediction models of early childhood caries based on machine learning algorithms. — *Int J Environ Res Public Health.* — 2021; 18 (16): 8613. [PMID: 34444368](#)
40. Ramos-Gomez F., Marcus M., Maida C.A., Wang Y., Kinsler J.J., Xiong D., Lee S.Y., Hays R.D., Shen J., Crall J.J., Liu H. Using a machine learning algorithm to predict the likelihood of presence of dental caries among children aged 2 to 7. — *Dent J (Basel).* — 2021; 9 (12): 141. [PMID: 34940038](#)
41. Bogdan-Andreescu C.F., Defta C.L., Albu S.D., Manea A., Botoaca O., Russu E.A., Albu C.C. Application of artificial intelligence in dental caries prediction related to diet and oral hygiene. — *Romanian Journal of Oral Rehabilitation.* — 2024; 2: 48—55. [DOI: 10.62610/RJOR.2024.2.16.5](#)
42. Wang Y., Hays R.D., Marcus M., Maida C.A., Shen J., Xiong D., Coulter I.D., Lee S.Y., Spolsky V.W., Crall J.J., Liu H. Developing children's oral health assessment toolkits using machine learning algorithm. — *JDR Clin Trans Res.* — 2020; 5 (3): 233—243. [PMID: 31710817](#)
43. Toledo Reyes L., Knorst J.K., Ortiz F.R., Brondani B., Emmanuelli B., Saraiva Guedes R., Mendes F.M., Ardenghi T.M. Early childhood predictors for dental caries: A machine learning approach. — *J Dent Res.* — 2023; 102 (9): 999—1006. [PMID: 37246832](#)
44. Koopaie M., Salamati M., Montazeri R., Davoudi M., Kolahdooz S. Salivary cystatin S levels in children with early childhood caries in comparison with caries-free children; statistical analysis and machine learning. — *BMC Oral Health.* — 2021; 21 (1): 650. [PMID: 34922509](#)
45. Raksakmanut R., Thanyasrisung P., Sritangsrirukul S., Kitsahawong K., Seminario A.L., Pitiphat W., Matangkasombut O. Prediction of future caries in 1-year-old children via the salivary microbiome. — *J Dent Res.* — 2023; 102 (6): 626—635. [PMID: 36919874](#)
46. Zaorska K., Szczapa T., Borysewicz-Lewicka M., Nowicki M., Gerreth K. Prediction of early childhood caries based on single nucleotide polymorphisms using neural networks. — *Genes (Basel).* — 2021; 12 (4): 462. [PMID: 33805090](#)
47. Pang L., Wang K., Tao Y., Zhi Q., Zhang J., Lin H. A new model for caries risk prediction in teenagers using a machine learning algorithm based on environmental and genetic factors. — *Front Genet.* — 2021; 12: 636867. [PMID: 33777105](#)
48. Udod O.A., Voronina H.S., Ivchenkova O.Y. Application of neural network technologies in the dental caries forecast. — *Wiad Lek.* — 2020; 73 (7): 1499—1504. [DOI: 10.36740/WLek202007135](#)
49. Sadegh-Zadeh S.A., Bagheri M., Saadat M. Decoding children dental health risks: a machine learning approach to identifying key influencing factors. — *Front Artif Intell.* — 2024; 7: 1392597. [PMID: 38952410](#)
50. Al-Kaff A.A., et al. Minimally invasive techniques for managing dental caries in children: Efficacy, applications, and future directions. — *Cureus.* — 2025; 17 (7): e87450. [PMID: 40772222](#)
51. Bhadila G.Y., Alhomied M., Mahmoud A., Farsi N.J. Accuracy of artificial intelligence in making diagnoses and treatment decisions in pediatric dentistry. — *Pediatr Dent.* — 2025; 47 (2): 73—78. [PMID: 40296263](#)
52. Rokhshad R., et al. Accuracy and consistency of chatbots versus clinicians for answering pediatric dentistry questions: A pilot study. — *J Dent.* — 2024; 144: 104938. [PMID: 38499280](#)
53. Gökçek Taraç M., Nale T. Artificial intelligence in pediatric dental trauma: do artificial intelligence chatbots address parental concerns effectively? — *BMC Oral Health.* — 2025; 25 (1): 736. [PMID: 40382588](#)
54. Barros Padilha D.X., Veiga N.J., Mello-Moura A.C.V., Nunes Correia P. Virtual reality and behaviour management in paediatric dentistry: a systematic review. — *BMC Oral Health.* — 2023; 23 (1): 995. [PMID: 38087294](#)
55. Kasimoglu Y., Kocaaydin S., Karsli E., Esen M., Bektas I., Ince G., Tuna E.B. Robotic approach to the reduction of dental anxiety in children. — *Acta Odontol Scand.* — 2020; 78 (6): 474—480. [PMID: 32730719](#)
56. Acharya S., Godhi B.S., Saxena V., Assiry A.A., Alessa N.A., Dawasaz A.A., Alqarni A., Karobari M.I. Role of artificial intelligence in behavior management of pediatric dental patients—a mini review. — *J Clin Pediatr Dent.* — 2024; 48 (3): 24—30. [PMID: 38755978](#)
57. Rokhshad R., et al. Current applications of artificial intelligence for pediatric dentistry: A systematic review and meta-analysis. — *Pediatr Dent.* — 2024; 46 (1): 27—35. [PMID: 38449036](#)
58. Климан Ю.А. Правовые проблемы применения искусственного интеллекта в сфере здравоохранения. — *Теория и практика общественного развития.* — 2024; 11 (199): 237—243. [Kliman Y.A. Legal Issues of applying artificial intelligence in health-care. — *Theory and Practice of Social Development.* — 2024; 11 (199): 237—243 (In Russian)]. [eLibrary ID: 75138179](#)
59. Ducret M., Mörch C.M. Focus on artificial intelligence ethics in dentistry. — *J Dent Sci.* — 2023; 18 (3): 1409—1410. [PMID: 37404652](#)
60. Shah M., Ali S.M., Batool R., Shafiq F., Shaikh G.M., Khero R. The limitless potential of artificial intelligence in paediatric dentistry. — *Journal of Health and Rehabilitation Research.* — 2024; 4 (3). [DOI: 10.61919/jhrr.v4i3.1540](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_136

П.А. Панин¹,ассистент кафедры пропедевтики
хирургической стоматологии[М.С. Подпорин](#)¹,к.м.н., старший преподаватель кафедры ми-
кробиологии, вирусологии, иммунологии[А.М. Цициашвили](#)¹,д.м.н., профессор кафедры пропедевтики
хирургической стоматологии[Я.Н. Карасенков](#)²,

к.м.н., главный врач

[В.Н. Царев](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой микробио-
логии, вирусологии, иммунологии[А.М. Панин](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
пропедевтики хирургической стоматологии[А.А. Березкина](#)¹,студентка V курса стоматологического
факультета[С.В. Акулова](#)³,

студентка VI курса

¹ Российский университет медицины,
127994, Москва, Россия² Стоматологическая клиника «Росдент»,
117342, Москва, Россия³ МВА им. К.И. Скрябина,
109472, Москва, Россия

Дозозависимое влияние наночастиц серебра на кинетику развития клинически значимых микроорганизмов в практике хирургической стоматологии: *in vitro* исследование

Реферат. Хирургическая стоматология связана с высоким риском инфекционных осложнений, вызванных такими патогенами, как *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* и *C. albicans*. Устойчивость микроорганизмов к стандартным антимикробным препаратам и формирование биопленок требуют поиска новых эффективных средств. Антисептик на основе наночастиц серебра, обладающий широким спектром действия, представляет интерес для применения в профилактике и лечении послеоперационных инфекций. **Цель исследования** — изучить дозозависимую антимикробную активность антисептика на основе наночастиц серебра в отношении модельных патогенов, оценив его влияние на кинетику роста популяций микроорганизмов. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на клинических изолятах *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* и *C. albicans* с использованием автоматизированной системы культивирования RTS-8. Оценивались фазы роста (лаг-, логарифмическая, стационарная, отмирания) и ключевые точки (α — максимальная скорость роста, β — максимальная плотность культуры). Препарат, содержащий наночастицы серебра размером от 1 до 100 нм в концентрации 10–15 мг/л, применяли в разведениях 1:5, 1:25 и 1:125. **Результаты.** Антисептик на основе наночастиц серебра продемонстрировал дозозависимое ингибирование роста всех исследуемых микроорганизмов. Наибольшая эффективность отмечена для *C. albicans*: оптическая плотность в точках α и β уменьшилась на 34,5 и 41,2% соответственно ($p < 0,05$). У *S. aureus* лаг-фаза увеличилась в 2,5 раза ($p < 0,05$). Для *P. intermedia* и *S. constellatus* значимые изменения наблюдались только при концентрациях 1:5 и 1:25. Вариабельность роста (IQR) снизилась на 42,8% у *C. albicans* и на 34,2% у *P. intermedia* ($p < 0,05$), что указывает на стабилизацию кинетики роста. **Заключение.** Дозозависимый ингибирующий эффект изучаемого антисептика на основе наночастиц серебра обусловлен выраженным подавлением роста всех исследуемых микроорганизмов (*S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*), причем наибольшая эффективность наблюдалась при максимальной концентрации (разведение 1:5). У *C. albicans* отмечалось снижение в ключевых точках роста α и β на 34,5 и 41,2% соответственно, а у *S. aureus* — удлинение лаг-фазы в 2,5 раза, что подтверждает антимикробную активность препарата.

Ключевые слова: антимикробная активность, *S. aureus*, *C. albicans*, кинетика роста, наночастицы серебра, хирургическая стоматология, инфекционные осложнения

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Панин П.А., Подпорин М.С., Цициашвили А.М., Карасенков Я.Н., Царев В.Н., Панин А.М., Березкина А.А., Акулова С.В. Дозозависимое влияние наночастиц серебра на кинетику развития клинически значимых микроорганизмов в практике хирургической стоматологии: *in vitro* исследование. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 136—141. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_136

[P.A. Panin](#)¹,assistant at the Oral surgery propaedeutics
Department[M.S. Podporin](#)¹,PhD in Medical Sciences, senior lecturer
of the Microbiology, virology, immunology
Department[A.M. Tsitsiashvili](#)¹,Doctor of Science in Medicine, professor
of the Oral surgery propaedeutics Department[Ya.N. Karasenkov](#)²,

PhD in Medical Sciences, chief medical officer

[V.N. Tsarev](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Microbiology, virology, immunology
Department

Dose-dependent effect of nanosilver on the kinetics of development of clinically significant microorganisms in oral surgery practice: *in vitro* study

Abstract. Surgical dentistry is associated with a high risk of infectious complications caused by pathogens such as *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* and *C. albicans*. Resistance of microorganisms to standard antimicrobial drugs and the formation of biofilms require the search for new effective agents. Nanargol, which has a broad spectrum of action, is of interest for use in the prevention and treatment of postoperative infections. **The purpose of the study** — to study the dose-dependent antimicrobial activity of antiseptic drug with nanosilver against model pathogens, assessing its effect on the growth kinetics of microorganism populations. **Materials and methods.** The study was conducted on clinical isolates of *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* and *C. albicans* using the automated culture system RTS-8. Growth phases (lag, logarithmic,

[A.M. Panin](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Oral surgery propaedeutics Department

[A.A. Berezkina](#)¹,

5th year student at the Dental Faculty

[S.V. Akulova](#)³,

6th year student

¹ Russian University of Medicine,
127994, Moscow, Russia

² Dental clinic "Rosdent",
117342, Moscow, Russia

³ Moscow State Academy of Veterinary
Medicine and Biotechnology
of K.I. Scriabin, 109472, Moscow, Russia

stationary, dying off) and key points (α — maximum growth rate, β — maximum culture density) were assessed. The drug was used in dilutions of 1:5, 1:25 and 1:125. **Results.** Antiseptic drug with nanosilver demonstrated dose-dependent growth inhibition of all studied microorganisms. The highest efficiency was noted for *C. albicans*: a decrease in α and β points by 34.5% and 41.2%, respectively ($p < 0.05$). In *S. aureus*, the lag phase increased by 2.5 times ($p < 0.05$). For *P. intermedia* and *S. constellatus*, significant changes were observed only at high concentrations (1:5 and 1:25). Growth variability (IQR) decreased by 42.8% in *C. albicans* and by 34.2% in *P. intermedia* ($p < 0.05$), indicating stabilization of growth kinetics. **Conclusions.** The dose-dependent inhibitory effect of the studied antiseptic based on silver nanoparticles is due to the pronounced suppression of the growth of all studied microorganisms (*S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*), with the greatest effectiveness observed at maximum concentration (dilution 1:5). In *C. albicans*, there was a decrease in the key growth points α and β by 34.5% and 41.2%, respectively, and in *S. aureus*, an elongation of the lag phase by 2.5 times, which confirms the antimicrobial activity of the drug.

Key words: antimicrobial activity, *S. aureus*, *C. albicans*, growth kinetics, oral surgery, nanosilver, infectious complications

FOR CITATION:

Panin P.A., Podporin M.S., Tsitsiashvili A.M., Karasenkova Ya.N., Tsarev V.N., Panin A.M., Berezkina A.A., Akulova S.V. Dose-dependent effect of nanosilver on the kinetics of development of clinically significant microorganisms in oral surgery practice: in vitro study. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 136—141 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_136

ВВЕДЕНИЕ

Хирургическая стоматология характеризуется высоким риском инфекционных осложнений, обусловленных инвазивными вмешательствами, такими как удаление зубов, дентальная имплантация, а также лечение периоститов и остеомиелитов челюстно-лицевой области [1]. Согласно современным исследованиям, до 30% послеоперационных осложнений связаны с бактериальной контаминацией, причем наиболее частыми первичными колонизаторами выступают *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus spp.* [2]. В этой связи применение антимикробных препаратов с широким спектром действия приобретает особую значимость, поскольку позволяет снизить риск инфекционных осложнений за счет подавления патогенной микрофлоры.

Особую эффективность демонстрирует комбинированный подход, сочетающий хирургическое лечение с местной и системной антимикробной профилактикой. Согласно данным, опубликованным исследователями под руководством Петрова и др. (2020), использование антисептиков в сочетании с антибиотикотерапией позволяет снизить частоту альвеолита после удаления зуба на 45% [3–5]. Тем самым справедливым считается мнение о том, что препараты, обладающие дозозависимым бактериостатическим и бактерицидным действием, могут представлять особый интерес в рамках подобных схем благодаря их способности эффективно подавлять рост и развитие патогенов [6].

Ключевой проблемой в дентальной имплантологии является формирование бактериальных биопленок на поверхности имплантатов и шовного материала. В проведенных исследованиях до 60% случаев периимплантитов ассоциированы с образованием биопленок, устойчивых к стандартным антисептикам [7]. В связи с этим перспективными представляются препараты, способные ингибировать адгезию микроорганизмов, включая *Candida albicans*, что может существенно

повысить эффективность профилактики инфекционных осложнений [8].

Еще одной актуальной проблемой является рост антибиотикорезистентности, особенно среди анаэробных патогенов, таких как *Prevotella intermedia* [9]. В этой связи особое значение приобретает поиск альтернативных антимикробных средств, не входящих в стандартные схемы терапии. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что некоторые современные антисептические препараты сохраняют эффективность даже в низких концентрациях, что делает их перспективными для включения в клинические протоколы [10].

Важным аспектом послеоперационного ведения пациентов является местное применение антимикробных препаратов пролонгированного действия [11]. Согласно опубликованным исследованиям, использование гелевых и растворимых форм с пролонгированным антисептическим эффектом способствует сокращению сроков заживления на 20–25% [12, 13]. Химически стабильные соединения, обеспечивающие длительную антимикробную защиту, могут существенно улучшить результаты хирургического лечения [14, 15].

Внедрение современных антимикробных препаратов в клиническую практику хирургической стоматологии способствует снижению частоты послеоперационных осложнений, улучшению исходов вмешательств и уменьшению зависимости от системной антибиотикотерапии. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются оптимизация режимов дозирования, изучение синергизма с другими антисептиками и разработка новых лекарственных форм с пролонгированным действием.

Цель исследования — изучить антимикробную активность антисептика на основе наночастиц серебра в отношении модельных патогенов с акцентом на дозозависимое подавление пролиферации и динамику популяционного развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании изучали воздействие коллоидного серебра разной концентрации на рост значимых микроорганизмов: *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* и *C. albicans*. Для этого использовали Нанаргол (ООО «Лаборатория биомедицинской инженерии», Москва), содержащий наночастицы серебра размером от 1 до 100 нм в концентрации 10–15 мг/л, и клинические изоляты, прошедшие многоэтапную процедуру идентификации.

Первичную верификацию микроорганизмов проводили с использованием стандартных биохимических тестов (каталазный, коагулазный, тест на ДНКазу), а также с применением коммерческих наборов для биохимической идентификации Himedia (Индия), основанных на общепринятых принципах изменения pH и утилизации субстрата. В спорных случаях использовали полимеразную цепную реакцию (ПЦР) с видоспецифичными праймерами.

Для культивирования микроорганизмов использовали питательные среды (Himedia, Индия):

- мясной солевой бульон (M155) — оптимальная среда для культивирования *S. aureus*, обеспечивающая интенсивный рост за счет пептона и экстракта говяжьего мяса;
- бульон Тодда—Хьюитта (M313) — селективная среда для *Streptococcus spp.*, содержащая гидролизат казеина и дрожжевой экстракт;
- бульон с сердечно-мозговой вытяжкой (M210) — универсальная богатая среда для требовательных микроорганизмов, включающая инфузию мозга и сердца крупного рогатого скота;
- среда Сабуро жидкая (M013) — специализированная среда для культивирования дрожжевых грибов *C. albicans* с оптимальным pH 5,6.

Все среды перед использованием стерилизовали автоклавированием при 121°C в течение 15 минут. Контроль стерильности проводили путем инкубации проб среды при 37°C в течение 48 часов. Чистоту культур дополнительно контролировали микроскопией (окраска по Граму) и высевом на селективные плотные среды.

Исходная концентрация инокулюма составляла 5×10^5 КОЕ/мл, объем микробной взвеси — 0,5 мл. Антисептик на основе наночастиц серебра подготавливали в разведениях 1:5, 1:25 и 1:125. В качестве контроля использовали стерильную среду (отрицательный контроль) и культуру без препарата (положительный контроль). Общий объем культивирования составлял 10 мл питательной среды с добавлением 0,5 мл инокулюма.

Экспериментальные исследования проводились с использованием уникальной научной установки «Трансгенбанк» с применением многоканальной автоматической термостатирующей роторной системы программируемого культивирования RTS-8 (Biosan, Латвия). Указанная система была оснащена инновационной системой неинвазивного дистанционно управляемого перемешивания с функцией реверсивного движения (диапазон скоростей 50–2000 об./мин) и термостатированием ($\pm 0,1^\circ\text{C}$ в диапазоне от +4 до +70°C). Принцип работы основан на осевом вращении культивационных

пробирок, обеспечивающем формирование вихревых потоков, что способствует гомогенизации бактериальной суспензии в питательном бульоне и оптимизации массообменных процессов.

Для непрерывного контроля динамики роста микроорганизмов использовалась оптическая система ближнего инфракрасного диапазона (850 нм), позволяющая проводить неинвазивные измерения оптической плотности (OD) в пересчете на единицы мутности по Мак-Фарланду (ед. McF). Данная методика обеспечивала высокоточную регистрацию кинетических параметров пролиферации микробных клеток в режиме реального времени, а также позволяла оценивать влияние различных стрессовых факторов на рост культур. Измерение оптической плотности в ближнем ИК-диапазоне минимизировало погрешности, связанные с оптическими свойствами гидрофильных соединений, что повышало достоверность получаемых данных.

Для обеспечения репрезентативности результатов все эксперименты проводили в 10 повторах для каждого варианта микроорганизма. Стандартизацию условий культивирования контролировали с помощью встроенных датчиков системы RTS-8, регистрирующих ключевые параметры: $p\text{O}_2$ (60–80% насыщения), pH ($7,2 \pm 0,1$ для бактериальных культур и $5,6 \pm 0,2$ для грибов) и редокс-потенциал (+150–200 мВ). Калибровку измерительных систем проводили ежедневно с использованием стандартных растворов (0,9% NaCl для нулевого контроля, суспензия латексных микросфер 1 мкм для оптических измерений). Для корреляции оптической плотности с количеством жизнеспособных клеток проводили контрольные высевы на плотные питательные среды (Columbia agar с 5% крови) через 12, 24 и 48 часов культивирования с последующим подсчетом КОЕ/мл.

При наблюдении за ростом микроорганизмов выявляли характерные фазы развития популяции:

- лаг-фазу — период адаптации клеток;
 - лог-фазу — экспоненциальный рост, подразделяющийся на период ускорения, собственно лог-период и период замедления;
 - стационарную фазу;
 - фазу отмирания.
- Ключевыми точками анализа служили:
- α — максимальная оптическая плотность в конце лог-фазы;
 - β — оптическая плотность при M-концентрации в стационарной фазе.

Регистрация значения показателя оптической плотности проводилась на протяжении 36 часов, каждые 2 часа.

Основная гипотеза исследования заключалась в том, что кинетика развития микробной популяции существенно изменяется в зависимости от концентрации серебра. В частности, предполагали следующее:

- увеличение концентрации препарата приводит к удлинению лаг-фазы за счет необходимости адаптации клеток к стрессовым условиям;
- максимальная скорость роста в лог-фазе снижается пропорционально концентрации антимикробного агента;

- стационарная фаза наступает при меньших значениях оптической плотности в присутствии препарата;
- фаза отмирания начинается раньше и протекает более интенсивно при высоких концентрациях серебра.

Работа выполнялась с использованием методических подходов, разработанных в рамках темы государственного задания FFEW-2024-0004.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием рангового критерия Краскела—Уоллиса для сравнения независимых выборок, определяли межквартильный диапазон для оценки вариабельности данных и рассчитывали угол наклона кривой роста для характеристики скорости пролиферации в лог-фазе. Для всех статистических тестов устанавливали уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам культивирования клинического изолята *S. aureus* в контрольной пробирке (без препарата) лаг-фаза развития популяции наблюдалась до 4 часов культивирования. На промежутке с 4 по 8 часов отмечался переход в экспоненциальную фазу, характеризующуюся интенсивным ростом. Ключевые точки логарифмической фазы составили: в точке α — $3,5 \pm 0,3$ ед. McF (12 часов); в точке β — $4,2 \pm 0,3$ ед. McF (16 часов). Период отрицательного ускорения перед достижением максимальной OD составил 4 часа. Стационарная фаза длилась 4 часа (16—20-й час культивирования) со средним значением OD $4,2 \pm 0,3$ ед. McF. Фаза отмирания началась с 20-го часа и продолжалась до конца эксперимента (36 часов). Скорость изменения OD в экспоненциальной фазе (8—12 часов), рассчитанная методом линейной регрессии, составила 0,981 ($R^2=0,981$). Межквартильный диапазон (IQR) для оценки вариативности значений OD в экспоненциальной фазе равнялся 3,75.

При добавлении наночастиц серебра наблюдали значительные изменения кинетики роста *S. aureus*. В разведении 1:5 отмечалось удлинение лаг-фазы до 10 часов с достижением точки α ($3,1 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 14,05% относительно контроля) к 16 часам и точки β ($3,3 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 27,4%) к 18 часам. В разведении 1:25 лаг-фаза составила 8 часов, точка α ($3,2 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 7,2%) была достигнута к 14 часам, точка β ($3,5 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 17,3%) — к 16 часам. В разведении 1:125 лаг-фаза также составила 8 часов, точка α ($3,2 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 7,2%) зафиксирована в 12 часов, точка β ($4,0 \pm 0,3$ ед. McF, снижение на 3,9%) — в 16 часов. Во всех вариантах с препаратом скорость роста в лог-фазе оставалась высокой ($R^2=0,987-0,994$), а значения IQR 2,22—3,215 свидетельствовали о снижении вариабельности по сравнению с контролем (IQR=3,375).

По результатам культивирования *S. constellatus* в контрольных условиях (отсутствие препарата) бактериальная популяция демонстрировала типичную четырехфазную кривую роста: лаг-фаза — продолжительность 4 часа (0—4 часа культивирования). В экспоненциальной фазе активный рост наблюдался с 4 по 8 час, с достижением OD= $3,4 \pm 0,3$ ед. McF

в критической точке α (переход в логарифмическую фазу) на 12 час культивирования и OD= $4,0 \pm 0,3$ ед. McF в критической точке β (максимальная плотность культуры) на 14 час. Продолжительность фазы отрицательного ускорения — 2 часа (12—14 час). Стационарная фаза продолжалась 4 часа (14—18 час) со средним значением OD $4,0 \pm 0,3$ ед. McF, по факту ее окончания с 18 часа началась фаза отмирания, продолжавшаяся до окончания эксперимента (36 час). Количественные показатели роста контрольной культуры *S. constellatus* демонстрируют высокую скорость прироста биомассы в экспоненциальной фазе ($R^2=0,993$ в период 8—12 часов) и умеренную вариабельность оптической плотности (IQR=2,693), что соответствует типичной динамике роста данного микроорганизма в примененных экспериментальных условиях.

Антисептик на основе наночастиц серебра оказывал дозозависимое влияние на кинетику роста *S. constellatus*. При разведении 1:5 наблюдалось наиболее выраженное ингибирующее действие — удлинение лаг-фазы до 10 часов, снижение точек α ($2,5 \pm 0,3$ ед. McF, $-34,5\%$) и β ($3,2 \pm 0,3$ ед. McF, $-24,1\%$) при сохранении высокой скорости роста ($R^2=0,995$) и уменьшении IQR до 2,482 ($-8,5\%$). В разведении 1:25 лаг-фаза увеличилась до 8 часов с умеренным снижением точек α ($3,2 \pm 0,3$ ед. McF, $-7,6\%$) и β ($3,5 \pm 0,3$ ед. McF, $-14,6\%$), скоростью роста ($R^2=0,992$) и IQR=2,43 ($-10,8\%$). Наименьшее воздействие отмечалось при разведении 1:125 — лаг-фаза 8 часов, незначительное снижение точек α ($3,2 \pm 0,3$ ед. McF, $-6,4\%$) и β ($3,9 \pm 0,3$ ед. McF, $-3,6\%$), скорость роста ($R^2=0,993$) при увеличении IQR до 2,572 ($-4,7\%$).

При исследовании динамики роста контрольного образца *P. intermedia* (без добавления препарата) были выявлены характерные фазы развития микробной популяции. Адаптационный период (лаг-фаза) продолжался в течение первых 6 часов инкубации. Последующий переход в фазу активного развития наблюдался в интервале от 6 до 12 часов культивирования, что соответствует началу экспоненциальной фазы. Критические точки развития культуры в логарифмической фазе достигали следующих значений: максимальная скорость роста (точка α) — $4 \pm 0,3$ ед. McF к 16-му часу эксперимента; максимальная плотность культуры (точка β) — $5,1 \pm 0,3$ ед. McF к 20 часу культивирования. Период замедления роста (отрицательного ускорения), предшествующий достижению максимальной оптической плотности, занимал 4 часа. Стационарная фаза с устойчивыми показателями плотности культуры ($5,2 \pm 0,1$ ед. McF) продолжалась с 20 по 24 час. Деструктивная фаза (отмирание клеток) начиналась с 24 часа эксперимента и регистрировалась до его завершения. При количественной оценке динамики развития бактериальных клеток, было отмечено следующее: высокая скорость изменения оптической плотности в экспоненциальной фазе (12—16 часов) — коэффициент детерминации $R^2=0,992$; показатель вариабельности значений оптической плотности (межквартильный размах) составил 3,96, что свидетельствует о стабильности ростовых характеристик культуры в данных условиях культивирования.

При добавлении исследуемого антисептика на основе наночастиц серебра наблюдалось дозозависимое влияние на кинетику роста *P. intermedia*. В разведении 1:5 отмечалось увеличение лаг-фазы до 8 часов, снижение точки α до $3,8 \pm 0,3$ ед. McF (20 часов, -6%) и точки β до $4 \pm 0,3$ ед. McF (22 часов, $-28,5\%$) при скорости роста $0,993$ ($R^2=0,993$) и уменьшении IQR до $2,9$ ($-34,2\%$); в разведении 1:25 лаг-фаза также увеличилась до 8 часов с недостоверным повышением точки α ($4,05 \pm 0,3$ ед. McF) и снижением точки β ($4,3 \pm 0,3$ ед. McF, $-20,1\%$), при этом скорость роста составила $0,996$ ($R^2=0,996$), а IQR уменьшился до $3,1$ ($-25,5\%$); наименьшее воздействие наблюдалось при разведении 1:125, где лаг-фаза осталась неизменной (6 часов), точка α снизилась до $3,9 \pm 0,3$ ед. McF ($-4,1\%$), точка β — до $5 \pm 0,3$ ед. McF (-1%), скорость роста сохранилась на уровне $0,992$ ($R^2=0,992$), а IQR составил $3,83$ ($-2,7\%$).

При исследовании динамики роста контрольного образца *C. albicans* (без добавления препарата) были выявлены характерные фазы развития микробной популяции. Адаптационный период (лаг-фаза) продолжался в течение первых 2 часов инкубации, экспоненциальная фаза наблюдалась в интервале от 2 до 12 часов культивирования, фаза отрицательного ускорения (замедление роста) занимала 2 часа (10–12 ч), стационарная фаза с устойчивыми показателями плотности культуры ($4,3 \pm 0,3$ ед. McF) продолжалась с 12 по 16 час, деструктивная фаза (отмирание клеток) начиналась с 16 часа эксперимента и регистрировалась до его завершения. Критические точки развития грибковой популяции: максимальная скорость увеличения оптической плотности (точка α) — $3,89 \pm 0,3$ ед. McF к 10-му часу эксперимента; максимальная плотность культуры (точка β) — $4,2 \pm 0,3$ ед. McF к 12-му часу культивирования. При анализе количественных показателей развития культуры в экспоненциальной фазе было выявлено следующее: коэффициент детерминации $R^2=0,99$; IQR= $3,135$.

При добавлении исследуемого антисептического препарата наблюдалось дозозависимое ингибирующее действие на кинетику роста *C. albicans*. В разведении 1:5 лаг-фаза продолжалась до 2 часов, точка α снизилась до $2,9 \pm 0,3$ ед. McF (к 14 часу, $-34,5\%$ от контроля), точка β — до $3 \pm 0,3$ ед. McF (к 16 часу, $-41,2\%$), скорость роста составила $R^2=0,994$, а IQR уменьшился до $2,195$ ($-42,8\%$). В разведении 1:25 лаг-фаза также продолжалась до 2 часов, точка α снизилась до $3,2 \pm 0,3$ ед. McF ($-22,7\%$), точка β — до $3,5 \pm 0,3$ ед. McF (-21%), скорость роста — $R^2=0,997$, IQR — $2,43$ (-29%). Наименьшее воздействие наблюдалось при разведении 1:125, где лаг-фаза осталась неизменной (2 часа), точка α снизилась до $3,7 \pm 0,3$ ед. McF ($-3,8\%$), точка β — до $4,2 \pm 0,3$ ед. McF ($-1,5\%$), скорость роста сохранилась на уровне $R^2=0,991$, а IQR составил $3,032$ ($-3,4\%$), что близко к контрольным значениям.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование продемонстрировало выраженное дозозависимое влияние препарата Нанаргол на кинетику роста различных микроорганизмов, включая *S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia* и *C. albicans*. Во всех

случаях наблюдалось удлинение лаг-фазы и снижение ключевых точек роста (α и β), что свидетельствует о подавлении пролиферативной активности микробных популяций. Наибольший ингибирующий эффект отмечался при максимальной концентрации препарата (разведение 1:5), где у *S. aureus* лаг-фаза увеличилась в 2,5 раза, а у *C. albicans* точки α и β снизились на 34,5 и 41,2% соответственно. При этом сохранение высоких значений коэффициента детерминации ($R^2 > 0,98$) во всех вариантах опыта указывает на устойчивость кинетических закономерностей роста даже в условиях воздействия препарата.

Важным аспектом исследования стало снижение варибельности оптической плотности (по показателю IQR) в присутствии Нанаргола, что может говорить о стабилизации ростовых процессов под действием препарата. Например, у *P. intermedia* в разведении 1:5 IQR уменьшился на 34,2%, а у *C. albicans* — на 42,8%. Это позволяет предположить, что Нанаргол не только замедляет размножение микроорганизмов, но и снижает гетерогенность популяции по чувствительности к внешним воздействиям. Однако наименьшие разведения (1:125) оказывали минимальное влияние, особенно на *S. constellatus* и *P. intermedia*, где изменения точек α и β не превышали 7%, что может указывать на пороговую концентрацию для достижения значимого антимикробного эффекта.

Полученные данные имеют важное практическое значение для разработки стратегий применения Нанаргола в клинической практике. Наибольшая эффективность препарата наблюдалась против *C. albicans* и *S. aureus*, что делает его перспективным для терапии инфекций, вызванных этими патогенами. Однако различия в чувствительности между видами микроорганизмов (например, слабое подавление *P. intermedia* в разведении 1:125) подчеркивают необходимость индивидуального подбора концентраций. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение механизмов действия Нанаргола, а также его комбинаций с другими антимикробными агентами для потенцирования эффекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дозозависимый ингибирующий эффект изучаемого антисептика на основе наночастиц серебра обусловлен выраженным подавлением роста всех исследуемых микроорганизмов (*S. aureus*, *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*), причем наибольшая эффективность наблюдалась при максимальной концентрации (разведение 1:5). У *C. albicans* отмечалось снижение в ключевых точках роста α и β на 34,5 и 41,2% соответственно, а у *S. aureus* — удлинение лаг-фазы в 2,5 раза, что подтверждает антимикробную активность препарата.

Снижение варибельности роста под действием препарата показано во всех экспериментах при его добавлении, что способствовало уменьшению межквартильного размаха оптической плотности, и указывает на снижение гетерогенности микробной популяции и стабилизацию кинетики роста. Наибольшее влияние наблюдалось у *C. albicans* (IQR снизился на 42,8%) и *P. intermedia* (на 34,2%), что может свидетельствовать о подавлении адаптационных механизмов микроорганизмов.

Различия в чувствительности микроорганизмов обусловлено тем, что *C. albicans* и *S. aureus* оказались наиболее чувствительными к действию антисептика на основе наночастиц серебра, тогда как *P. intermedia* и *S. constellatus* в низких концентрациях (1:125) демонстрировали незначительные изменения кинетики роста (снижение в точках α и β менее 7%). Это

подчеркивает необходимость индивидуального подбора доз препарата в зависимости от вида возбудителя для достижения максимального терапевтического эффекта.

Поступила/Received: 18.12.2025

Принята в печать/Accepted: 06.02.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Габидулина В.Р., Цициашвили А.М., Волков А.В., Станкова Н.В., Заборовский А.В., Царев В.Н., Панин А.М., Подпорина В.В. Комплексная оценка имплантато-челюстного сегмента при различных схемах антибиотикопрофилактики. Экспериментальное исследование. — *Пародонтология*. — 2024; 2: 113—126. [eLibrary ID: 67946950](#)
2. Logan B.E., et al. Electroactive microorganisms in bioelectrochemical systems. — *Nat Rev Microbiol*. — 2019; 17 (5): 307—319. [PMID: 30846876](#)
3. van der Weijden G.A. [Use of antimicrobial agents in periodontology]. — *Ned Tijdschr Tandheelkd*. — 2019; 126 (10): 533—539 (In Dutch). [PMID: 31613283](#)
4. Авдюшкина Ю.Г. Профилактика инфекций после хирургических вмешательств в стоматологии: анализ современных протоколов и их влияние на результаты. — *Инновационная наука*. — 2024; 12—2: 137—143. [eLibrary ID: 78325952](#)
5. Хабадзе З.С., Генералова Ю.А., Шубаева В.С., Абдулкеримова С.М., Бакаев Ю.А., Морданов О.С. Заболевание пародонта — местная антисептическая терапия: проблема эффективности. Обзор литературы. — *Медицинский алфавит*. — 2021; 2: 24—37. [eLibrary ID: 45663238](#)
6. Munita J.M., Arias C.A. Mechanisms of antibiotic resistance. — *Microbiol Spectr*. — 2016; 4 (2): 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015. [PMID: 27227291](#)
7. Киракосян Л.Г., Грачев Д.И., Царев В.Н. Микробная адгезия как начальный этап формирования биопленки на конструкционных материалах зубных протезов — экспериментальный подход. — В: сб. матер. матер. I Российского конгресса по медицинской микробиологии и инфектологии. — М., 2023. — С. 114—115. [eLibrary ID: 50475598](#)
8. Gulati M., Nobile C.J. Candida albicans biofilms: development, regulation, and molecular mechanisms. — *Microbes Infect*. — 2016; 18 (5): 310—21. [PMID: 26806384](#)
9. Шулаков В.В., Лашук С.Ю., Царев В.Н., Шипкова Т.П. Прогностическая значимость антибиотикорезистентности бактерий при хроническом одонтогенном верхнечелюстном синусите. — *Успехи медицинской микологии*. — 2023; 24: 148—150. [eLibrary ID: 54045691](#)
10. Kampf G. Acquired resistance to chlorhexidine — is it time to establish an 'antiseptic stewardship' initiative? — *J Hosp Infect*. — 2016; 94 (3): 213—227. [PMID: 27671220](#)
11. Ушаков Р.В., Нуруев Н.Н., Ушакова Т.В., Карпова В.М., Арутюнян А.А., Лабазанов А.А., Царев В.Н. Комбинированная антимикробная химиотерапия (фторхинолоны и имидазолы) в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта. — *Клиническая стоматология*. — 2021; 1 (97): 60—65. [eLibrary ID: 44847630](#)
12. Liñares A., et al. Efficacy of adjunctive measures in the non-surgical treatment of peri-implantitis: A systematic review. — *J Clin Periodontol*. — 2023; 50 Suppl 26: 224—243. [PMID: 37143407](#)
13. Подпорин М.С., Царев В.Н., Ипполитов Е.В., Царева Т.В., Вишленкова В.В., Гольдман И.Л., Садчикова Е.Р. Экспериментальное обоснование разработки лекарственной формы лактоферрина с производными эмалевого матрикса для применения в пародонтологии. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 4: 74—80. [eLibrary ID: 49940618](#)
14. Балмасова И.П. и др. Микроэкология пародонта. Взаимосвязь локальных и системных эффектов. — М.: Практическая медицина, 2021. — 264 с.
15. Kao R.T., Nares S., Reynolds M.A. Periodontal regeneration — intrabony defects: a systematic review from the AAP Regeneration Workshop. — *J Periodontol*. — 2015; 86 (2 Suppl): S77—104. [PMID: 25216204](#)

REFERENCES:

1. Gabidullina V.R., Tsitsiashevili A.M., Volkov A.V., Stankova N.V., Zaborovsky A.V., Tsarev V.N., Panin A.M., Podporina V.V. Comprehensive assessment of dental implant procedures: a comparative study on different antibiotic prophylaxis regimens. *Parodontologiya*. 2024; 2: 113—126 (In Russian). [DOI: 10.33925/1683-3759-2024-889](#)
2. Logan B.E., Rossi R., Ragab A., Saikaly P.E. Electroactive microorganisms in bioelectrochemical systems. *Nat Rev Microbiol*. 2019; 17 (5): 307—319. [PMID: 30846876](#)
3. van der Weijden G.A. [Use of antimicrobial agents in periodontology]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. 2019; 126 (10): 533—539 (In Dutch). [PMID: 31613283](#)
4. Avdiushkina I.U. Prevention of infections following surgical interventions in dentistry: analysis of current protocols and their impact on outcomes. *Innovation Science*. 2024; 12—2: 137—143 (In Russian). [eLibrary ID: 78325952](#)
5. Khabadze Z.S., Generalova Y.A., Shubaeva V.S., Abdulkirimova S.M., Bakayev Y.A., Mordanov O.S. Periodontal disease local antiseptic therapy: problem of efficiency. Literature review. *Medical alphabet*. 2021; 2: 24—37 (In Russian). [eLibrary ID: 45663238](#)
6. Munita J.M., Arias C.A. Mechanisms of antibiotic resistance. *Microbiol Spectr*. 2016; 4 (2): 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015. [PMID: 27227291](#)
7. Kirakosyan L.G., Grachev D.I., Tsarev V.N. Microbial adhesion as the initial stage of biofilm formation on dental prosthesis structural materials: an experimental approach. In: proceedings of the First Russian Congress on Medical Microbiology and Infectious Diseases. Moscow, 2023. Pp. 114—115 (In Russian). [eLibrary ID: 50475598](#)
8. Gulati M., Nobile C.J. Candida albicans biofilms: development, regulation, and molecular mechanisms. *Microbes Infect*. 2016; 18 (5): 310—21. [PMID: 26806384](#)
9. Shulakov V.V., Lashchuk S.Yu., Tsarev V.N., Shipkova T.P. Prognostic significance of bacteria antibiotic resistance in chronic odontogenic maxillary sinusitis. *Advances in Medical Mycology*. 2023; 24: 148—150 (In Russian). [eLibrary ID: 54045691](#)
10. Kampf G. Acquired resistance to chlorhexidine is it time to establish an 'antiseptic stewardship' initiative? *J Hosp Infect*. 2016; 94 (3): 213—227. [PMID: 27671220](#)
11. Ushakov R.V., Nuruev N.N., Ushakova T.V., Karpova V.M., Arutyunyan A.A., Labazanov A.A., Tsarev V.N. Combined antimicrobial chemotherapy (fluoroquinolones and imidazoles) in the complex treatment of inflammatory diseases of the periodontal. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2021; 1 (97): 60—65. [DOI: 10.37988/1811-153X_2021_1_60](#)
12. Liñares A., et al. Efficacy of adjunctive measures in the non-surgical treatment of peri-implantitis: A systematic review. *J Clin Periodontol*. 2023; 50 Suppl 26: 224—243. [PMID: 37143407](#)
13. Podporin M.S., Tsarev V.N., Ippolitov E.V., Tsareva T.V., Vishlenkova V.V., Goldman I.L., Sadchikova E.R. Experimental substantiation of the development of the dosage form of lactoferrin with enamel matrix derivatives for use in periodontology. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 4: 74—80 (In Russian). [DOI: 10.37988/1811-153X_2022_4_74](#)
14. Balmasova I.P., et al. Microecology of the Periodontium: The Interrelation of Local and Systemic Effects. Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2021. 264 p. (In Russian).
15. Kao R.T., Nares S., Reynolds M.A. Periodontal regeneration intrabony defects: a systematic review from the AAP Regeneration Workshop. *J Periodontol*. 2015; 86 (2 Suppl): S77—104. [PMID: 25216204](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_142

А.Д. Смирнов¹,
стоматолог-хирург
[Р.А. Жидков](#)²,
стоматолог-хирург
Д.А. Восканян³,
стоматолог-хирург
А.П. Волошина²,
стоматолог-хирург
А.Ю. Зудилин²,
ортодонт, зав. детским стоматологическим
отделением

¹ Центр высшего профессионального образования в области стоматологии «Escuela Esprohident», 11402, Херес-де-ла-Фронтера, Испания

² Морозовская детская городская клиническая больница, 119049, Москва, Россия

³ Стоматологическая клиника «РИО-Стом», 107014, Москва, Россия

Клинико-рентгенологические результаты коронэктомии третьих моляров, прилегающих к нижнечелюстному каналу: серия клинических случаев

Аннотация. Представлен способ проведения коронэктомии как неполного удаления третьих нижних моляров нижней челюсти. Описываемая методика основана на профилактике повреждения структур нижнечелюстного канала в случаях их тесного взаиморасположения с зубом, а также она способствует уменьшению времени вмешательства и его инвазивности. На трех клинических случаях продемонстрированы особенности послеоперационного периода и рентгенологическая картина при данном способе хирургического лечения.

Результаты. Из 22 проведенных операций коронэктомии третьих моляров нижней челюсти ни в одном случае признаков повреждения нижнего альвеолярного нерва не отмечено. Признаков расхождения краев раны, пульпита, развития инфекционно-воспалительного процесса в послеоперационной области у всех пациентов, связанного с операцией коронэктомией, не выявлено. В одном случае (5%) проведено повторное вмешательство — удаление корней вследствие их прорезывания в полость рта.

Ключевые слова: третьи моляры, конусно-лучевая компьютерная томография, парестезия, коронэктомия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Смирнов А.Д., Жидков Р.А., Восканян Д.А., Волошина А.П., Зудилин А.Ю. Клинико-рентгенологические результаты коронэктомии третьих моляров, прилегающих к нижнечелюстному каналу: серия клинических случаев. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 142—152.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_142

[A.D. Smirnov](#)¹,
dental surgeon
[R.A. Zhidkov](#)²,
dental surgeon
[D.A. Voskanyan](#)³,
dental surgeon
[A.P. Voloshina](#)²,
dental surgeon
[A.Y. Zudilin](#)²,
orthodontist, head of the pediatric dental
ward

¹ Center for advanced vocational studies in dentistry “Escuela Esprohident”, 11402, Jerez de la Frontera, Spain

² Morozov Children’s Hospital, 119049, Moscow, Russia

³ “RioStom” dental clinic, 107014, Moscow, Russia

Clinical and radiological results of coronectomy of the third molars adjacent to the mandibular canal: case series

Annotation. A method of performing a coronectomy is presented as an incomplete extraction of the third lower molars. The described technique is based on the prevention of damage to the structures of the mandibular canal in cases of their close interposition with the tooth, and also helps to reduce the time of intervention and its invasiveness. In 3 clinical cases, the features of the postoperative period and the X-ray picture of this surgical treatment method were demonstrated. **Results.** Of the 22 coronectomy operations performed on the lower third molars, none showed signs of damage to the inferior alveolar nerve. There were no signs of wound dehiscence, pulpitis, or the development of an infectious and inflammatory process in the postoperative area in all patients associated with coronectomy surgery. In one case (5%), repeated intervention was performed — extraction of the roots due to their eruption into the oral cavity.

Key words: third molar removal, cone-beam computed tomography, nerve paresthesia, coronectomy

FOR CITATION:

Smirnov A.D., Zhidkov R.A., Voskanyan D.A., Voloshina A.P., Zudilin A.Y. Clinical and radiological results of coronectomy of the third molars adjacent to the mandibular canal: case series. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 142—152 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_142

ВВЕДЕНИЕ

Удаление третьих моляров нижней челюсти — одна из самых распространенных стоматологических хирургических операций [1]. Помимо хирургических

показаний к удалению в виде периодонтита, перикоронита и периостита, в настоящее время также часто интактные и бессимптомные третьи моляры удаляют в качестве подготовки перед ортодонтическим лечением, а также для предотвращения патологического

перемещения зубов нижнего зубного ряда и скученности зубов во фронтальном отделе. Кроме того, при наличии мезиального наклона коронки третьего моляра существует риск повреждения соседнего зуба, а именно образования кариеса коронки или корня зуба или патологической резорбции структур зуба [2, 3].

Совокупность анатомических факторов, а именно наименьшее среди всех зубов расстояние от края альвеолярной дуги до канала нижней челюсти в области зубов 3.8 и 4.8 [4], а также наиболее частая ретенция и дистопия данной группы зубов [5], приводит к интимному взаиморасположению третьего моляра с нижним альвеолярным нервом (НАН). Удаление таких зубов сопряжено с дополнительным риском осложнений в виде травмы НАН, сопровождающейся парестезией. По данным литературы, подобное осложнение встречается у 0,35–8,4% пациентов [6, 7] а в среднем — в 2,9% случаев [8]. Продолжительность парестезии может значительно варьироваться — от нескольких дней до нескольких месяцев.

Повреждения нервов разделяется на три основные категории: нейропраксия, аксонотмезис и нейротмезис. Нейропраксия является наиболее легкой формой и часто является результатом тупой травмы или давления. При нейропраксии спонтанное выздоровление имеет тенденцию происходить быстро. Аксонотмезис часто является результатом размозжения. Восстановление может занять от полугода до года, но в зависимости от характера и тяжести травмы может привести к необратимой дисфункции. Нейротмезис — это полное разрывание нерва, и для достижения значительного выздоровления потребуются микрохирургическое восстановление [9].

Зона парестезии может охватывать как небольшой участок кожи или слизистой оболочки полости рта, соответствующий области иннервации НАН, так и всю эту область, что приводит к дискомфорту пациента, нарушению речи, сложности приема пищи и жидкости, повышенному риску острой и хронической травмы слизистой оболочки полости рта [10]. Несмотря на то что распространенность травматизации НАН среди других возможных осложнений удаления третьего моляра нижней челюсти невелика, она значительно влияет на качество жизни пациента, а ее лечение затруднено, так как не существует однозначного протокола лечения [11–13] и, соответственно, практикующим врачам — стоматологам-хирургам следует избегать возникновения данного ятрогенного осложнения.

Учитывая вышесказанное, на первое место выходит тщательная диагностика каждого клинического случая удаления третьего моляра с использованием современных методов исследования, а также применение в клинической практике хирургических протоколов, позволяющих, с одной стороны, решить поставленную задачу, а с другой — избежать травматизации НАН.

Отечественные и зарубежные авторы отмечают 7 признаков, по которым на ортопантограмме можно предположить высокий риск повреждения НАН при удалении такого зуба [14, 15]:

1) наличие апикальной тени в области верхушки корня, затемнение костной ткани в области корня зуба (из-за снижения плотности кости);

- 2) отклонение/наклон корней зуба (резкий изгиб корня вблизи нижнечелюстного канала);
- 3) сужение корней зубов в месте пересечения нижнечелюстного канала;
- 4) сдвоенные вершины корней, на которые воздействует нижнечелюстной канал;
- 5) разрыв стенки нижнечелюстного канала (прерывание белой линии);
- 6) диверсия нижнечелюстного канала (изменение направления канала в области корней третьих моляров);
- 7) сужение нижнечелюстного канала (уменьшение диаметра нижнечелюстного канала в местах пересечения его верхушками корней третьих моляров).

В настоящее время «золотым стандартом» диагностики является конусно-лучевая компьютерная томограмма (КЛКТ), позволяющая провести визуализацию НАН и получить максимум информации об анатомии и ходе канала нижней челюсти, а также о его взаиморасположении с корнями зубов нижней челюсти в трехмерном пространстве [16].

Тем не менее тщательная рентгенологическая диагностика каждого клинического случая лишь помогает оценить риски возникновения осложнений при удалении зуба, чтобы иметь возможность предупредить пациента, но не позволяет их избежать, особенно когда врач, зная о высоких рисках, идет на полное удаление третьего моляра. Помимо этого, распространена ситуация, когда на основании рентгенологических данных о взаиморасположении корней третьего моляра и НАН пациенту могут отказать в амбулаторном лечении и направить в стационар челюстно-лицевой хирургии, обосновав отказ повышенной сложностью операции и возможными осложнениями, связанными с травматизацией НАН. Однако протокол полного удаления зуба в условиях стационара не отличается от хирургического лечения в амбулаторных условиях, и подобное вмешательство также сопряжено с аналогичными рисками осложнений.

Одним из способов, позволяющих избежать травматизации НАН, является коронэктомия [17]. Согласно данному методу лечения удаляют только коронковую часть зуба, покрытую эмалью, а корень зуба оставляют в костной ткани челюсти. Зуб, подлежащий коронэктомии, должен быть витальный: интактный или с признаками кариозной полости, не сообщающейся с полостью зуба, без признаков патологических изменений в пародонте [18].

Отечественных научных работ по данной методике с отдаленными клиническими результатами крайне мало, а осведомленность докторов, в том числе с большим опытом работы, низкая [19]. В отечественной профессиональной сфере на данный момент коронэктомия относится к разряду спорных хирургических вмешательств. Остаются нерешенными вопросы, касающиеся хирургического протокола операции, необходимости проведения эндодонтического лечения оставленных корней, особенностей раннего и позднего послеоперационных периодов, а также тот факт, что оставленные фрагменты корня/корней могут быть потенциальным источником инфекции. В частности, любые воспалительные

одонтогенные процессы на стороне с ранее проведенной коронэктомией клинически могут быть ассоциированы с оставленным корнем, даже если он не является источником инфекции, что затрудняет диагностику, а юридически врач, проводивший неполное удаление зуба, становится ответственным за любые возможные воспалительные осложнения этой области, что повышает необходимость проведения большего количества исследований.

Цель статьи — продемонстрировать клиническую эффективность коронэктомии третьих моляров нижней челюсти при высоком риске травматизации нижнего альвеолярного нерва.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторами суммарно было проведено 22 операции коронэктомии третьих моляров нижней челюсти у 21 взрослого пациента в возрасте 18—42 лет со сроком наблюдения до 2,5 лет. При планировании удаления витального третьего моляра нижней челюсти у всех пациентов на КЛКТ были выявлены рентгенологические признаки контакта корней зуба с каналом нижней челюсти, а признаки пульпита или периодонтита отсутствовали.

При выборе тактики лечения с пациентами обсуждали как полное удаление зуба в качестве основного метода лечения, так и коронэктомию. Пациентам подробно описывали положительные и отрицательные стороны предлагаемых способов лечения, описывали возможные осложнения, ход операции, а также оценивали вероятность повторного визита в случае коронарной миграции корней, прорезывания корней в полость рта или воспаление в области корней зуба с ранее проведенной коронэктомией.

При выборе лечения в виде коронэктомии пациентам проводили КЛКТ-исследование до и после операции, через 3—4 месяца и далее каждые 6 месяцев. При

анализе КЛКТ получали изображения срезов в сагиттальной и фронтальной плоскости. Для оценки прорезывания корней третьего моляра на сагиттальном срезе измеряли минимальное расстояние от корней зуба, которому была проведена коронэктомия, до зоны цемента-эмалевого соединения (ЦЭС) соседнего мезиального зуба. В графическом редакторе для лучшей визуализации выделяли границы НАН и корней зубов для оценки их взаиморасположения.

Контрольные осмотры проводили через 7—10 дней, 3—4 и 6 месяцев после операции и далее каждые 6 месяцев.

Протокол хирургического вмешательства

После антисептической обработки полости рта хлоргексидином (0,05%) в виде ротовых ванночек в течение 1 минуты (рис. 1А) приступали к местной анестезии. На операционную область наносили гель бензокаина, выполняли проводниковую мандибулярную анестезию с аспирационной пробой и инфильтрационную анестезию (4%-ный раствор артикаина с 1:200 000 адреналина суммарным объемом до 3,4 мл) по переходной складке в области третьего моляра с вестибулярной стороны.

В ретромолярной области выполняли горизонтальный разрез с дистальным вертикальным разрезом, направленным к переходной складке и вестибулярный внутрибороздочный разрез в области второго моляра с вертикальным послабляющим разрезом в области мезиального края коронки второго моляра, отслаивали полнослойный лоскут. После отслаивания выполняли остеотомию костной ткани с помощью прямого хирургического наконечника и твердосплавного бора с наружным охлаждением физраствором для формирования хирургического доступа и визуализации коронковой части зуба (рис. 1В). С помощью повышающего наконечника с алмазным бором высокой степени абразивности и при наружном охлаждении физраствором удаляли

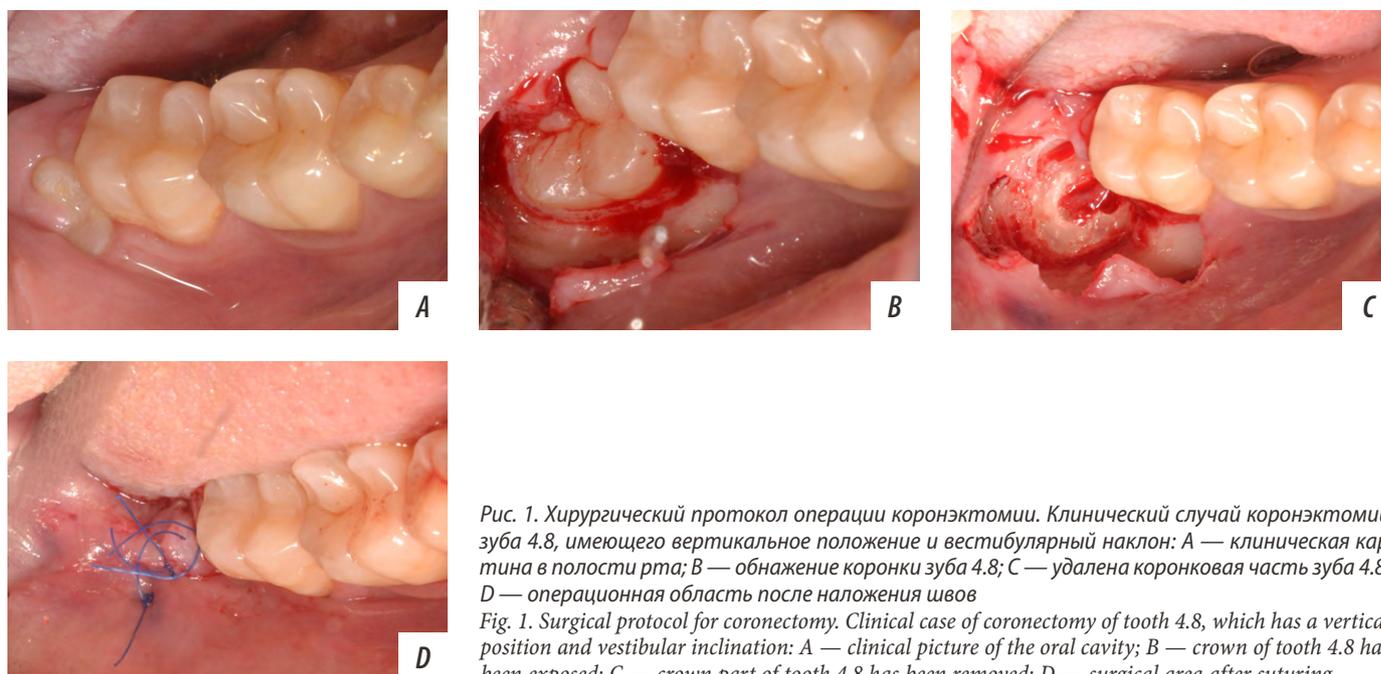


Рис. 1. Хирургический протокол операции коронэктомии. Клинический случай коронэктомии зуба 4.8, имеющего вертикальное положение и вестибулярный наклон: А — клиническая картина в полости рта; В — обнажение коронки зуба 4.8; С — удалена коронковая часть зуба 4.8; D — операционная область после наложения швов

Fig. 1. Surgical protocol for coronectomy of tooth 4.8, which has a vertical position and vestibular inclination: A — clinical picture of the oral cavity; B — crown of tooth 4.8 has been exposed; C — crown part of tooth 4.8 has been removed; D — surgical area after suturing

коронковую часть зуба как минимум до уровня ЦЭС (рис. 1С).

На данном этапе коронэктомии врачам следует уделять особое внимание дистальной и дистально-язычной части зуба, так как при глубоком залегании зуба эти зоны остаются самыми труднодоступными. Граница препарирования по периметру зуба располагается на уровне или ниже уровня костной ткани для последующей возможности сведения краев раны и минимизации последующего прорезывания оставшегося фрагмента зуба. Следует по возможности полностью отделять коронковую часть зуба с помощью бора, но в случаях высокого риска травматизации мягких тканей, в том числе язычного нерва и НАН, а также соседнего второго моляра следует оставлять примерно 1 мм тканей коронки зуба нетронутыми и отламывать коронку легким вращательным движением элеватора без чрезмерного усилия. После удаления коронковой части зуба не проводили ни эндодонтическое лечение, ни препарирование каналов зуба, ни экстирпацию пульпы оставшихся корней.

После удаления коронковой части зуба рану обрабатывали хлоргексидином и осуществляли гемостаз методом тампонады стерильным марлевым тампоном. Проводили контрольную внутриротовую периапикальную рентгенографию операционной зоны для рентгенологического контроля наличия участков эмали. После завершения препарирования остатки пульпы и дебриса вымывали хлоргексидином (0,05%), кюретаж лунки проводили только в коронковой части лунки. Выполняли повторный гемостаз раны, лоскут укладывали на место. При необходимости проводили мобилизацию вестибулярного лоскута для ушивания раны наглухо. Лоскут фиксировали монофиламентным нерезорбируемым шовным материалом простыми узловыми швами (рис. 1D).

После операции всем пациентам назначали щадящую диету, орошение полости рта хлоргексидином (0,05%) трижды в день в течение 7 дней, начиная со следующего дня после операции. С учетом анамнеза назначали антибиотикотерапию (500 мг амоксицилина со 125 мг клавулановой кислоты) каждые 8 часов в течение 5 дней. При болях рекомендовали прием НПВС каждые 4–6 часов в соответствии с рекомендацией производителя. Уход за полостью рта предписывали в виде чистки зубов 2 раза в день мягкой зубной щеткой и пастой, избегая зоны вмешательства в течение 7 дней.

Повторный плановый осмотр для снятия швов проводили на 7–10-й день.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из 22 проведенных операций коронэктомии третьих моляров нижней челюсти ни в одном случае признаков повреждения НАН не отмечено. Признаков расхождения краев раны, пульпита, развития инфекционно-воспалительного процесса в послеоперационной области у всех пациентов, связанного с операцией коронэктомией, не выявлено. В одном случае (4,5%) проведено повторное вмешательство — удаление корней вследствие их прорезывания в полость рта. Продолжается

дальнейшее наблюдение за пациентами, включенными в данное исследование.

Возможности методики будут далее продемонстрированы на трех клинических случаях.

Клинический случай 1

Пациентка Т., 25 лет, обратилась с жалобами на затрудненное прорезывание зуба, периодические болевые ощущения в области нижней челюсти справа.

В полости рта зуб 4.8 прорезан мезиальными буграми, имеет вертикальное положение, вестибулярный наклон. Окружающая слизистая без признаков воспаления, пальпация безболезненная (см. рис. 1А). На КЛКТ зуб имеет признаки вертикального положения, вестибулярного наклона, признаки проникновения корней зуба в канал нижней челюсти и прерывания его кортикальной пластинки, что соответствует высокому риску травматизации НАН в случае полного удаления зуба 4.8 (рис. 2).

Принято решение о коронэктомии зуба 4.8, которую провели в соответствии с вышеописанной методикой (см. рис. 1).

Сразу после операции на периапикальной рентгенограмме определяются признаки удаленной коронки зуба 4.8, положение корней зуба не изменено. Корональная граница оставленных корней находится ниже/на уровне с окружающей кристалльной костной тканью (рис. 3).



Рис. 2. Клинический случай 1, КЛКТ области зуба 4.8 до операции: А — 3D-реформат; В — фронтальный срез; С — сагиттальный срез. Розовым цветом выделены границы канала нижней челюсти, голубым — границы корня зуба

Fig. 2. Clinical case 1, CBCT of tooth 4.8 before surgery: A — 3D reformat; B — frontal section; C — sagittal section. The boundaries of the mandibular canal are highlighted in pink and the boundaries of the tooth root are highlighted in blue



Рис. 3. Клинический случай 1, интраоперационная периапикальная рентгенограмма зуба 4.8
Fig. 3. Clinical case 1, intraoperative periapical radiogram of tooth 4.8



Рис. 4. Клинический случай 1, картина через 7 дней после операции и удаления швов
Fig. 4. Clinical case 1, picture 7 days after surgery and sutures removal

Послеоперационный период протекал без особенностей. Через 7 дней проведен осмотр, снятие швов. Пациентка предъявляла жалобы на слабую боль в послеоперационной области. В полости рта: послеоперационная область в стадии эпителизации, пальпация безболезненная, швы ослаблены, отделяемое из раны серозное (рис. 4).

На контрольном осмотре через 3 месяца после операции в полости рта окружающая слизистая без признаков воспаления, пальпация безболезненная, признаков прорезывания корней зуба 4.8 нет. По данным КЛКТ обнаружены признаки прорезывания корней зуба 4.8

и изменение взаиморасположения верхушек корней зуба и канала нижней челюсти. Отмечено минимальное расстояние от корней зуба 4.8 до линии ЦЭС зуба 4.7 (рис. 5). Несмотря на небольшой участок эмали, обнаруженный в дистальном отделе корня зуба, на общую клинико-рентгенологическую картину это не оказало влияния.

Через 1,5 года после коронэктомии клиническая картина аналогична той, которая была через 3 месяца. На КЛКТ отмечаются признаки продолжающегося прорезывания корней зуба 4.8. Признаков патологических изменений костной ткани не обнаружено (рис. 6).

Клинический случай 2

Пациентка Д., 27 лет, была направлена на удаление зуба 3.8 перед ортодонтическим лечением.

Зуб 3.8 в полости рта не визуализируется, окружающая слизистая без признаков воспаления, пальпация безболезненная. На КЛКТ зуб 3.8 имеет признаки вертикального положения, признаки обхватывания корнями зуба канала нижней челюсти, что соответствует высокому риску травматизации НАН в случае полного удаления зуба. Было принято решение о проведении коронэктомии зуба 3.8.

Сразу после коронэктомии на КЛКТ определяются признаки удаленной коронки зуба 3.8, положение

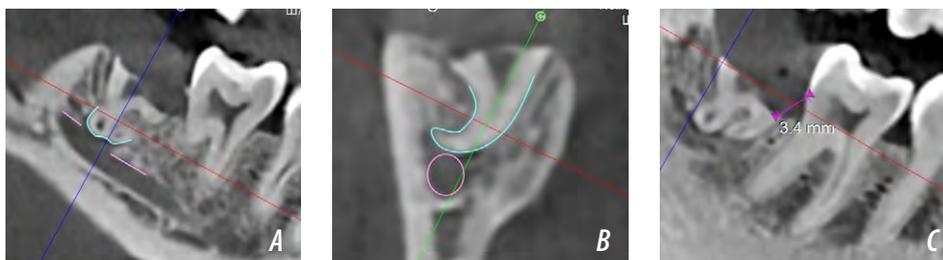


Рис. 5. Клинический случай 1, КЛКТ области зуба 4.8 через 3 месяца после коронэктомии: А — сагиттальный срез; В — фронтальный срез; С — расстояние 3,4 мм от границы корня зуба до ЦЭС зуба 4.7. Розовым цветом выделены границы канала нижней челюсти, голубым — границы корня зуба
Fig. 5. Clinical case 1, CBCT of tooth 4.8 three months after coronectomy: A — sagittal section; B — frontal section; C — distance of 3.4 mm from the root border to the CEJ of the crown of tooth 4.7. The borders of the mandibular canal are highlighted in pink, and the borders of the tooth root are highlighted in blue

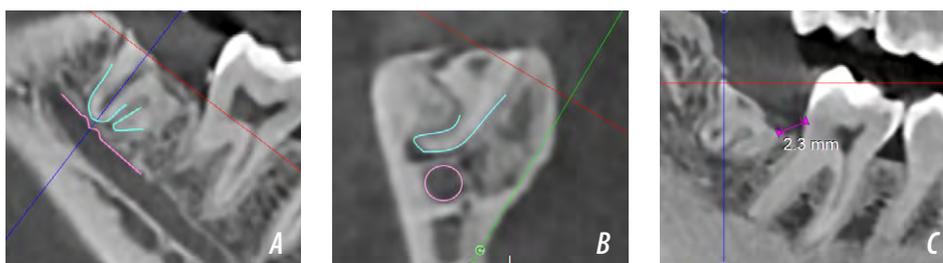


Рис. 6. Клинический случай 1, КЛКТ области зуба 4.8 через 1,5 года после коронэктомии: А — сагиттальный срез; В — фронтальный срез; С — расстояние 2,3 мм от границы корня зуба до ЦЭС зуба 4.7. Розовым цветом выделены границы канала нижней челюсти, голубым — границы корня зуба
Fig. 6. Clinical case 1, CBCT of tooth 4.8 1.5 years after coronectomy: A — sagittal section; B — frontal section; C — distance of 2.3 mm from the root border to the CEJ of the tooth 4.7. The borders of the lower jaw canal are highlighted in pink, and the borders of the tooth root are highlighted in blue

корней зуба не изменено. Корональная граница оставленных корней находится ниже окружающей крестальной костной ткани. Обнаружен участок эмали в дистальной части зуба, который был сразу иссечен. Проведено измерение минимального расстояния от границы коронэктомии до ЦЭС зуба 3.7 (рис. 7).

Послеоперационный период протекал без особенностей. Через 7 дней пациентка предъявляла жалобы на слабую боль в послеоперационной области при приеме горячей или холодной пищи. При осмотре: послеоперационная область в стадии эпителизации, пальпация безболезненная, швы ослаблены. Сняты швы.

На контрольном осмотре через 10 месяцев слизистая ретромолярной области без видимых патологических изменений, пальпация безболезненная, признаков прорезывания корней зуба 3.8 через слизистую оболочку не обнаружено. Пациентка находится на этапе ортодонтического лечения. На контрольной КЛКТ видны признаки прорезывания корней зуба 3.8, признаки формирования нативной костной ткани корональнее корней зуба 3.8, признаков патологических изменений костной ткани не обнаружено (рис. 8).

На контрольном осмотре через 2 года после коронэктомии послеоперационная область без видимых патологических изменений, пальпация безболезненная, признаков прорезывания корней зуба 3.8 через слизистую оболочку не обнаружено. На контрольной КЛКТ видны признаки продолжающегося прорезывания корней зуба 3.8, признаков патологических изменений костной ткани не обнаружено (рис. 9).

Клинический случай 3

Пациент, Д. 26 лет, направлен на удаление зуба 4.8 перед ортодонтическим лечением.

Зуб 4.8 в полости рта не визуализируется, окружающая слизистая без признаков воспаления безболезненная. На КЛКТ зуб имеет признаки мезиального наклона, признаки «обхватывания» корнями зуба канала нижней челюсти, что соответствует высокому риску травматизации НАН в случае полного удаления зуба 4.8 (рис. 10). Принято решение о проведении коронэктомии.

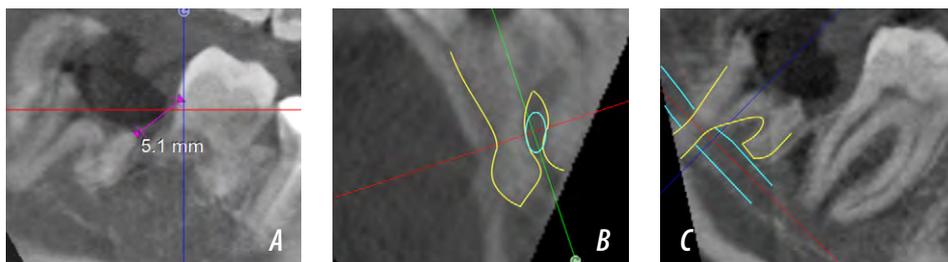


Рис. 7. Клинический случай 2, КЛКТ области зуба 3.8 сразу после коронэктомии: А — фронтальный срез; В — сагиттальный срез; С — расстояние 5,1 мм от границы корня зуба до ЦЭС зуба 3.7. Желтым выделены границы корней зуба 3.8, голубым — цветом границы канала нижней челюсти

Fig. 7. Clinical case 2, CBCT of tooth 3.8 immediately after coronectomy: A — frontal section; B — sagittal section; C — distance of 5.1 mm from the root border to the CEJ of the crown of tooth 3.7. The borders of the roots of tooth 3.8 are highlighted in yellow, and the borders of the mandibular canal are highlighted in blue

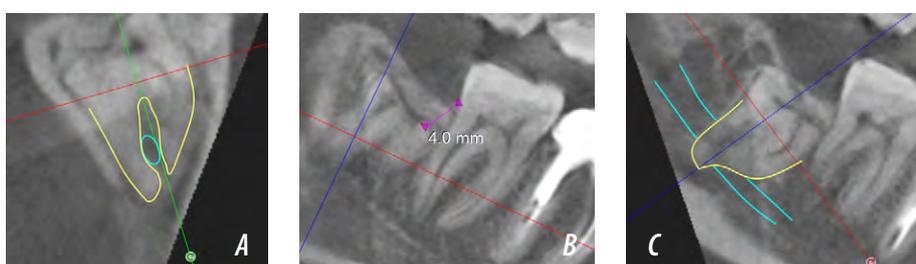


Рис. 8. Клинический случай 2, КЛКТ области зуба 3.8 через 10 месяцев после коронэктомии: А — фронтальный срез; В — сагиттальный срез; С — расстояние 4,0 мм от границы корня зуба до ЦЭС зуба 3.7. Желтым выделены границы корней зуба 3.8, голубым — границы канала нижней челюсти

Fig. 8. Clinical case 2, CBCT of tooth 3.8 10 months after coronectomy: A — frontal section; B — sagittal section; C — distance of 4.0 mm from the root border to the CEJ of the crown of tooth 3.7. The borders of the roots of tooth 3.8 are highlighted in yellow, and the borders of the mandibular canal are highlighted in blue

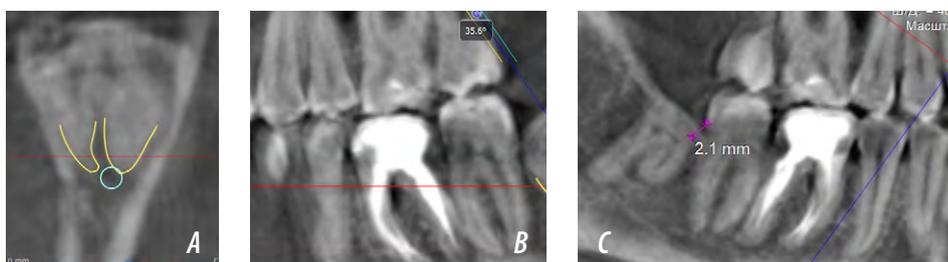


Рис. 9. Клинический случай 2, КЛКТ области зуба 3.8 через 2 года после коронэктомии: А — фронтальный срез; В — сагиттальный срез; С — расстояние 2,0 мм от границы корня зуба до ЦЭС зуба 3.7. Желтым цветом выделены границы корня зуба, голубым — границы канала нижней челюсти

Fig. 9. Clinical case 2, CBCT of tooth 3.8 two years after coronectomy: A — frontal section; B — sagittal section; C — distance of 2.0 mm from the root border to the CEJ of the crown of tooth 3.7. The root borders are highlighted in yellow, and the borders of the mandibular canal are highlighted in blue

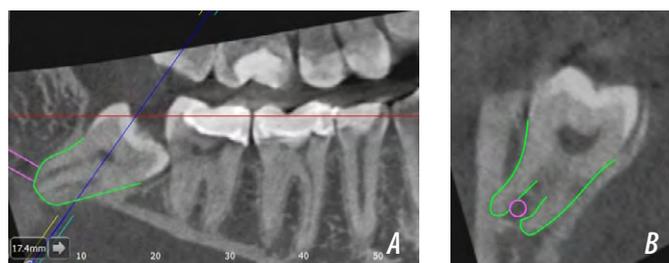


Рис. 10. Клинический случай 3, КЛКТ области зуба 4.8 до операции: А — сагиттальный срез; В — фронтальный срез. Зеленым обозначены границы корня зуба, розовым — границы канала нижней челюсти

Fig. 10. Clinical case 3, CBCT of tooth 4.8 before surgery: A — sagittal section; B — frontal section. The boundaries of the tooth root are marked in green, and the boundaries of the mandibular canal are marked in pink

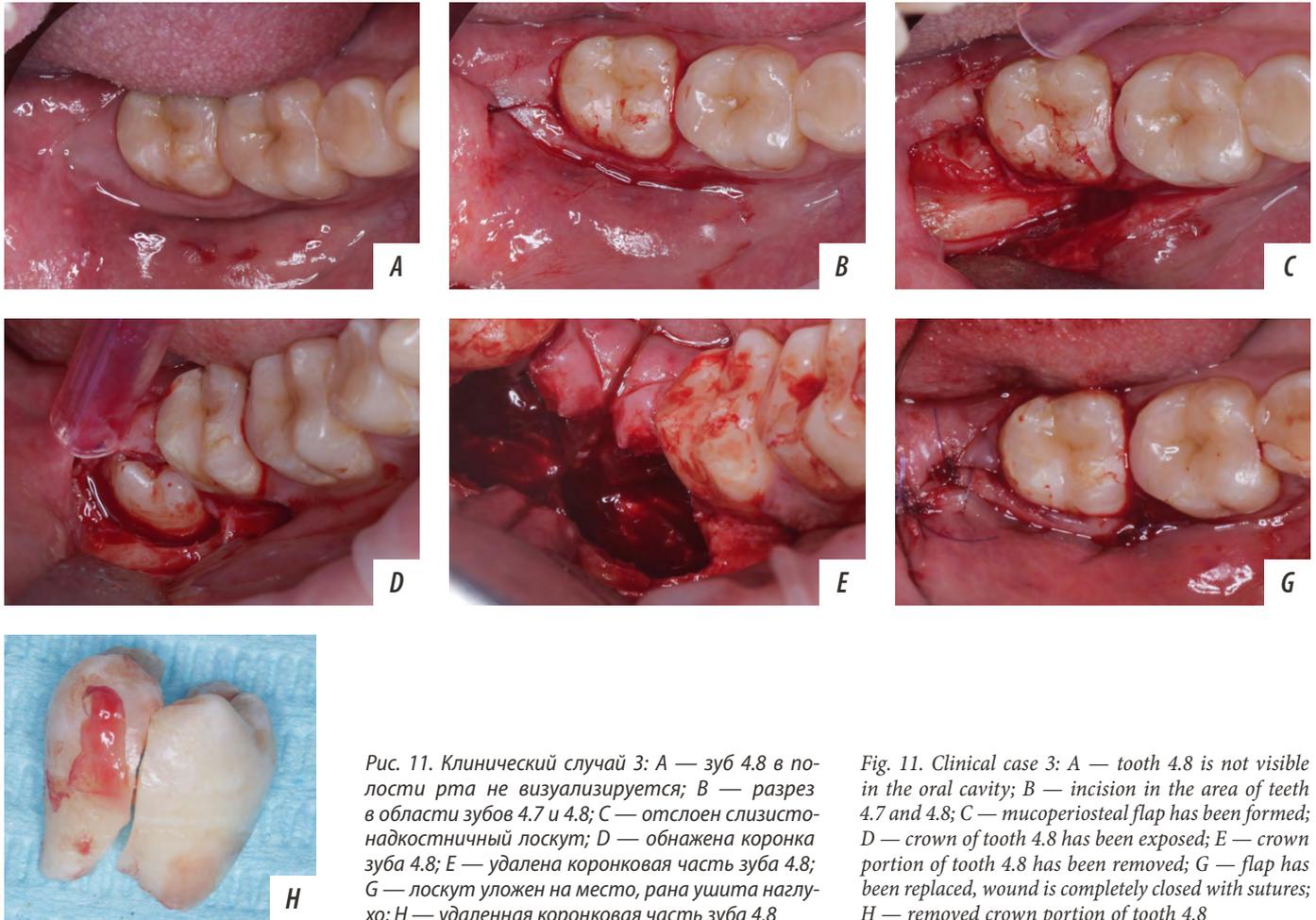


Рис. 11. Клинический случай 3: А — зуб 4.8 в полости рта не визуализируется; В — разрез в области зубов 4.7 и 4.8; С — отслоен слизисто-надкостничный лоскут; D — обнажена коронка зуба 4.8; E — удалена коронковая часть зуба 4.8; G — лоскут уложен на место, рана ушита наглухо; H — удаленная коронковая часть зуба 4.8

Fig. 11. Clinical case 3: A — tooth 4.8 is not visible in the oral cavity; B — incision in the area of teeth 4.7 and 4.8; C — mucoperiosteal flap has been formed; D — crown of tooth 4.8 has been exposed; E — crown portion of tooth 4.8 has been removed; G — flap has been replaced, wound is completely closed with sutures; H — removed crown portion of tooth 4.8



Рис. 12. Клинический случай 3, КЛКТ области зуба 4.8 после операции: расстояние 7,6 мм от границы корня зуба 4.8 до ЦЭС зуба 4.7
Fig. 12. Clinical case 3, CBCT of tooth 4.8 after surgery: distance of 7.6 mm from the root border of tooth 4.8 to the CEJ of tooth 4.7

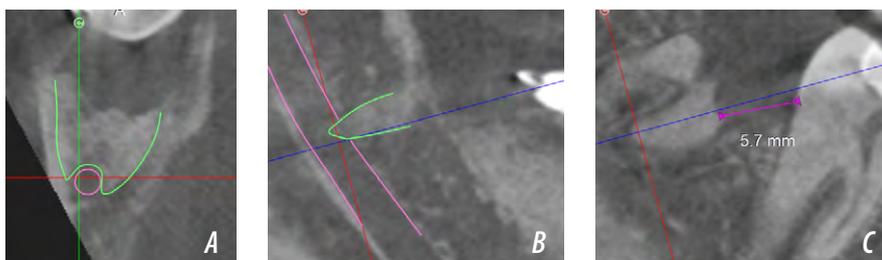


Рис. 13. Клинический случай 3, КЛКТ области зуба 4.8 через 4 месяца после коронэктомии: А — фронтальный срез; В — сагиттальный срез; С — расстояние 5,7 мм от границы корня зуба 4.8 до ЦЭС зуба 4.7. Зеленым выделены границы корней зуба 4.8, розовым — границы канала нижней челюсти
Fig. 13. Clinical case 3, CBCT of tooth 4.8 four months after coronectomy: A — frontal section; B — sagittal section; C — distance of 5.7 mm from the root border of tooth 4.8 to the CEJ of the pulp chamber of tooth 4.7. The borders of the roots of tooth 4.8 are highlighted in green, and the borders of the mandibular canal are highlighted in pink

Хирургический протокол выполнен в соответствии с вышеописанной методикой (рис. 11). Проведена послеоперационная КЛКТ для контроля качества коронэктомии, также измерили минимальное расстояние от корней зуба 4.8 до ЦЭС зуба 4.7 (рис. 12).

Послеоперационный период протекал без особенностей. Через 7 дней проведен осмотр, снятие швов. Пациент жалоб не предъявлял. Послеоперационная область в стадии эпителизации, пальпация безболезненная, швы ослаблены. Проведено снятие швов.

На контрольном осмотре через 4 месяца после коронэктомии слизистая ретромолярной области без видимых патологических изменений, пальпация безболезненная, признаков прорезывания корней зуба 4.8 через слизистую оболочку не обнаружено. Пациент находится на этапе ортодонтического лечения. На контрольной КЛКТ признаки прорезывания корней зуба 4.8, признаков патологических изменений костной ткани не обнаружено, измерили минимальное расстояние от корней зуба 4.8 до ЦЭС зуба 4.7 (рис. 13).

На контрольном осмотре через 1 год после коронэктомии слизистая ретромолярной области без видимых патологических изменений,

пальпация безболезненная, признаков прорезывания корней зуба 4.8 через слизистую оболочку не обнаружено. На контрольной КЛКТ признаки продолжающегося прорезывания корней зуба 4.8, признаков патологических изменений костной ткани не обнаружено (рис. 14).

ОБСУЖДЕНИЕ

Успех операции коронэктомии не является случайным, он имеет под собой фундамент биологических принципов ранее доказанных авторами научных работ. Так, например, при гистологическом и биохимическом исследовании состава и структуры дентина, цемента и костной ткани были выявлены сходства [20, 21], что позволяет этим структурам срастаться друг с другом, например при анкилозе зубов, а также дентину замещаться костной тканью, например при заместительной резорбции без развития воспалительных реакций [22, 23]. А также этот факт имеет большое прикладное значение: так дентинные блоки или дентинный аутографт используется в качестве костнопластического материала для замещения дефектов костной ткани с хорошими клиническими и морфологическими результатами [24, 25]. Поэтому нахождение интактных корней в костной ткани в подавляющем большинстве ситуаций не вызывает реактивного ответа со стороны организма.

Эмаль — отличная от дентина структура требует по возможности полного удаления из операционной области, так как она не может замещаться костной тканью, к ней не формируется прикрепления волокон периодонта как, к цементу корня. Так, например, при формировании дентинных аутоблоков или изготовления дентинного аутографта, коронковая часть зуба с эмалью удаляется [26–28].

Корни зуба, оставшиеся в лунке после коронэктомии, не требуют эндодонтического лечения. Показано, что проведение эндодонтического лечения снижает успех коронэктомии [29]. Предположительно, в поверхностных участках корневой пульпы на границе зоны коронэктомии возникает асептическое воспаление вследствие ожога от вращающихся алмазных инструментов с последующей ревазуляризацией пульпы за счет формирования кровяного сгустка в лунке, а также сохранения сосудисто-нервного пучка в апикальной части зуба. Данное явление имеет те же биологические принципы и аналогично клинической ситуации, когда проводится апиэктомия зуба-донора при проведении аутотрансплантации зуба со сформированной верхушкой корня зуба для сохранения витальности зуба в реципиентной зоне [30]. Гистологическое исследование корней зубов при неудачных операциях коронэктомии показало наличие в таких корнях признаков витальности тканей пульпы, а также отсутствие признаков перирадикулярного воспаления [31].

В то же время нельзя сказать, что операция коронэктомии не лишена возможных осложнений. Риски

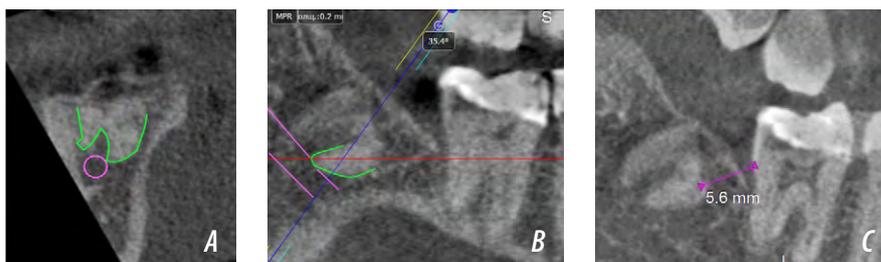


Рис. 14. Клинический случай 3, КЛКТ области зуба 4.8 через 1 год после коронэктомии: А — фронтальный срез; В — сагиттальный срез. Признаки формирования нативной костной ткани над корнями зуба 4.8; С — расстояние 5,6 мм от границы корня зуба 4.8 до ЦЭС зуба 4.7. Зеленым обозначены границы корня зуба, розовым — границы канала нижней челюсти
Fig. 14. Clinical case 3, CBCT of tooth 4.8 one year after coronectomy: A — frontal section; B — sagittal section. Signs of native bone tissue formation above the roots of tooth 4.8; C — distance of 5.6 mm from the border of the root of tooth 4.8 to the CEJ of tooth 4.7. The borders of the tooth root are marked in green, and the borders of the mandibular canal are marked in pink

травматизации мягких тканей увеличиваются в случае глубокой ретенции зуба, а также при его язычном наклоне, так как для полного удаления эмали коронки зуба до уровня ЦЭС необходима адекватная визуализация рабочего поля, которой сложно добиться в такой клинической ситуации, что может потребовать отслаивания полнослойного лоскута с язычной стороны, тем самым увеличивается риск травматизации язычного нерва.

М. Dalle Carbonare и соавт. (2017) представили систематический обзор, где описали случаи выявленных признаков травматизации НАН и язычного нерва как в случаях успешной коронэктомии, так и в случаях неудачной. Из 2087 операций коронэктомией 1935 были успешными 152 — неудачными. Так при успешной коронэктомии в 10 случаях из 1935 (0,5%) выявлялись признаки травматизации НАН, из них в 1 случае (0,05%) парестезия была постоянная. В случаях неудачной коронэктомии признаки травматизации НАН обнаруживались в 4 случаях из 152 (3%), из них в 2 (1,3%) случаях парестезия была постоянная. Повреждение язычного нерва было описано в 1 случае (0,05%) при успешной коронэктомии и ни в одном при неудачной. К причинам неудач коронэктомии ($n=152$) относили пульпит (3%), неиссеченные участки эмали (7%), расхождение краев раны (9%), инфекцию (8%), миграцию и прорезывание корней (33%), подвижность корней (36%), неизвестные причины (3%) и прочие (хронический пародонтит, гиперплазия десны дистальнее второго моляра или ортогнатическая хирургия; 2%) [32].

В случае горизонтальной ретенции и при близком прохождении НАН к коронке третьего моляра, а также в ситуациях, когда важна наибольшая точность контроля глубины погружения вращающегося инструмента, авторы рекомендуют использовать маркированные хирургические фрезы [33], которые позволяют избежать травмы структур нижнечелюстного канала и сократить операционное время, обеспечивая удобство и уверенность в работе. При отсутствии такой возможности, настоятельно рекомендуется поэтапное препарирование с контролем глубины препарирования пародонтологическим градуированным зондом.

Помимо коронэктомии, существуют и другие методики удаления третьих моляров нижней челюсти, корни

которых находятся в непосредственном контакте с НАН. Одна из таких техник — ортодонтическая экструзия третьих моляров нижней челюсти с их последующим полным удалением [34]. Такая методика позволяет избежать травмы НАН при глубокой ретенции зуба, так как после экструзии увеличивается расстояние между НАН и корнем зуба, сам зуб приобретает подвижность, а полное удаление зуба становится проще в мануальном виде и безопаснее с точки зрения рисков травматизации НАН, также данная методика позволяет избежать потери костной ткани с дистальной стороны второго нижнего моляра нижней челюсти за счет экструзии зуба мудрости. Однако стоит отметить, что данный метод не лишен недостатков; среди них можно выделить необходимость фиксации ортодонтической конструкции, сопутствующий дискомфорт от травматизации слизистой оболочки вследствие ограниченного пространства ретромолярной области. Также высока вероятность переустановки мини-винтов и ортодонтических приспособлений на коронке зуба вследствие возникновения подвижности и нарушения адгезии, увеличенное время лечения и многократное посещение ортодонта для контроля лечения, смены эластических тяг. Другим минусом является сам факт, что для фиксации ортодонтической конструкции требуется отслаивание лоскута, обнажение коронки зуба, необходимость поддержания сухости операционного поля и в целом предварительное создание места в полости рта, куда будет проводиться экструзия. В то же время данная методика может стать вариантом выбора в случаях, когда сложно провести коронэктомию.

Кроме ортодонтической экструзии, в иностранной литературе также описан метод перикорональной остеотомии [35], который подразумевает удаление костной ткани вокруг коронки ретенцированного зуба, а также его легкую люксацию с целью стимулирования процесса его прорезывания. В данном случае также требуется повторное хирургическое вмешательство спустя 6–8 недель для полного удаления зуба, после его коронального смещения. Следует отметить, что данный метод подходит исключительно при наличии оптимального вектора прорезывания (например, вертикально расположенный зуб или зуб с небольшим медиальным наклоном). В противном случае, пространство для прорезывания будет ограничено вторым моляром или полностью невозможно вследствие горизонтального расположения восьмого зуба, что сильно ограничивает данную методику к применению.

Помимо случаев проведения коронэктомии третьих моляров, описаны варианты коронэктомии других групп зубов с целью сохранения объема альвеолярного гребня перед протезированием [36]. Участок корня зуба, оставленный в кости, позволяет минимизировать убыль костной ткани в данной области, примером этого служит методика вестибулярного щита при дентальной имплантации [37].

Остается дискуссионным вопрос о проведении коронэктомии асимптоматичных третьих моляров нижней челюсти, имеющих вертикальное положение, когда пациенты направлены врачом-ортодонтом для полного удаления зуба, чтобы иметь возможность дистального

перемещения зубов. Фактически при коронэктомии таких зубов не освобождается место в костной ткани челюсти дистальнее второго моляра, и подобный метод хирургического лечения может влиять на окончательный результат ортодонтического лечения. В подобных случаях мы считаем, что полностью удалить третий моляр можно в два этапа: первый этап — это коронэктомия, а далее после прорезывания корней зуба приблизительно через 6 месяцев, обнаружения признаков улучшения взаиморасположения корней зуба и НАН после проведения повторной КЛКТ, полное удаление корней зуба.

На примере клинических случаев была показана возможность корональной миграции корней зубов после коронэктомии, или так называемого прорезывания. С одной стороны это может стать негативным фактором, так как при прорезывании корней зуба через альвеолярную слизистую, возможно, потребуются повторная операция полного удаления корней зуба. Но с другой стороны, анатомически, такие корни будут находиться на расстоянии от НАН и их удаление будет значительно проще по сравнению с исходной ситуацией и не будет сопряжено с риском возникновения парестезии.

Однако, несмотря на положительный результат в вышеприведенных клинических случаях, у данного исследования имеются ограничения, связанные с небольшим числом детально задокументированных клинических случаев и временем наблюдения (менее 5 лет) требуется проведение большего числа исследований с длительным сроком наблюдения, посвященных коронэктомии, так как в отечественном стоматологическом сообществе данная методика носит экспериментальный характер. Детального изучения требует феномен миграции корней: влияние расстояния от корональной границы оставляемых корней до края альвеолярного отростка и морфологии корней на величину и скорость миграции, формирование костной ткани над корнями зубов после коронэктомии, частоту и причины прорезывания оставляемых корней через слизистую ретромолярной области. Также нерешенным остается вопрос разработки классификации степени риска возникновения осложнений, связанных с повреждением НАН при удалении третьего моляра нижней челюсти, для определения четких показаний для коронэктомии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе клинико-рентгенологической картины отдаленных результатов представленных клинических случаев, авторы приходят к выводу, что коронэктомия является надежным альтернативным методом классическому полному удалению витальных асимптоматичных третьих моляров нижней челюсти, сопряженных с высоким риском травматизации НАН. Авторы статьи рекомендуют коронэктомию как полноценный вариант хирургического лечения в случаях с высоким риском травматизации либо в качестве первого этапа с последующим полным удалением зуба после его прорезывания.

Поступила/Received: 15.06.2025

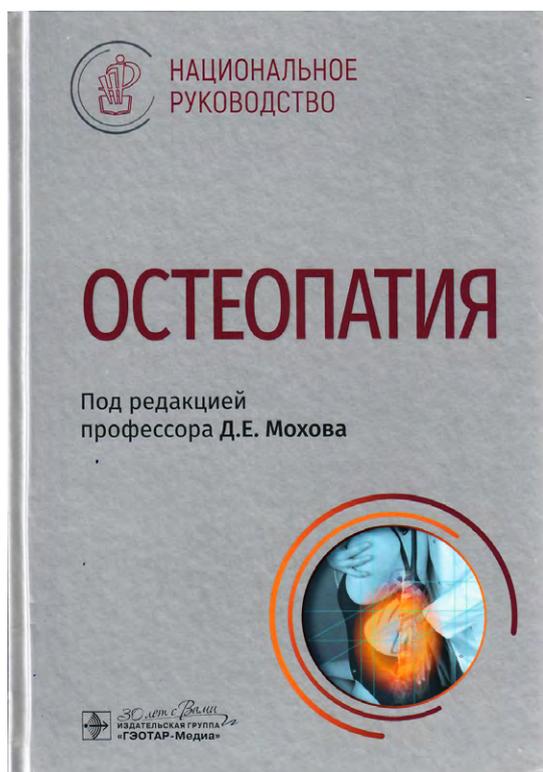
Принята в печать/Accepted: 16.02.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Kiencał A., Jamka-Kasprzyk M., Panaś M., Wyszyńska-Pawełec G. Analysis of complications after the removal of 339 third molars. — *Dent Med Probl.* — 2021; 58 (1): 75—80. [PMID: 33789003](#)
2. Ghaemini H., Nienhuijs M.E., Toedtling V., Perry J., Tummers M., Hoppenreijts T.J., Van der Sanden W.J., Mettes T.G. Surgical removal versus retention for the management of asymptomatic disease-free impacted wisdom teeth. — *Cochrane Database Syst Rev.* — 2020; 5 (5): CD003879. [PMID: 32368796](#)
3. Чаддуд М., Анохина А.В. Современные взгляды на проблему сохранения третьих постоянных моляров (обзор публикаций). — *Acta Medica Eurasica.* — 2024; 2: 86—96. [eLibrary ID: 67941102](#) [Chaddoud M., Anokhina A.V. Modern views on the problem of preserving the third permanent molars (review of publications). — *Acta Medica Eurasica.* — 2024; 2: 86—96 (In Russian)]. [DOI: 10.47026/2413-4864-2024-2-86-96](#)
4. Байбаков С.Е., Бахарева Н.С., Дорогань В.В., Дорогань В.В. Особенности строения канала нижней челюсти по данным конусно-лучевой компьютерной томографии. — *Международный научно-исследовательский журнал.* — 2021; 6—2 (108): 98—102. [eLibrary ID: 46224164](#) [Baibakov S.E., Bakhareva N.S., Dorogan V.V., Dorogan V.V. Structure characteristics of mandibular canal based on cone beam computed tomography. — *International Research Journal.* — 2021; 6—2 (108): 98—102 (In Russian)]. [DOI: 10.23670/IRJ.2021.108.6.052](#)
5. Achararit P., Manaspon C., Jongwannasiri C., Kulthanaamondhita P., Itthichaisri C., Chantarangsu S., Osathanon T., Phattaratatip E., Sappayatosok K. Impacted lower third molar classification and difficulty index assessment: comparisons among dental students, general practitioners and deep learning model assistance. — *BMC Oral Health.* — 2025; 25 (1): 152. [PMID: 39875882](#)
6. Cheung L.K., Leung Y.Y., Chow L.K., Wong M.C., Chan E.K., Fok Y.H. Incidence of neurosensory deficits and recovery after lower third molar surgery: a prospective clinical study of 4338 cases. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2010; 39 (4): 320—6. [PMID: 20061121](#)
7. Haug R.H., Perrott D.H., Gonzalez M.L., Talwar R.M. The American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons age-related third molar study. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2005; 63 (8): 1106—14. [PMID: 16094577](#)
8. Кузин А.В., Согачева В.В., Гурин А.Н., Семкин В.А., Согачев Г.В., Ремизов Г.В. Тактика лечения пациентов при удалении третьих моляров нижней челюсти, прилежащих к нижнечелюстному каналу. — *Стоматология.* — 2022; 6: 73—78. [eLibrary ID: 50005734](#) [Kuzin A.V., Sogacheva V.V., Gurin A.N., Syomkin V.A., Sogachev G.V., Remizov G.V. Surgical treatment tactics in patients with third molars located close to mandibular canal. — *Stomatology.* — 2022; 6: 73—78 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat202210106173](#)
9. Леженина С.В., Кузьмина А.А. Повреждение нижнеальвеолярного сосудисто-нервного пучка. Нейропраксия, аксонотомезис, нейротомезис. — 7 с. [Lezhenina S.V., Kuzmina A.A. Damage to lower alveolar vascular bundle. Neuropraxia, axonomotitis, neurotomesis. — 7 p. (In Russian)]. [eLibrary ID: 67334047](#)
10. Coulthard P., Kushnerev E., Yates J.M., Walsh T., Patel N., Bailey E., Renton T.F. Interventions for iatrogenic inferior alveolar and lingual nerve injury. — *Cochrane Database Syst Rev.* — 2014; 2014 (4): CD005293. [PMID: 24740534](#)
11. Diker N., Caglayan B., Helvacioglu F., Kilic E. The effect of systemic rifampicin treatment on inferior alveolar nerve regeneration in rats following crush injury. — *Eur J Oral Sci.* — 2020; 128 (3): 183—189. [PMID: 32236990](#)
12. AlAli A.M., AlAnzi T.H. Inferior alveolar nerve damage secondary to orthodontic treatment: A systematic scoping review. — *Int J Risk Saf Med.* — 2021; 32 (3): 175—191. [PMID: 33579879](#)
13. Ma Y., Yang M., Chen X., Qu W., Qu X., He P. The effectiveness of photobiomodulation therapy on inferior alveolar nerve injury: A systematic review and meta-analysis. — *PLoS One.* — 2023; 18 (8): e0287833. [PMID: 37561792](#)
14. Nayak V., et al. Association of radiographic signs in determining the proximity of mandibular third molar roots to the mandibular canal and postoperative occurrence of neurosensory disorders: A cohort study. — *Cureus.* — 2023; 15 (12): e51085. [PMID: 38274929](#)
15. Горячева Е.В., Зюлькина Л.А., Корецкая Е.А., Чесных Е.А., Кофова Т.Е. Морфологические особенности положения нижнечелюстного канала по отношению к корням третьих моляров (обзор литературы). — *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* — 2021; 3 (59): 77—89. [eLibrary ID: 47215277](#) [Goryacheva E.V., Zyu'kina L.A., Koretskaya E.A., Chesnykh E.A., Kofova T.E. The morphological features of the mandibular canal position in relation to the third molars' roots (a review of literature). — *University Proceedings. Volga region. Medical sciences.* — 2021; 3 (59): 77—89 (In Russian)]. [DOI: 10.21685/2072-3032-2021-3-8](#)
16. Григорьянц А.Г., Хатыпова А.Э., Макалеш Т.П., Кутя С.А. Прикладная анатомия канала нижней челюсти. — *Человек и его здоровье.* — 2023; 3: 69—75. [eLibrary ID: 54919629](#) [Grigoryants A.G., Khatypova A.E., Makalish T.P., Kutya S.A. Applied anatomy of mandibular canal. — *Humans and their health.* — 2023; 3: 69—75 (In Russian)]. [DOI: 10.21626/vestnik/2023-3/08](#)
17. Кузин А.В., Ведяева А.П., Согачева В.В., Гурин А.Н., Ремизов Г.В. Особенности анатомии корней третьих моляров и нижнечелюстного канала при их тесном прилегании. — *Стоматология.* — 2023; 6: 16—21. [eLibrary ID: 54954280](#) [Kuzin A.V., Vedyayeva A.P., Sogachyova V.V., Gurin A.N., Remizov G.V. Microanatomy features in third molars roots adjacent to mandibular canal. — *Stomatology.* — 2023; 6: 16—21 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat202310206116](#)
18. Бадалян В.А., Дробот Г.В., Брутян В.А., Копылов М.В. Методика удаления ретинированных третьих моляров при тесном расположении с нижнеальвеолярным нервом. — *Клиническая стоматология.* — 2019; 2 (90): 58—61. [eLibrary ID: 37749525](#) [Badalyan V.A., Drobot G.V., Brutian V.A., Kopilov M.V. Method for removal of impacted third molars in close proximity with the lower alveolar nerve. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2019; 2 (90): 58—61 (In Russian)]. [DOI: 10.37988/1811-153X_2019_2_58](#)
19. Williams M., Tollervey D. Lower third molar surgery — consent and coronectomy. — *Br Dent J.* — 2016; 220 (6): 287—8. [PMID: 27012340](#)
20. Feng Y., Zhao R., Li J., Yuan Z., Xu X., Gong J. Efficacy of autogenous particulated dentin graft for alveolar ridge preservation: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. — *Medicine (Baltimore).* — 2023; 102 (48): e36391. [PMID: 38050282](#)
21. Yüceer-Çetiner E., Özkan N., Önger M.E. Effect of autogenous dentin graft on new bone formation. — *J Craniofac Surg.* — 2021; 32 (4): 1354—1360. [PMID: 33405453](#)
22. Hanisch M., Hanisch L., Kleinheinz J., Jung S. Primary failure of eruption (PFE): a systematic review. — *Head Face Med.* — 2018; 14 (1): 5. [PMID: 29544499](#)
23. Tsukiboshi M., Yamauchi N., Tsukiboshi Y. Long-term outcomes of autotransplantation of teeth: A case series. — *J Endod.* — 2019; 45 (12S): S72—S83. [PMID: 31623912](#)
24. Elraee L., Abdel Gaber H.K., Elsayed H.H., Adel-Khattab D. Autogenous dentin block versus bone block for horizontal alveolar ridge augmentation and staged implant placement: A randomized controlled clinical trial including histologic assessment. — *Clin Oral Implants Res.* — 2022; 33 (7): 723—734. [PMID: 35509125](#)
25. Сидоренко В.О., Панин А.М., Цициашвили А.М., Габидуллина В.Р. Анализ возможности использования аутодентина удаленных зубов человека при пластике альвеолярной кости. — *Российская стоматология.* — 2019; 3: 14—18. [eLibrary ID: 41450911](#) [Sidorenko V.O., Panin A.M., Ciciashvili A.M., Gabidullina V.R. Alveolar bone plasty using removed teeth autodontine possibility analysis. — *Russian Stomatology.* — 2019; 3: 14—18 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/rosstomat20191203114](#)

26. Сперанская Е.М., Голубцова Н.Н., Мухамеджанова Л.Р., Москвичев Е.В. E-cadherin и эпителиальный барьер десны. — *Медицинский вестник Северного Кавказа*. — 2022; 4: 461—466. [eLibrary ID: 50467213](#)
[Speranskaya E.M., Golubtsova N.N., Mukhamedzhanova L.R., Moskvichev E.V. E-cadherin and the gingival epithelial barrier. — *Medical News of North Caucasus*. — 2022; 4: 461—466 (In Russian)]. [DOI: 10.14300/mnnc.2022.17111](#)
27. Zhang S., Li X., Qi Y., Ma X., Qiao S., Cai H., Zhao B.C., Jiang H.B., Lee E.S. Comparison of autogenous tooth materials and other bone grafts. — *Tissue Eng Regen Med*. — 2021; 18 (3): 327—341. [PMID: 33929713](#)
28. Grawish M.E., Grawish L.M., Grawish H.M., Grawish M.M., Holiel A.A., Sultan N., El-Negoly S.A. Demineralized dentin matrix for dental and alveolar bone tissues regeneration: An innovative scope review. — *Tissue Eng Regen Med*. — 2022; 19 (4): 687—701. [PMID: 35429315](#)
29. Sencimen M., Ortakoglu K., Aydin C., Aydintug Y.S., Ozyigit A., Ozen T., Gunaydin Y. Is endodontic treatment necessary during coronectomy procedure? — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2010; 68 (10): 2385—90. [PMID: 20663600](#)
30. Rugani P., Kirnbauer B., Mischak I., Ebeleseder K., Jakse N. Extraoral root-end resection may promote pulpal revascularization in autotransplanted mature teeth—A retrospective study. — *J Clin Med*. — 2022; 11 (23): 7199. [PMID: 36498773](#)
31. Patel V., Sproat C., Kwok J., Beneng K., Thavaraj S., McGurk M. Histological evaluation of mandibular third molar roots retrieved after coronectomy. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2014; 52 (5): 415—9. [PMID: 24684971](#)
32. Dalle Carbonare M., Zavattini A., Duncan M., Williams M., Moody A. Injury to the inferior alveolar and lingual nerves in successful and failed coronectomies: systematic review. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2017; 55 (9): 892—898. [PMID: 29061470](#)
33. Смирнов А.Д., Юсаев Т.А. Удаление ретинированного третьего моляра нижней челюсти с использованием маркированного хирургического бора. — *Стоматология*. — 2022; 5: 73—76. [eLibrary ID: 49583037](#)
[Smirnov A.D., Yusaev T.A. Case report of impacted mandibular third molar extraction using marked surgical bur. — *Stomatology*. — 2022; 5: 73—76 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat202210105173](#)
34. Alessandri Bonetti G., Bendandi M., Laino L., Checchi V., Checchi L. Orthodontic extraction: riskless extraction of impacted lower third molars close to the mandibular canal. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2007; 65 (12): 2580—6. [PMID: 18022488](#)
35. Tolstunov L., Javid B., Keyes L., Nattestad A. Pericoronary ostectomy: an alternative surgical technique for management of mandibular third molars in close proximity to the inferior alveolar nerve. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2011; 69 (7): 1858—66. [PMID: 21549479](#)
36. Mahesh L., Bhasin M.T. Root submergence technique, a case series with follow-up up to seven years. — *Acta Scientific Dental Sciences*. — 2022; 6 (9): 55—60. [DOI: 10.31080/ASDS.2022.06.1454](#)
37. Ogawa T., Sitalaksmi R.M., Miyashita M., Maekawa K., Ryu M., Kimura-Ono A., Suganuma T., Kikutani T., Fujisawa M., Tamaki K., Kuboki T. Effectiveness of the socket shield technique in dental implant: A systematic review. — *J Prosthodont Res*. — 2022; 66 (1): 12—18. [PMID: 33692284](#)

Национальное руководство «Остеопатия в стоматологии»



Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2025 г.
Твердый переплет, 624 страницы
ISBN: 978-5-9704-9231-4

В России создано первое национальное руководство по остеопатии! Издание содержит актуальную информацию об остеопатических методах диагностики и лечения соматических дисфункций органов и систем организма человека с точки зрения физиологического подхода. Представлены также главы, посвященные остеопатии в медицинской реабилитации и оздоровительным технологиям.

20-я глава руководства — «Остеопатия в стоматологии». Соавтор этой главы — Булычева Елена Анатольевна, член редакционной коллегии журнала «Клиническая стоматология», д.м.н., MSc, профессор, действительный член РАЕН, лауреат премии Правительства РФ, председатель секции СтАР «Клиническая гнатология», зав. кафедрой дополнительного образования по стоматологическим специальностям Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого, профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург).

В главе подробно описаны остеопатические методы диагностики и лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями, дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава, а также прогнозируемые эффекты остеопатической коррекции. Кроме этого, дано определение понятий «экстраокклюзионные» и «интраокклюзионные» нарушения, которые необходимо дифференцировать в клинической стоматологии для эффективного лечения указанных заболеваний.

Книга будет полезна не только специалистам, изучающим остеопатию (студентам, врачам, обучающимся по программам ординатуры и профессиональной переподготовки по остеопатии), но и врачам всех специальностей, желающим понять, как работает остеопатия при лечении различных дисфункций организма.

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_153

[А.Г. Степанов,](#)

д.м.н., профессор, профессор Института цифровой стоматологии

[С.В. Апресян,](#)

д.м.н., профессор, директор Института цифровой стоматологии

[Э.Г. Начарьян,](#)

врач-стоматолог, соискатель ученой степени к.м.н. Института цифровой стоматологии

[М.В. Копылов,](#)

к.м.н., ассистент Института цифровой стоматологии

[В.С. Левина,](#)

студентка IV курса медицинского института

РУДН, 117049, Москва, Россия

Оценка остеогенного потенциала поверхности дентальных имплантатов, покрытых рекомбинантным BMP-2, в эксперименте in vivo

Реферат. Цель исследования — оценить влияние биоактивного покрытия с рекомбинантным костным морфогенетическим белком-2 (BMP-2) на остеогенный потенциал дентальных имплантатов в эксперименте in vivo. **Материалы и методы.** Эксперимент выполнен на модели дентальной имплантации у лабораторных животных. Имплантаты контрольной группы использовались без покрытия, основной — с экспериментальным покрытием BMP-2. Оценку остеointegrации проводили через 3 и 5 месяцев по данным КЛКТ, гистологического, морфометрического и иммуногистохимического исследования (SPARC/остеонектин, остеопонтин). **Результаты.** В основной группе выявлено статистически значимое увеличение рентгенологической плотности костной ткани до 2500—2700 HU против 1800—2200 HU в контроле, повышение доли пластинчатой костной ткани (до 24% через 5 месяцев) и более выраженная экспрессия остеогенных маркеров. **Заключение.** Применение BMP-2 в составе покрытия дентальных имплантатов способствует активации репаративного остеогенеза

Ключевые слова: дентальная имплантация, BMP-2, остеointegrация, биоактивное покрытие, эксперимент in vivo

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Степанов А.Г., Апресян С.В., Начарьян Э.Г., Копылов М.В., Левина В.С. Оценка остеогенного потенциала поверхности дентальных имплантатов, покрытых рекомбинантным BMP-2, в эксперименте in vivo. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 153—159.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_153

[A.G. Stepanov,](#)

Doctor of Science in Medicine, professor of the Institute of Digital Dentistry

[S.V. Apresyan,](#)

Doctor of Science in Medicine, professor, director of the Institute of Digital Dentistry

[E.G. Nacharyan,](#)

dentist, PhD candidate at the Institute of Digital Dentistry

[M.V. Kopylov,](#)

PhD in Medical Sciences, assistant at the Institute of Digital Dentistry

[V.S. Levina,](#)4th year student

RUDN University, 117198, Moscow, Russia

Evaluation of the osteogenic potential of the surface of dental implants coated with recombinant BMP-2 in an in vivo experiment

Abstract. Objective: To evaluate the osteogenic potential of dental implants coated with recombinant bone morphogenetic protein-2 (BMP-2) in an in vivo experiment. **Materials and methods.** An experimental dental implantation model was used. Control implants had no bioactive coating, while experimental implants were coated with BMP-2. Osseointegration was assessed at 3- and 5-months using CBCT, histological, morphometric, and immunohistochemical analyses (SPARC/osteonectin, osteopontin). **Results.** The experimental group demonstrated a significant increase in bone density (up to 2500—2700 HU vs. 1800—2200 HU in controls), a higher proportion of lamellar bone tissue (up to 24% at 5 months), and increased expression of osteogenic markers. **Conclusion.** BMP-2 coating enhances bone regeneration and improves the quality of dental implant osseointegration.

Key words: dental implantation, BMP-2, osseointegration, bioactive coating, in vivo study

FOR CITATION:

Stepanov A.G., Apresyan S.V., Nacharyan E.G., Kopylov M.V., Levina V.S. Evaluation of the osteogenic potential of the surface of dental implants coated with recombinant BMP-2 in an in vivo experiment. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 153—159 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_153

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время дентальная имплантация рассматривается как стандартный метод восстановления дефектов зубных рядов, обеспечивающий высокие показатели

выживаемости имплантатов и долгосрочную функциональную стабильность ортопедических конструкций [1—3]. Вместе с тем клинический успех лечения напрямую зависит от процесса и степени остеointegrации, происходящей на границе «кость—имплантат» [4, 5].

Несмотря на совершенствование макро- и микротопографии поверхности имплантатов, в ряде клинических ситуаций (снижение минеральной плотности кости, возрастные изменения, метаболические и эндокринные нарушения) процессы остеоинтеграции протекают замедленно и остаются неполноценными [6–8]. Это обуславливает необходимость разработки биологически активных модификаций поверхностей, направленных на стимуляцию репаративного остеогенеза.

Одним из наиболее изученных остеоиндуктивных факторов является рекомбинантный костный морфогенетический белок-2 (rhBMP-2), относящийся к семейству трансформирующих факторов роста β и играющий ключевую роль в дифференцировке мезенхимальных стволовых клеток в остеообласты, минерализации костного матрикса и ремоделировании костной ткани [9–11]. Экспериментальные исследования показали, что локальное применение rhBMP-2 способствует ускоренному формированию костной ткани и увеличению площади контакта кости с имплантатом [12–14].

Ряд работ продемонстрировал, что иммобилизация rhBMP-2 на поверхности дентальных имплантатов позволяет создать остеогенно активную микросреду в зоне имплантации, стимулируя неоангиогенез, остеобластическую активность и формирование пластинчатой кости на ранних сроках наблюдения [15–17]. При этом подчеркивается, что биологический эффект rhBMP-2 существенно зависит от способа доставки и дозировки, поскольку избыточные концентрации могут вызывать воспалительные реакции и неконтролируемый рост костной ткани [18, 19].

Отечественные исследования подтверждают перспективность применения BMP-2 в стоматологической имплантологии, указывая на увеличение объема новообразованной костной ткани, повышение ее структурной зрелости и плотности по данным морфометрического и рентгенологического анализа [20–22]. Вместе с тем большинство публикаций ограничено оценкой отдельных параметров и не включает комплексного сопоставления морфологических, морфометрических и иммуногистохимических показателей остеоинтеграции в динамике.

Цель исследования — всесторонняя оценка остеогенного потенциала дентальных имплантатов с покрытием на основе рекомбинантного BMP-2, изучение особенностей процессов на границе кость—имплантат, динамики остеоинтеграции, а также морфологических и молекулярных характеристик костного ремоделирования в сравнении с имплантатами стандартной заводской обработки в эксперименте *in vivo*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве экспериментальной модели использованы 4 клинически здоровые овцы Северо-Кавказской мясо-шерстной породы в возрасте 1,5–2 лет с полностью сформированной зубочелюстной системой и массой тела 35–40 кг. Выбор данной модели обусловлен анатомо-морфологическим сходством структуры костной ткани челюстей овцы с костной тканью человека

и возможностью установки дентальных имплантатов стандартных размеров.

Всем животным в тело нижней челюсти устанавливали по 3 дентальных имплантата: 2 с экспериментальным биоактивным покрытием и 1 имплантат без покрытия, использованный в качестве контроля. Таким образом, всего было установлено 12 имплантатов, из которых 8 относились к основной группе и 4 — к контрольной.

В исследовании применяли дентальные имплантаты системы Snucone AF+II (Южная Корея) диаметром 3,5 мм и длиной 10 мм. Экспериментальное покрытие формировали путем нанесения рекомбинантного BMP-2 на SLA-поверхность имплантатов. Расчет дозировки биологически активного компонента выполняли с учетом площади микропористой поверхности имплантата и данных литературы [15]; поверхностная нагрузка rhBMP-2 составляла 0,5–2,0 мкг/см², что соответствовало 1–5 мкг белка на один имплантат и рассматривалось как оптимальный диапазон для индукции остеогенеза при минимальном риске побочных эффектов.

Хирургические вмешательства выполняли в условиях общей анестезии, с соблюдением требований биоэтики и международных нормативов использования лабораторных животных. За сутки перед операцией животных не кормили, оставляя доступ к воде.

Для премедикации внутримышечно вводили дроперидол (0,25%, 0,2 мл/кг), реланиум (0,5%, 0,2 мл/кг) и трамадол (1 мл). За 15 минут до операции внутримышечно вводили трамадол (5%, 2 мг/кг), внутривенно — атропин (0,1%, 0,05 мг/кг), анальгин (50%, 0,5 мл/10 кг), димедрол (1%, 0,5 мл/10 кг) и цефтриаксон (500 мг/10 кг). Общая анестезия осуществляется методом внутримышечного введения телазола из расчета 0,03 мг/кг. Эффект телазола достигается через 5–7 минут и длится около 30 минут.

Формирование ложа дентальных имплантатов проводили по стандартным хирургическим протоколам с использованием физиодиспенсера и обязательного водяного охлаждения. После установки имплантатов раны ушивали послойно. Послеоперационное ведение включало анальгезию и антибактериальную профилактику.

Выведение животных из эксперимента осуществляли поэтапно — через 3 и 5 месяцев после операции. После эвтаназии животных выполняли забор костных блоков, содержащих зону «кость—имплантат».

Для количественной оценки состояния костной ткани в зоне имплантации проводили КЛКТ полученных костных фрагментов с использованием томографа Paxi3D (Vatech, Ю. Корея) с полем обзора 12×9 см. Рентгенологическую плотность костной ткани (РПТК) определяли в единицах Хаунсфилда (HU) в трех зонах: кристалльной области, средней трети и апикальной части имплантата. Измерения выполняли по периферии имплантата на расстоянии 1,5–2,0 мм от его поверхности, что позволяло минимизировать влияние металлических артефактов.

Для морфометрического анализа костные блоки фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, подвергали декальцинации, после чего имплантаты

удаляли. Подготовленные образцы заливали в парафин, изготавливали серийные гистологические срезы толщиной 3–5 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, а также пикрофуксином по Ван-Гизону. Морфометрический анализ выполняли с использованием программного комплекса «ВидеоТест–Морфология 5» (НПК «Зенит», Санкт-Петербург) при этом измеряли площадь грубоволокнистой и пластинчатой костной ткани, соединительнотканного компонента, а также клеточный состав (остеобласты, остециты, остеокласты) и параметры ангиогенеза.

Иммуногистохимическое исследование проводили для оценки экспрессии ключевых остеогенных маркеров – SPARC (остеонектин) и остеопонтин (OPN). Использовали поликлональные кроличьи антитела (Inffity, Китай) в разведениях 1:200 и 1:100 соответственно. Визуализацию реакции осуществляли стрептавидин-биотин-пероксидазным методом с применением диаминобензидина. Интенсивность экспрессии оценивали качественно и количественно в тканях, окружающих имплантаты.

При статистической обработке данных проверку распределения проводили с помощью критерия Шапиро–Уилка. В зависимости от характера распределения применяли параметрические или непараметрические методы сравнения. Различия считали статистически достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рентгенологическая плотность костной ткани

По данным КЛКТ во всех сериях наблюдений визуализировалась четкая тень имплантатов с устойчиво высокими значениями собственной рентгенологической плотности (4500–5000 HU). В периимплантатной зоне выявлялась выраженная зональная дифференциация ОПТК, включающая кристалльную, среднюю и апикальную области.

Через 3 месяца после имплантации в основной группе РПТК кристалльной кости составляла 2010–2410 HU, тогда как в контрольной группе – 1340–2310 HU. В средней трети имплантатов РПТК в основной группе находилась в диапазоне 1350–1500 HU, в контрольной – 1150–1390 HU. В апикальной зоне значения варьировали от 1069 до 1920 HU в основной группе

и от 1140 до 1650 HU в контрольной. Эти данные указывают на более интенсивное формирование костной ткани вокруг имплантатов с биоактивным покрытием уже на ранних сроках наблюдения.

Через 5 месяцев отмечено дальнейшее увеличение РПТК, наиболее выраженное в основной группе. В кристалльной зоне значения достигали 2370–2700 HU, тогда как у контрольных имплантатов не превышали 1800–2300 HU. В основной группе в средней и апикальной зоне выявлялось более равномерное распределение плотности губчатой костной ткани и уменьшение участков рентгенологического просветления, что указывало на более зрелый характер остеоинтеграции (рис. 1, табл. 1).

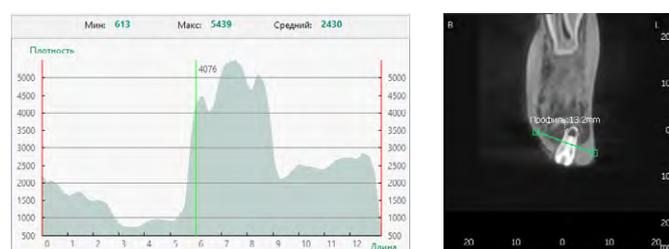


Рис. 1. Томограмма имплантата с измерением оптической плотности костной ткани на уровне средней трети имплантата
Fig. 1. Tomogram of the implant with measurement of the optical density of bone tissue at the level of the middle third of the implant

Строение костной ткани

Гистологическое исследование через 3 месяца в контрольной группе показало, что новообразованная костная ткань в области ложа имплантата представлена преимущественно грубоволокнистой костью с участками рыхлой соединительной ткани и единичными фрагментами формирующейся пластинчатой кости. Коллагеновые волокна располагались хаотично, сохранялось значительное количество остеобластов, что свидетельствовало о незавершенности процессов остеогенеза. В основной группе на этом же сроке, помимо грубоволокнистой костной ткани, выявлялись более протяженные участки формирующейся пластинчатой кости с упорядоченной архитектоникой коллагеновых волокон, лакунами с остеоцитами и начальными признаками остеогенеза. Новообразованная кость

Таблица 1. Рентгенологическая плотность костной ткани по данным КЛКТ, ед. Хаунсфилда

Table 1. Bone radiographic density according to CBCT data (in Hounsfield units)

	Основная группа				Контрольная группа	
Через 3 месяца						
Кортикальная кость	2370–2410	2010–2100	1650–1810	1800–1960	2150–2310	1340–1500
Губчатая кость	Середина	1450–1500	1350–1450	1210–1390	1330–1400	1150–1500
	Апекс	1070–1180	1850–1920	1140–1250	1280–2130	1530–1650
Через 5 месяцев						
Кортикальная кость	2370–2410	1300–1400	2500–2700	2100–2300	1100–1250	1800–2200
Губчатая кость	Середина	1500–1660	1300–1450	900–1200	1100–1500	1450–1550
	Апекс	900–1100	800–1500	1000–1700	1400–1700	1200–1300

Различия статистически достоверно значимы ($p < 0,05$).

плотнее прилегала к виткам имплантата, чаще заполняя межвитковые пространства (рис. 2).

Через 5 месяцев в контрольной группе сохранялись участки тканевой неоднородности с преобладанием грубоволокнистой костной ткани и ограниченным

количеством зрелых костных структур. В основной группе, напротив, отмечалось увеличение доли пластинчатой кости, формирование остеонов, гаверсовых каналов и более выраженная интеграция костного матрикса с поверхностью имплантата.

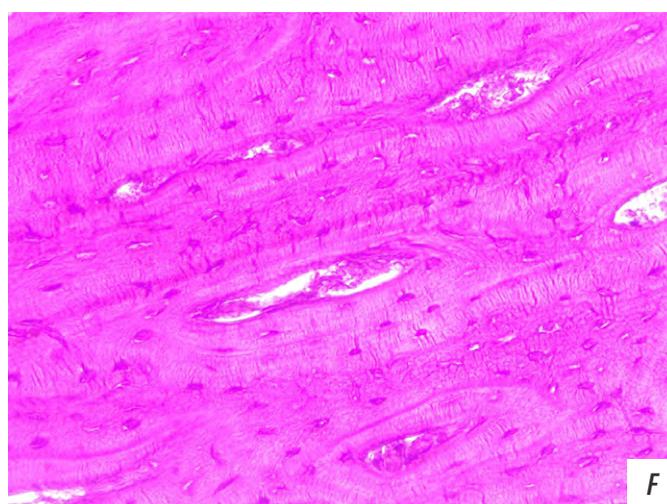
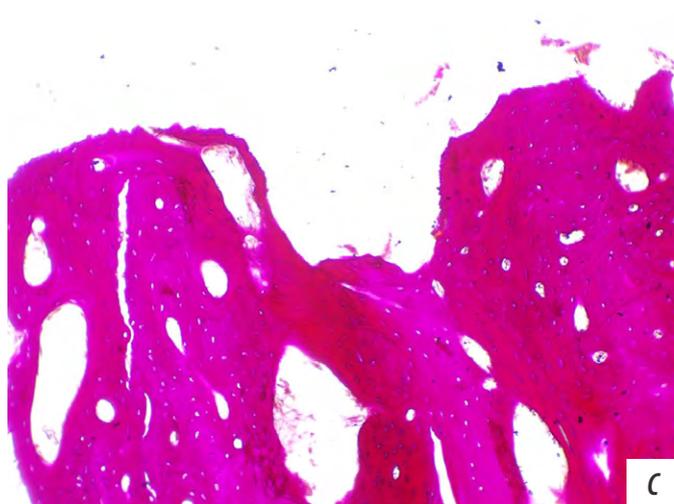
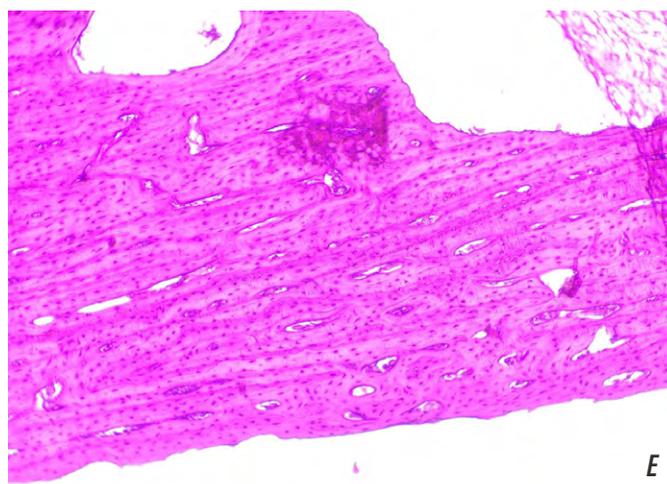
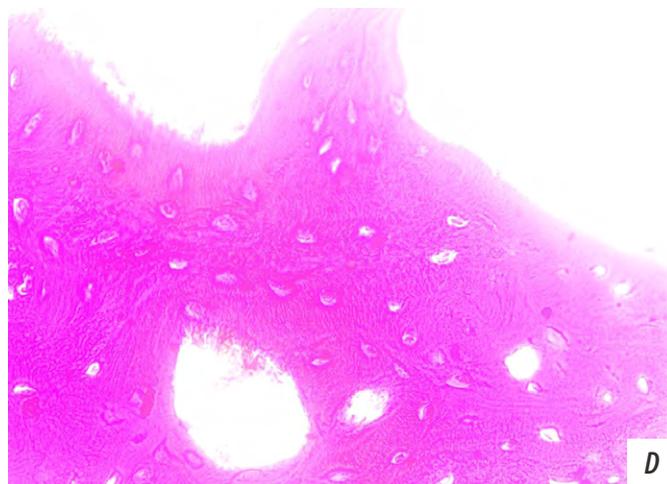
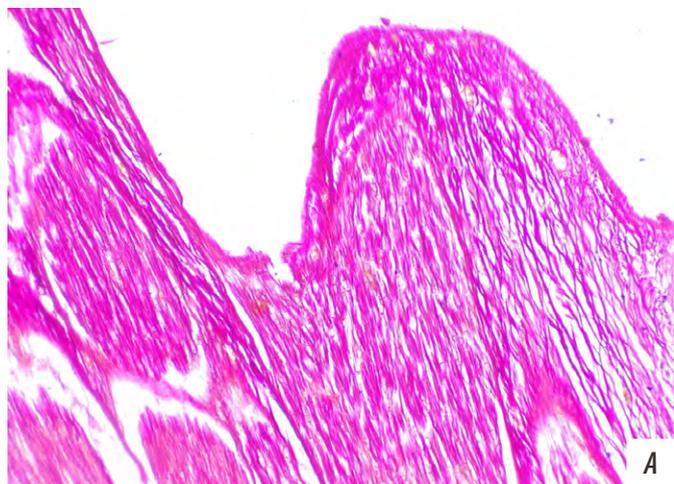


Рис. 2. Фрагменты декальцированного среза по ходу ложа от установленного имплантата у животных основной группы: А, В — окраска пикрофуксином по Ван-Гизону, ув. 40; С — окраска пикрофуксином по Ван-Гизону, ув. 100; D — окраска пикрофуксином по Ван-Гизону, ув. 400; E — окраска гематоксилином-эозином, ув. 100; F — окраска гематоксилином-эозином, ув. 400

Fig. 2. Fragments of the decalcified section along the bed from the installed implant in animals of the experimental group: A, B — picrofuchsin staining according to Van Gieson, mag. 40x; C — picrofuchsin staining according to Van Gieson, mag. 100x; D — picrofuchsin staining according to Van Gieson, mag. 400x; E — hematoxylin-eosin staining, mag. 100x; F — hematoxylin-eosin staining, mag. 400x

Морфометрический анализ подтвердил выявленные морфологические различия. Через 3 месяца доля пластинчатой костной ткани в контрольной группе не превышала 5–7%, тогда как в основной достигала 12–15%. Через 5 месяцев этот показатель увеличивался до 22–24% в основной группе при сохранении более низких значений в контроле (10–12%), различия были статистически значимыми ($p < 0,05$). Показатели ангиогенеза — площадь сосудов и средний диаметр — также были выше в основной группе, что указывало на более активную васкуляризацию регенерата (табл. 2).

Использование сочетания конусно-лучевой компьютерной томографии, гистологического, морфометрического и иммуногистохимического методов обеспечило многоуровневую объективную оценку структурных и клеточно-молекулярных аспектов формирования костно-имплантатного интерфейса.

Установлено, что во всех сериях наблюдений остеоинтеграция носила стадийный и неравномерный характер, однако имплантаты с экспериментальным покрытием демонстрировали более благоприятную динамику костеобразования по сравнению с контрольными образцами. Уже через 3 месяца после имплантации в основной группе регистрировались более высокие показатели оптической плотности костной ткани, увеличение доли формирующейся пластинчатой кости, а также более плотный контакт новообразованной кости с поверхностью имплантата. Через 5 месяцев эти различия становились более выраженными и сопровождалась признаками созревания костного матрикса, усилением

ангиогенеза и формированием структурных элементов зрелой костной ткани.

Имуногистохимический анализ показал, что биоактивное покрытие с BMP-2 способствует активации остеогенных процессов, что подтверждалось более выраженной экспрессией остеоонектина (SPARC) и остеоопонтинина в тканях периимплантатной зоны. Динамика экспрессии указанных маркеров отражала ускорение процессов формирования, ремоделирования и минерализации костного матрикса в основной группе по сравнению с контролем.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование экспериментального биоактивного покрытия на основе рекомбинантного BMP-2 обеспечивает более интенсивное и качественное течение процессов остеоинтеграции дентальных имплантатов в условиях эксперимента *in vivo*, что обосновывает перспективность данного подхода для дальнейших доклинических и клинических исследований.

Статистический анализ

В выборке преобладала грубоволокнистая костная ткань, характеризующаяся высокими медианными и средними значениями площади при выраженной вариабельности показателей. Площадь пластинчатой костной ткани имела распределение, близкое к симметричному, с наличием отдельных образцов с повышенными значениями, что может отражать различную степень созревания костной ткани.

Таблица 2. Обобщенные результаты морфометрического анализа по всем образцам

Table 2. Generalized results of morphometric analysis for all samples

Показатель	Основная группа				Контрольная группа	
Через 3 месяца						
Площадь пластинчатой костной ткани, мкм ²	98 253	73 080	101 113	65 264	78 111	136928
Площадь грубоволокнистой костной ткани, мкм ²	291 360	369 725	356 394	321 942	326 817	304277
Площадь рыхлой соединительной ткани, мкм ²	67 121	49 047	29 112	21 236	33 850	21 379
Количество остеобластов	53	53	24	58	39	13
Количество остеоцитов	346	346	398	273	345	346
Количество остеокластов	0	0	3	2	2	0
Площадь сосудов, мкм ²	2558	2558	2498	3042	4467	879
Общий периметр стенки сосудов, мкм	566	566	404	458	562	160
Средний диаметр сосудов, мкм	57	57	56	62	75	33
Через 5 месяцев						
Площадь пластинчатой костной ткани, мкм ²	75 022	11 131	179 330	74 624	32 403	28 122
Площадь грубоволокнистой костной ткани, мкм ²	341 302	419 267	331 920	241 883	309 420	334 391
Площадь рыхлой соединительной ткани, мкм ²	90 554	80 132	40 823	94 217	28 025	95 200
Количество остеобластов	54	37	16	107	52	54
Количество остеоцитов	297	299	344	233	284	365
Количество остеокластов	1	0	0	0	0	0
Площадь сосудов, мкм ²	536	272	2888	1672	231	2860
Общий периметр стенки сосудов, мкм	121	83	348	326	65	491
Средний диаметр сосудов, мкм	26	19	61	46	17	60

Различия статистически достоверно значимы ($p < 0,05$).

Показатели рыхлой соединительной ткани отличались высокой гетерогенностью, что указывает на различия в фазах репаративного процесса. Количество остеобластов и остеоцитов в большинстве образцов находилось в среднем диапазоне, при наличии отдельных значений, свидетельствующих о повышенной клеточной активности

Показатели плотности костной ткани в кортикальной и губчатой зонах имели относительно компактное распределение, при этом в апикальной зоне отмечалась более выраженная вариабельность по сравнению с центральными отделами губчатой кости.

Параметры сосудистого русла (площадь сосудов, периметр стенок и средний диаметр) характеризовались правосторонней асимметрией распределения и значительной вариабельностью, что отражает неоднородность васкуляризации исследуемых образцов.

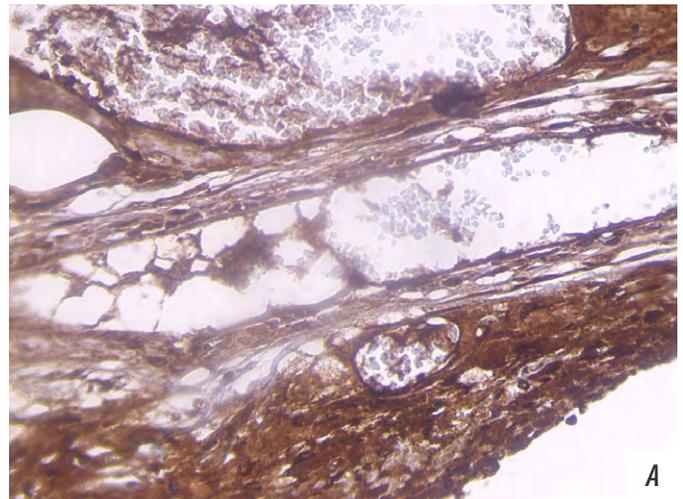
Иммуногистохимическое исследование выявило различия в экспрессии остеогенных маркеров SPARC (остеонектин) и остеопонтина. Через 3 месяца в контрольной группе регистрировалась слабая и умеренная экспрессия SPARC и остеопонтина преимущественно в остеобластах и отдельных остеоцитах, что отражало замедленные процессы формирования и минерализации костного матрикса. В основной группе на этом сроке выявлялась умеренная и выраженная экспрессия SPARC во внеклеточном матриксе и клетках остеогенного ряда, а также умеренная экспрессия остеопонтина, свидетельствующая об активизации остеогенеза. Различия были статистически значимыми ($p < 0,05$).

Через 5 месяцев у животных основной группы отмечалась выраженная экспрессия обоих маркеров в остеобластах, остеоцитах и межклеточном матриксе, что указывало на активно протекающие процессы костного ремоделирования и минерализации. В контрольной группе экспрессия SPARC и остеопонтина оставалась преимущественно умеренной, что соответствовало более медленному темпу созревания костной ткани (рис. 3). Различия были статистически значимыми ($p < 0,05$).

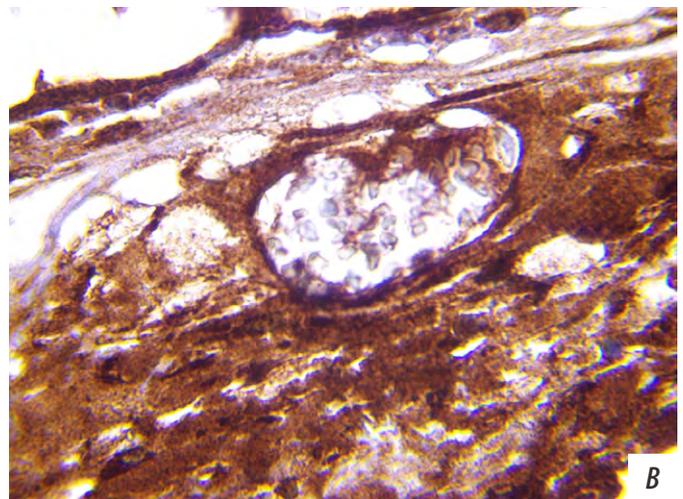
Таким образом, совокупность данных КЛКТ, гистологического, морфометрического и иммуногистохимического анализа демонстрирует, что применение биоактивного покрытия с рекомбинантным BMP-2 обеспечивает более высокую плотность костной ткани, увеличение доли зрелой пластинчатой кости, усиление ангиогенеза и выраженную экспрессию остеогенных маркеров по сравнению с контрольными имплантатами, что свидетельствует о достоверном усилении и ускорении процессов остеоинтеграции ($p < 0,05$)

ВЫВОДЫ

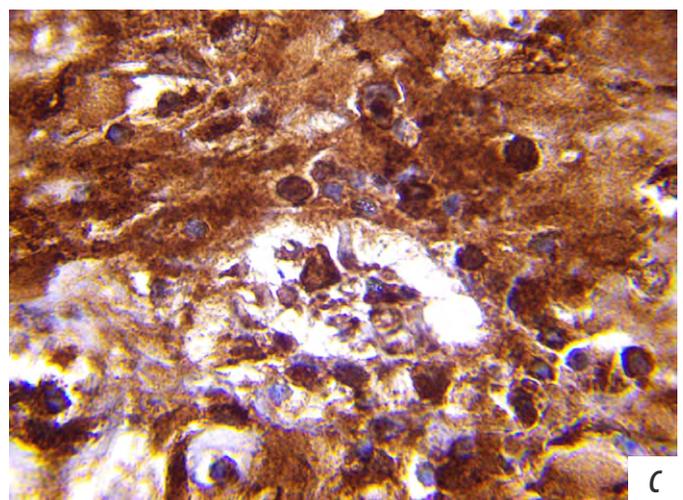
1) В эксперименте *in vivo* установлено, что остеоинтеграция дентальных имплантатов протекает стадийно и неравномерно, при этом имплантаты с биоактивным покрытием на основе рекомбинантного BMP-2 характеризуются более благоприятной динамикой костеобразования по сравнению с контрольными образцами.



A



B



C

Рис. 3. Экспрессия SPARC (остеонектин) через 5 месяцев после операции в основной группе: А — увеличение 400; В и С — увеличение 1000
Fig. 3. SPARC (osteonectin) expression 5 months after surgery in the main group: A — magnification 400x; B and C — mag. 1000x

2) По данным конусно-лучевой компьютерной томографии и морфометрического анализа через 3 и 5 месяцев после имплантации в основной группе выявлены более высокие показатели оптической плотности костной ткани и увеличение доли

пластинчатой кости, что свидетельствует об ускорении процессов минерализации ($p < 0,05$).

- 3) Иммуногистохимическое исследование показало более выраженную экспрессию остеоонектина (SPARC) и остеоопонтина в периимплантатных тканях вокруг имплантатов с биоактивным покрытием, отражающую активацию остеогенеза и костного ремоделирования.
- 4) Использование биоактивного покрытия дентальных имплантатов с рекомбинантным BMP-2 обеспечивает улучшение качества и темпов остеоинтеграции в экспериментальных условиях, что обосновывает перспективность его дальнейшего доклинического и клинического применения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Albrektsson T., Brånemark P.I., Hansson H.A., Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. — *Acta Orthop Scand.* — 1981; 52 (2): 155—70. [PMID: 7246093](#)
2. Adell R., Lekholm U., Rockler B., Brånemark P.I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. — *Int J Oral Surg.* — 1981; 10 (6): 387—416. [PMID: 6809663](#)
3. Esposito M., Hirsch J.M., Lekholm U., Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. — *Eur J Oral Sci.* — 1998; 106 (1): 527—51. [PMID: 9527353](#)
4. Davies J.E. Understanding peri-implant endosseous healing. — *J Dent Educ.* — 2003; 67 (8): 932—49.
5. Cochran D.L. A comparison of endosseous dental implant surfaces. — *J Periodontol.* — 1999; 70 (12): 1523—39. [PMID: 10632528](#)
6. Misch C.E. Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive bone loading. — *Int J Oral Implantol.* — 1990; 6 (2): 23—31.
7. Javed F., Romanos G.E. Impact of diabetes mellitus and glycemic control on the osseointegration of dental implants: a systematic literature review. — *J Periodontol.* — 2009; 80 (11): 1719—30. [PMID: 19905942](#)
8. Moy P.K., Medina D., Shetty V., Aghaloo T.L. Dental implant failure rates and associated risk factors. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2005; 20 (4): 569—77.
9. Urist M.R. Bone: formation by autoinduction. — *Science.* — 1965; 150 (3698): 893—9. [PMID: 5319761](#)
10. Reddi A.H. Role of morphogenetic proteins in skeletal tissue engineering and regeneration. — *Nat Biotechnol.* — 1998; 16 (3): 247—52. [PMID: 9528003](#)
11. Wozney J.M. Overview of bone morphogenetic proteins. — *Spine (Phila Pa 1976).* — 2002; 27 (16 Suppl 1): S2—8. [PMID: 12205411](#)
12. Wikesjo U.M., Hanisch O., Danesh-Meyer M.J., Cho K.S., Kim C.K. [Tissue engineering with rhBMP-2: Bone reconstruction in implant dentistry]. — *Journal of the Korean Academy of Periodontology.* — 1999; 29 (3): 447—468 (In Korean). [DOI: 10.5051/jkape.1999.29.3.447](#)
13. DeConde A.S., Sidell D., Lee M., Bezouglia O., Low K., Elashoff D., Grogan T., Tetradis S., Aghaloo T., St John M. Bone morphogenetic protein-2-impregnated biomimetic scaffolds successfully induce bone healing in a marginal mandibular defect. — *Laryngoscope.* — 2013; 123 (5): 1149—55. [PMID: 23553490](#)
14. Zara J.N., Siu R.K., Zhang X., Shen J., Ngo R., Lee M., Li W., Chiang M., Chung J., Kwak J., Wu B.M., Ting K., Soo C. High doses of bone morphogenetic protein 2 induce structurally abnormal bone and inflammation in vivo. — *Tissue Eng Part A.* — 2011; 17 (9—10): 1389—99. [PMID: 21247344](#)
15. Kim J.E., Lee E.J., Kim H.E., Koh Y.H., Jang J.H. The impact of immobilization of BMP-2 on PDO membrane for bone regeneration. — *J Biomed Mater Res A.* — 2012; 100 (6): 1488—93. [PMID: 22396132](#)
16. Faensen B., Wildemann B., Hain C., Höhne J., Funke Y., Plank C., Stemmerger A., Schmidmaier G. Local application of BMP-2 specific plasmids in fibrin glue does not promote implant fixation. — *BMC Musculoskelet Disord.* — 2011; 12: 163. [PMID: 21762501](#)
17. Park J.Y., Davies J.E. Red blood cell and platelet interactions with titanium implant surfaces. — *Clin Oral Implants Res.* — 2000; 11 (6): 530—9. [PMID: 11168246](#)
18. Carragee E.J., Hurwitz E.L., Weiner B.K. A critical review of recombinant human bone morphogenetic protein-2 trials in spinal surgery: emerging safety concerns and lessons learned. — *Spine J.* — 2011; 11 (6): 471—91. [PMID: 21729796](#)
19. Lubelski D., Abdullah K.G., Steinmetz M.P., Alvin M.D., Nowacki A.S., Chakka S., Benzel E.C., Mroz T.E. Adverse Events With the Use of rhBMP-2 in Thoracolumbar and Lumbar Spine Fusions: A 9-Year Institutional Analysis. — *J Spinal Disord Tech.* — 2015; 28 (5): E277—83. [PMID: 23429306](#)
20. Григорьян А.С., Фидаров А.Ф. Современное состояние и основные направления развития исследований, посвященных разработке остеопластических материалов. — *Стоматология.* — 2016; 5: 69—74. [eLibrary ID: 27337755](#)
[Grigoryan A.S., Fidarov A.F. State and perspectives of studies on osteoplastic materials. — *Stomatology.* — 2016; 5: 69—74 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat201695569-74](#)
21. Степанов А.Г., Апресян С.В., Начарьян Э.Г., Копылов М.В., Казарян Г.Г., Джуманиязова Э.Д., Карягина В.Е. Оценка цитотоксичности BMP-2 в составе покрытия дентальных имплантатов в эксперименте in vitro. — *Российский стоматологический журнал.* — 2025; 3: 210—218. [eLibrary ID: 82618590](#)
[Stepanov A.G., Apresyan S.V., Nacharyan E.G., Kopylov M.V., Kazarian G.G., Jumaniazova E.D., Karyagina V.E. Evaluation of the Cytotoxicity of BMP-2 in the Coating of Dental Implants: an In Vitro Study. — *Russian Journal of Dentistry.* — 2025; 3: 210—218 (In Russian)]. [DOI: 10.17816/dent654080](#)
22. Степанов А.Г., Апресян С.В., Гизингер О.А., Начарьян Э.Г., Копылов М.В. Оценка микробной адгезии тест-культур на поверхности образцов конструкционного материала для производства дентальных имплантатов с нанесенным покрытием костного морфогенетического белка-2. — *Проблемы стоматологии.* — 2025; 2: 113—117. [eLibrary ID: 82676556](#)
[Stepanov A., Apresyan S., Gizinger O., Nacharyan E., Kopylov M. Evaluation of microbial adhesion of test cultures on the surface of structural material samples for the production of dental implants coated with bone morphogenetic protein-2. — *Actual Problems in Dentistry.* — 2025; 2: 113—117 (In Russian)]. [DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-2-113-117](#)

БЛАГОДАРНОСТИ:

Долгалеву А.А., д.м.н., профессору, за предоставление мощностей ООО «Имплант аддитивные технологии» (Ставрополь) для проведения эксперимента.

ACKNOWLEDGEMENTS:

Dolgalev A.A. (Doctor of Science in Medicine, professor) for providing the facilities of «Implant Additive Technologies LLC» (Stavropol) for conducting the experiment.

Поступила/Received: 29.01.2026

Принята в печать/Accepted: 04.02.2026

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_160

[А.В. Иващенко,](#)

д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии

СамГМУ, 443099, Самара, Россия

Минимально инвазивная резекция верхушки корня: оценка послеоперационных исходов в стоматологической практике

Реферат. Резекция верхушки корня зуба (апикальная резекция) остается ключевым методом сохранения зубов при хронических периапикальных патологиях, не поддающихся эндодонтическому лечению. Однако традиционные хирургические подходы, связанные с обширным доступом, травматизацией мягких и костных тканей, нередко приводят к послеоперационным осложнениям (отек, боль, длительная реабилитация) и риску нарушения стабильности зуба. **Цель исследования** — оценить клиническую эффективность, безопасность и послеоперационные исходы минимально инвазивной резекции верхушки корня зуба в сравнении с традиционными хирургическими подходами. **Материалы и методы.** В зависимости от способа хирургического лечения все участники исследования ($n=78$) были разделены на 2 равные группы: в основной выполняли минимально инвазивную резекцию верхушки корня с использованием микрохирургических технологий; в контрольной группе вмешательство проводили по традиционной (классической) методике без применения микрохирургической оптики и ультразвуковой остеотомии. Методика в основной группе: выполняли микрохирургический разрез слизисто-надкостничного лоскута, длина которого не превышала 8—10 мм; остеотомию проводили с использованием ультразвукового наконечника с алмазным бором диаметром 3—4 мм. Все этапы контролировались под операционным микроскопом (увеличение 12—16 крат). Верхушку корня резецировали перпендикулярно оси зуба с сохранением не менее 3 мм апикального дентина. Ретроградное пломбирование выполнено с применением биокерамического материала (МТА). Методика в контрольной

группе: использовался стандартный доступ с формированием полнослойного слизисто-надкостничного лоскута. Остеотомию осуществляли шаровидным бором диаметром 6—8 мм. Вмешательство проводили без использования оптического увеличения (микроскопа/бинокуляров). Резекцию корня выполняли по общепринятой методике. **Результаты.** В основной группе (минимально инвазивная резекция) интенсивность боли по ВАШ на 1-е сутки составила 3,2 балла, что было на 42% ниже, чем в контрольной группе (5,5 балла; $p<0,001$). К 7-у дню в основной группе боль полностью купировалась у 35 (90%) пациентов, тогда как в контрольной группе сохранялась у 9 (23,1%) пациентов ($p=0,003$). **Заключение.** Минимально инвазивная резекция верхушки корня зуба с использованием микрохирургических технологий и биокерамических материалов (МТА) обладает значительными преимуществами перед традиционными хирургическими подходами. Малоинвазивность метода обеспечивалась за счет микрохирургического доступа. Резекцию верхушки корня в контрольной группе проводили по общепринятой методике.

Ключевые слова: апикальная хирургия, ультразвуковая остеотомия, ретроградное пломбирование, костная регенерация

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Иващенко А.В. Минимально инвазивная резекция верхушки корня: оценка послеоперационных исходов в стоматологической практике. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 160—163.

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_160

[A.V. Ivashchenko,](#)

Doctor of Science in Medicine, professor of the Prosthetic dentistry Department

Samara State Medical University,
443099, Samara, Russia

Minimally invasive root apex resection: evaluation of postoperative outcomes in dental practice

Abstract. Root apex resection (apical resection) remains a key method for preserving teeth in chronic periapical pathologies that are not amenable to endodontic treatment. However, traditional surgical approaches associated with extensive access, trauma to soft and bone tissues often lead to postoperative complications (edema, pain, long-term rehabilitation) and the risk of tooth instability. **Objective of the study:** To evaluate the clinical efficacy, safety and postoperative outcomes of minimally invasive root apex resection in comparison with traditional surgical approaches. **Materials and methods.** Depending on the surgical treatment method, all study participants ($n=78$) were divided into two equal groups of 39 patients each. The study group ($n=39$) included patients who underwent minimally invasive root apex resection using microsurgical technologies; the control group ($n=39$) included patients who underwent surgery using the traditional (classical) technique without the use of microsurgical optics and ultrasonic osteotomy. The procedure in the study group involved a microsurgical

incision of the mucoperiosteal flap, the length of which did not exceed 8—10 mm; an ultrasonic tip with a 3—4 mm diamond bur was used. All stages were monitored under an operating microscope (mag. 12—16x). The root apex was resected perpendicular to the tooth axis, preserving at least 3 mm of apical dentin. Retrograde filling was performed using a bioceramic material (MTA). Control group technique: A standard approach was used, creating a full-thickness mucoperiosteal flap. Osteotomy was performed with a 6—8 mm round bur. The procedure was performed without the use of optical magnification (microscope/binoculars). Root resection was performed using a standard technique. **Results.** The results of the study demonstrated statistically significant differences in postoperative outcomes between the groups. In the main group (minimally invasive resection), the pain intensity according to VAS on the 1st day was 3.2 points, which was 42% lower than in the control group (5.5 points; $p<0.001$). By the 7th day, the pain syndrome in patients of the main group was completely relieved in 35 (90%) patients,

while in the control group it persisted in 9 (23%) patients ($p=0.003$).

Conclusions. The study confirmed that minimally invasive resection of the tooth root apex using microsurgical technologies and bioceramic materials (MTA) has significant advantages over traditional surgical approaches. The minimally invasive nature of the method was achieved through a microsurgical approach. The root apex resection in the control group was performed using the conventional technique.

ВВЕДЕНИЕ

Резекция верхушки корня зуба (апикальная резекция) остается ключевым методом сохранения зубов при хронических периапикальных патологиях, не поддающихся эндодонтическому лечению [1–3]. Однако традиционные хирургические подходы, связанные с обширным доступом, травматизацией мягких и костных тканей, нередко приводят к послеоперационным осложнениям (отек, боль, длительная реабилитация) и риску нарушения стабильности зуба [4–6]. В условиях современной стоматологии, ориентированной на минимизацию инвазивности и улучшение качества жизни пациентов, возрастает интерес к минимально инвазивным технологиям. Такие методы, включая микрохирургию, использование оптического увеличения (микроскопы, бинокляры) и 3D-навигации, позволяют сократить объем вмешательства, сохранить анатомические структуры и снизить риск ятрогенных повреждений [7].

Несмотря на теоретические преимущества, внедрение минимально инвазивной резекции в клиническую практику требует доказательной оценки ее эффективности, безопасности и долгосрочных исходов [8]. В настоящее время недостаточно данных, сравнивающих послеоперационные результаты таких методик с классическими протоколами, особенно в контексте сохранения функциональности зуба, частоты рецидивов и удовлетворенности пациентов [9]. Кроме того, отсутствуют унифицированные критерии отбора пациентов и стандартизации техник, что затрудняет их широкое применение. Исследование данной проблемы соответствует глобальному тренду персонализированной медицины и отвечает запросам клиницистов на обоснованные алгоритмы выбора хирургической тактики [10].

Цель исследования — оценить клиническую эффективность, безопасность и послеоперационные исходы минимально инвазивной резекции верхушки корня зуба в сравнении с традиционными хирургическими подходами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе стоматологического хирургического отделения клиники СОКБ им. В.Д. Середавина (Самара) с 2023 по 2025 г. по данным медицинских карт. В работу включены 78 пациентов (42 женщины, 36 мужчин) в возрасте от 18 до 65 лет с хроническим апикальным периодонтитом или радикулярной кистой, не поддающихся консервативному эндодонтическому лечению.

Key words: apical surgery, ultrasonic osteotomy, retrograde filling, bone regeneration

FOR CITATION:

Ivashchenko A.V. Minimally invasive root apex resection: evaluation of post-operative outcomes in dental practice. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 160—163 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_160

Критерии включения: наличие рентгенологически подтвержденного периапикального поражения размером ≥ 5 мм, отсутствие положительной динамики после повторной эндодонтии, сохранение более 1/2 коронковой части зуба и функциональной ценности зуба в зубном ряду. **Критерии невключения и исключения:** сахарный диабет в стадии декомпенсации, остеопороз, острый воспалительный процесс в зоне вмешательства, подвижность зуба III степени, выраженная резорбция костной ткани, беременность.

В зависимости от способа лечения участники исследования были поделены на две равные группы по 39 человек:

- I — основную, где выполнена минимально инвазивная резекция;
- II — контрольную, где применялся традиционный подход к лечению.

Хирургические вмешательства проведены под местной анестезией (4%-ный артикаин с эпинефрином 1:200 000).

В основной группе применен микрохирургический доступ: разрез слизистой-надкостничного лоскута не превышал 8–10 мм, остеотомия выполнена с использованием ультразвукового наконечника с алмазным бором (диаметр 3–4 мм) под контролем операционного микроскопа (ув. 12–16). Резекция верхушки корня проведена перпендикулярно его оси с сохранением не менее 3 мм апикального дентина, ретроградное пломбирование осуществлено биокерамическим материалом (MTA).

В контрольной группе использован стандартный доступ с полнослойным лоскутом, остеотомия выполнена шаровидным бором (диаметр 6–8 мм) без оптического увеличения.

Послеоперационное наблюдение включало клинический осмотр на 1-е, 3-и, 7-е и 14-е сутки с оценкой выраженности боли по ВАШ, отека, гиперемии и признаков инфекции. Рентгенологический контроль (цифровая радиовизиография, КЛКТ) проведен через 6, 12 и 24 месяца для анализа костной регенерации, стабильности пломбировочного материала и отсутствия рецидива. Для объективной оценки долгосрочных результатов, в данном случае — резекции верхушки корня, использовались стандартизированные рентгенологические критерии Rud и Molven. Этот метод предполагает анализ послеоперационных рентгенограмм (чаще всего через 6, 12, 24 месяца) и отнесение каждого случая к одной из четырех четко определенных категорий на основе состояния периапикальных тканей:

- 1) Успех (success) — полное заживление. На снимке нет периапикальной рентгенопрозрачности (темного

пятна), периодонтальная щель не расширена или восстановлена до нормальной ширины.

- 2) Неудача (failure) — отсутствие заживления или ухудшение. Периапикальная рентгенопрозрачность сохраняется или увеличивается в размерах.
- 3) Неопределенный (uncertain) — неполное заживление. Наблюдается уменьшение размеров рентгенопрозрачности, но она еще полностью не исчезла.
- 4) Неудовлетворительный осмотр (incomplete examination) — качество снимка или недостаточный срок наблюдения не позволяют сделать вывод.

При статистической обработке данных для межгруппового сравнения применяли U-критерий Манна—Уитни и χ^2 -критерий согласия Пирсона, различия долгосрочных исходов проанализированы методом Каплана—Мейера при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования продемонстрировали статистически значимые различия в послеоперационных исходах между группами (см. таблицу).

В основной группе (минимально инвазивная резекция) интенсивность боли по ВАШ на 1-е сутки составила 3,2 балла, что было на 42% ниже, чем в контрольной группе (5,5 балла; $p < 0,001$). К 7-му дню в основной группе боль полностью прошла у 35 (90%) пациентов, тогда как в контрольной группе сохранялась у 9 (23%) пациентов ($p = 0,003$). Отек мягких тканей в первые 3 дня наблюдался у 5 (13%) пациентов основной группы и у 22 (56%) контрольной, что подтверждает снижение травматичности мини-инвазивного подхода ($p < 0,001$). Инфекционные осложнения (нагноение раны) зафиксированы в 2 (5%) случаях основной группы и 7 (8%) случаях контрольной ($p = 0,045$). Рентгенологическая оценка через 6 месяцев показала полное заживление костного дефекта у 33 (85%) пациентов основной группы и 28 (72%) контрольной ($p = 0,041$). Через 24 месяца частота рецидивов периапикальных поражений в основной группе составила 5%, в контрольной — 15% ($p = 0,032$).

Анализ методом Каплана—Мейера выявил 92% успешности минимально-инвазивной резекции против 80% для традиционной методики ($p = 0,021$) за 2-летний

период. Установлена корреляция между качеством ретроградного пломбирования (использование МТА) и отсутствием рецидивов: в 33 (94%) случаев с герметичной obturацией дефект не визуализировался, тогда как при неполной адаптации материала рецидив возник в 50% случаев ($p = 0,001$).

Обсуждение результатов позволяет выделить ключевые преимущества минимально инвазивной резекции. Сокращение длины разреза и применение ультразвуковых инструментов минимизировали повреждение коллагеновых волокон пародонта, что объясняет ускоренную регенерацию и снижение послеоперационного дискомфорта. Использование микроскопа обеспечило точную резекцию апекса без избыточного удаления дентина, сохранив биомеханическую устойчивость корня, что критично для долгосрочного прогноза. Однако выявлены ограничения: у 3 (7,7%) пациентов основной группы с анатомически сложными корнями (изгибы, кальцификация каналов) потребовался переход на открытый доступ, что подчеркивает важность предоперационной КЛКТ для планирования.

В данном исследовании значимый вклад в успех внесло именно сочетание микроинвазивного доступа и МТА, что требует дальнейшего изучения синергии методов. Ограничениями работы стали относительно небольшая выборка и отсутствие оценки субъективных параметров (удовлетворенность эстетикой), что планируется включить в перспективные исследования.

Проведенное исследование подтвердило, что минимально инвазивная резекция верхушки корня зуба с использованием микрохирургических технологий и биокерамических материалов (МТА) обладает значительными преимуществами перед традиционными хирургическими подходами:

- **Сокращение послеоперационных осложнений.** Мини-инвазивный метод продемонстрировал снижение интенсивности боли на 42%, частоты отека — в 4,4 раза, а риска инфекционных осложнений — на 65% в раннем послеоперационном периоде. Это подтверждает гипотезу о меньшей травматичности методики, что соответствует трендам современной стоматологии на улучшение качества жизни пациентов.

Сводная таблица показателей послеоперационных исходов

Summary table of postoperative outcomes

Показатель	Основная группа (минимально инвазивный метод, $n = 39$)	Контрольная группа (традиционный метод, $n = 39$)	p
Боль на 1-е сутки, баллы	3,2±1,1	5,5±1,8	<0,001
Боль купирована к 7-му дню, %	90	23	0,003
Отек в первые 3 дня, %	13	56	<0,001
Инфекционные осложнения, %	5	18	0,045
Полное заживление через 6 месяцев, %	85	72	0,041
Частота рецидивов за 24 месяца, %	5	15	0,032
Общий успех, %	92	80	0,021

- **Улучшение долгосрочных результатов.** Через 24 месяца наблюдения успешность вмешательства в основной группе достигла 92% против 80% в контрольной, а частота рецидивов снизилась в 3 раза (5% против 15%). Ключевыми факторами успеха стали точная резекция апекса под микроскопом, сохранение биомеханической стабильности корня и герметичная ретроградная obturation МТА.

Клинически значимые рекомендации:

1. **Использование предоперационной КЛКТ для оценки анатомии корня и планирования доступа минимизирует риск интраоперационных осложнений.**
2. **Комбинация микрохирургического доступа, ультразвуковой остеотомии и биокерамических материалов должна стать стандартом при лечении периапикальных патологий.**
3. **Обучение хирургов работе с оптическим увеличением и адьювантными технологиями необходимо для широкого внедрения метода.**

Ограничения и перспективы

Выявленная зависимость результатов от анатомической сложности корней (7,7% случаев перехода на открытый доступ) требует разработки алгоритмов индивидуализации тактики. Для углубления доказательной базы целесообразны многоцентровые исследования с расширенной выборкой, оценкой экономической эффективности и долгосрочным мониторингом (5–10 лет).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минимально инвазивный подход является клинически оправданным, пациент-ориентированным и способствует сохранению зубов, сокращению реабилитации и оптимизации ресурсов здравоохранения. Для дальнейшего внедрения необходимы обучение хирургов и расширенные многоцентровые исследования.

Поступила/Received: 27.05.2025

Принята в печать/Accepted: 04.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Jafarzadeh H., Abbott P.V. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. — *J Endod.* — 2007; 33 (10): 1155—62. [PMID: 17889681](#)
2. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. — *Dent Clin North Am.* — 1974; 18 (2): 269—96. [DOI: 10.1016/S0011-8532\(22\)00677-2](#)
3. Berutti E., Alovise M., Moccia E., Carossa M., De Caro G., Rocuzzo A., Pasqualini D., Scotti N. Micro-computed tomographic evaluation of endodontic ledge position in relation to canal curvatures. — *BMC Oral Health.* — 2022; 22 (1): 482. [PMID: 36357901](#)
4. Markova Kr., Petkova D., Vangelov L., Drangov M., Avramova M., Zidarova V., Miteva Ts. Evaluation of dentin cracks, associated with different retrograde root-end preparation techniques. — In: proceedings of the III international scientific conference "Scientific research — 2017". — Karlovy Vary — Moscow, 2017. — Pp. 68—80.
5. Abbott P.V. Incidence of root fractures and methods used for post removal. — *Int Endod J.* — 2002; 35 (1): 63—7. [PMID: 11853240](#)
6. Whitworth J. Visual endodontics & traumatology. — *Int Endod J.* — 2003; 36 (12): 959—63. [PMID: 14641431](#)
7. Cortellini P., Tonetti M.S. Evaluation of the effect of tooth vitality on regenerative outcomes in infrabony defects. — *J Clin Periodontol.* — 2001; 28 (7): 672—9. [PMID: 11422589](#)
8. Rotstein I., Simon J.H. Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. — *Periodontol 2000.* — 2004; 34: 165—203. [PMID: 14717862](#)
9. Herman R. Save the tooth or place an implant: A routine dental decision. — *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry.* — 2022; 3: 286. [DOI: 10.11607/prd.2022.3.e](#)
10. Иващенко А.В. Анализ угловых отклонений стоматологического инструмента при использовании стандартного метода одонтопрепарирования. — *Институт стоматологии.* — 2014; 1 (62): 120—125. [Ivaschenko A.V. Analysis of the angular deviations in dental instrument using the standard method of tooth preparation. — *The Dental Institute.* — 2014; 1 (62): 120—125 (In Russian)]. [eLibrary ID: 22133928](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_164

[А.Р. Хасанов](#)¹,

аспирант кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии

[Л.К. Дзеранова](#)²,

д.м.н., профессор, главный научный сотрудник

[Е.А. Пигарова](#)²,

д.м.н., профессор, директор института постдипломного образования

[Э.А. Меликов](#)¹,

к.м.н., ассистент кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии

[А.Ю. Дробышев](#)¹,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой и пластической хирургии

¹ Российский университет медицины, 127473, Москва, Россия² НМИЦ эндокринологии, 117292, Москва, Россия

Характеристика зубочелюстных аномалий у пациентов с акромегалией

Реферат. Акромегалия является системным заболеванием, влияющим на все структуры организма. Основное направление лечения — восстановление гормонального фона. Возникающие морфологические изменения зубочелюстной системы могут потребовать привлечения специалистов из стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. **Цель исследования** — оценить частоту проявления зубочелюстных аномалий и представить их характеристику у пациентов с акромегалией. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 40 больных акромегалией в возрасте от 18 лет, 20 мужчин и 20 женщин. Включены пациенты, находящиеся на этапе медикаментозного лечения аденомы гипофиза (коррекция уровня гормона роста и/или инсулиноподобного фактора роста 1-го типа). Пациентам проводили общеклиническое обследование, выполняли компьютерную томографию лица, дополнительно исследовали состояние височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) по данным магнитно-резонансной томографии. Изучены опросники оценки качества жизни, заполненные пациентами на госпитальном этапе. **Результаты.** У 90% пациентов выявлена патология зубочелюстной системы, выражающаяся жалобами на затрудненный прием пищи и сочетающаяся с патологией ВНЧС, которая, в свою очередь, у большинства пациентов протекала бессимптомно. Нарушенное рече- и звукообразование отметили 70% обследованных. Установлено, что повышенный в течение 5 и более лет уровень гормона роста приводит к стойким морфологическим изменениям зубочелюстной системы и тем самым снижает качество жизни пациентов с акромегалией. **Заключение.** Углубленное обследование зубочелюстной системы у больных с акромегалией позволяет диагностировать заболевание и в последующем всесторонне реабилитировать больных, улучшая их качество жизни.

Ключевые слова: акромегалия, зубочелюстные аномалии, гормон роста, инсулиноподобный фактор-1

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Хасанов А.Р., Дзеранова Л.К., Пигарова Е.А., Меликов Э.А., Дробышев А.Ю. Характеристика зубочелюстных аномалий у пациентов с акромегалией. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 164—169. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_164

[A.R. Khasanov](#)¹,

postgraduate at the Maxillofacial and plastic surgery Department

[L.K. Dzeranova](#)²,

Doctor of Science in Medicine, full, chief researcher

[E.A. Pigarova](#)²,

Doctor of Science in Medicine, professor, director of the Institute of postgraduate education

[E.A. Melikov](#)¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Maxillofacial and plastic surgery Department

[A.Yu. Drobyshev](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Maxillofacial and plastic surgery Department

¹ Russian University of Medicine, 127473, Moscow, Russia² Endocrinology Research Center, 117292, Moscow, Russia

Characteristics of dentofacial anomalies in patients with acromegaly

Abstract. Acromegaly is a systemic disease affecting all body structures. The main focus of treatment is the restoration of hormonal levels. However, emerging morphological changes in the maxillary system may require the involvement of specialists from dentistry and maxillofacial surgery. **Materials and methods.** The study involved 40 patients with acromegaly aged 18 and over, 20 men and 20 women. Patients undergoing drug treatment for pituitary adenoma (correction of GH and/or insulin-like growth factor type 1 (IGF-1) levels) were included. The patients underwent a general clinical examination, computed tomography of the facial bones, and additionally examined the condition of the temporomandibular joint (TMJ) according to magnetic resonance imaging (MRI). The quality-of-life assessment questionnaires filled out by patients at the hospital stage were studied. **Results.** Pathology of the maxillary system was detected in 90% of patients, which is expressed by complaints of patients with difficulty receiving and combined with TMJ pathology, which, in turn, was asymptomatic in most patients. 70% of the surveyed noted impaired speech and sound formation. It has been established that an increased level of growth hormone for 5 years or more leads to persistent morphological changes in the maxillary system and thereby reduces the quality of life of patients with acromegaly. **Conclusion.** A comprehensive in-depth examination of the dental system in patients with acromegaly makes it possible to diagnose and subsequently comprehensively rehabilitate, while improving the quality of life.

Key words: acromegaly, orofacial anomalies, growth hormone, insulin-like growth factor

FOR CITATION:

Khasanov A.R., Dzeranova L.K., Pigarova E.A., Melikov E.A., Drobyshev A.Yu. Characteristics of dentofacial anomalies in patients with acromegaly. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 164—169 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_164

ВВЕДЕНИЕ

Формирование зубочелюстной системы является сложным многоступенчатым процессом, который находится под контролем множества факторов. К таковым относятся наследственность, различного рода приобретенные и врожденные заболевания, влияние внешней среды, вредные привычки и т.д. Зачастую проявление той или иной аномалии свидетельствует о совокупности воздействия различных этиологических факторов.

Акромегалия — редкое нейроэндокринное заболевание, приводящее к гипертрофии внутренних органов и различных тканей организма (костной, хрящевой и др.) вследствие воздействия чрезмерной продукции гормона роста (ГР) [1]. Изменения лица включают деформацию надбровных дуг за счет увеличения их костного объема, появление мезиальной окклюзии и признаков 3-го класса зубочелюстных аномалий, причиной которых является удлинение ветвей нижней челюсти [2], выраженной прогнатии и нередко увеличение носа вследствие гипертрофии хрящей его концевой отдела.

В современной отечественной и зарубежной литературе некоторые авторы описывают зубочелюстные аномалии у пациентов с акромегалией [3], при этом не предполагая их коррекцию с целью улучшения качества жизни пациентов. По данным различных исследований, до 80% больных акромегалией имеют те или иные проявления заболевания, связанные с височно-нижнечелюстным суставом (ВНЧС) или с полостью рта [4]. При этом, несмотря на ремиссию заболевания, после проведенного лечения дегенерация суставов прогрессирует. Причиной являются гормонально-опосредованные нарушения морфологии анатомических структур (связочного аппарата ВНЧС, формы и размеров нижней челюсти). В ряде случаев причиной расширения суставной щели (выявляемой рентгенологически) является гипертрофия хрящевой ткани сустава из-за гиперфункции клеток соединительной ткани [5].

Таким образом, анализ распространенности и раннее определение патологии зубочелюстной системы — необходимые элементы своевременного выявления и лечения осложнений акромегалии.

Актуальным данное исследование делает тот факт, что акромегалия имеет характерные признаки деформации челюстно-лицевой области (отличающиеся от врожденной), которые могут проявляться у пациентов молодого возраста многим раньше, чем общесоматические заболевания.

Цель исследования — оценить частоту проявления зубочелюстных аномалий и представить их характеристику у пациентов с акромегалией, систематизировать и проанализировать их проявления в разных стадиях заболевания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проходило на базе отделения нейроэндокринологии НМИЦ эндокринологии (Москва) и кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии Российского университета медицины (Москва). Критерии невключения: возраст до 18 лет, беременность и период грудного вскармливания.

Всего в исследование было включено 40 пациентов (20 мужчин и 20 женщин), медиана возраста пациентов составила 44,5 [18—60] года, медианный срок от начала заболевания — 6,1 года [2—12].

В исследование были включены пациенты, находящиеся на медикаментозном лечении акромегалии (препаратами аналогов соматостатина и/или пэгвисоманта), ранее перенесшие транссфеноидальное удаление аденомы гипофиза.

Пациентам проводили опрос о качестве жизни, измеряли содержание в крови инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1) и гормона роста, выполняли лучевое обследование (КЛКТ, ОПТГ), МРТ головного мозга и ВНЧС.

Опросник был разработан совместно с сотрудниками НМИЦ эндокринологии и кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии, на основе опросника EORTC QLQ-C30, он включает в себя ряд параметров по оценке влияния акромегалии на привычные для пациентов состояния, действия и жизненные ситуации. Опросник включает 22 вопроса, позволяющие оценить функциональные нарушения, возникшие вследствие заболевания и касающиеся приема пищи (затруднения при приеме жидкой/твердой пищи), жевания (дискомфорт в области ВНЧС при его активности), дыхания (одышка, ночное апноэ), физической активности, психологического здоровья (подавленность/напряженность вследствие изменения внешности), социального взаимодействия. Ответы оценивались по шкале от 1 (отсутствие нарушений) до 4 баллов (очень сильные изменения). Помимо этого, в опросник были включены 2 вопроса, не регламентированные статистикой исследования и дающие возможность пациентам оценить собственное здоровье и качество жизни по 10-балльной шкале.

Введены критерии, по которым оценивался уровень качества жизни:

- ≤44 баллов — незначительное влияние заболевания на качество жизни;
- 45—66 баллов — умеренно выраженное снижение качества жизни;
- ≥67 баллов — значительно выраженное снижение качества жизни.

Ведение фотопотокола (внешний вид и вид в полости рта) основано на установленных правилах фото-



Рис. 1. Дизокклюзия в боковой группе зубов является следствием увеличения длины ветвей нижней челюсти при акромегалии
Fig. 1. Disocclusion in the lateral group of teeth is a consequence of an increase in the length of the branches of the lower jaw in acromegaly



Рис. 2. 3D-реконструкция КЛКТ больного: характерная для акромегалии гипертрофия ветвей нижней челюсти, костной ткани подбородочного отдела
Fig. 2. 3D reconstruction of a CBCT scan of a patient: hypertrophy of the branches of the lower jaw and bone tissue of the chin region, characteristic of acromegaly

Fig. 2. 3D reconstruction of a CBCT scan of a patient: hypertrophy of the branches of the lower jaw and bone tissue of the chin region, characteristic of acromegaly

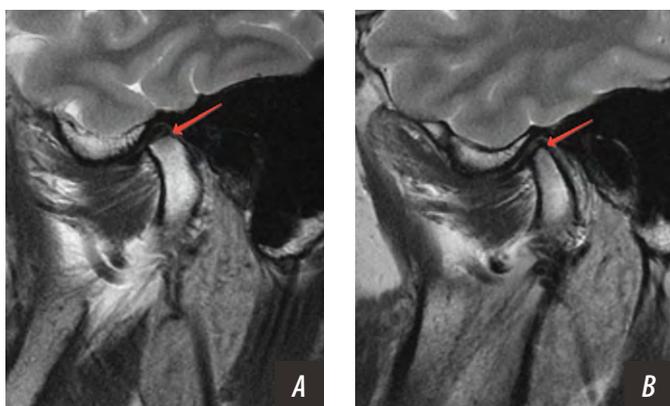


Рис. 3. МРТ-исследование ВНЧС справа (А) и слева (В) пациента с акромегалией: визуализируются явления артроза, сочетающиеся с 3-м классом зубочелюстной аномалии
Fig. 3. MRI examination of the TMJ on the right (A) and left (B) of a patient with acromegaly: signs of arthrosis are visualized, combined with class 3 dentoalveolar anomaly

Fig. 3. MRI examination of the TMJ on the right (A) and left (B) of a patient with acromegaly: signs of arthrosis are visualized, combined with class 3 dentoalveolar anomaly

фиксации пациентов при подготовке к ортогнатическим операциям (рис. 1).

При статистическом анализе данных для сравнения количественных признаков применяли U-критерий Манна—Уитни, различия считались достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гендерных особенностей развития и течения заболевания не отмечено.

По результатам МРТ головного мозга микроаденома гипофиза выявлена у 4 пациентов, макроаденома гипофиза — у 36 пациентов.

На момент включения в исследование (до начала лечения акромегалии) медианная концентрация ИФР-1 в крови составила 1247,25 [581,3—1412,7] нг/мл при референсных значениях для исследуемой когорты от 190 до 330 нг/мл, гормона роста — 25,43 [6,1—50,0] нг/мл при референсных значениях от 1 до 5 нг/мл.

По результатам анкетирования определено снижение качества жизни у всех пациентов с акромегалией, о чем свидетельствуют результаты, отличные от исходных 22 баллов у подавляющего большинства пациентов (38 человек). Балльные значения по ответам в опроснике у 33 пациентов находились в диапазоне от 22 до 44 баллов, что свидетельствовало о наличии незначительно выраженного снижения качества жизни. Умеренно выраженное снижение качества жизни отмечено у 6 пациентов. У 1 пациента по результатам опросника определено значительно выраженное снижение качества жизни. Среднее квадратичное отклонение составило $\sigma = 31,0 \pm 8,8$.

Одной из основных жалоб, предъявляемых к состоянию зубочелюстной системы, являлось изменение конфигурации лица у 33 (83%) человек, изменение прикуса у 23 (58%) пациентов. Половина (50%) из числа обследованных больных выраженные симптомы заболевания впервые отметили 5 и более лет назад.

При морфометрии зубочелюстной системы самыми частыми симптомами оказались нижнечелюстная макро- и прогнатия у 25 (62%) человек и частичная вторичная адентия челюстей — у 18 (45%) пациентов (рис. 2). Гонимальный угол нижней челюсти (Na—Go—Me), имеющий значения выше нормы, также свидетельствовал об отличии приобретенной патологии от врожденной и клинически проявлялся дизокклюзией жевательной группы зубов (табл. 1, см. рис. 1).

Однако при проведении инструментального обследования (МРТ) у 38 (95%) пациентов отмечались внутренние нарушения ВНЧС (рис. 3). На начальном этапе заболевания подобные изменения объясняются влиянием ИФР-1 на ткани сустава. У подавляющего большинства изменения ВНЧС протекали бессимптомно. Жалобы на дисфункцию ВНЧС были лишь у 9 (23%) человек, они характеризовались хрустом и щелчками при жевании.

Артропатия, приведшая к формированию болевой дисфункции ВНЧС, выявлена у 2 (5%) пациентов. Иррадиация боли в ухо и в височную область потребовала дифференциальной диагностики с целью исключения

Табл. 1. Данные цефалометрического анализа телерентгенограммы одного из обследованных пациентов, указывающие на отклонение от нормы

Table 1. Data form a cephalometric analysis of a teleradiogram of one of the examined patients, indicating a deviation from the norm

Параметр	Значение	Норма	SD
Сагитальные параметры			
SNA, °	85,5	82,0	3,5
Глубина верхней челюсти (FH—NA), °	91,1	90,0	3,0
SNB, °	91,4	80,9	3,4
Лицевой угол (FH—NPo), °	97,2	88,6	3,0
Угол лицевой плоскости SN (SN—NPog), °	91,6	80,5	4,0
ANB, °	-5,9	1,6	1,5
Число Витса, мм	-7,1	-1,0	1,0
β, °	46,2	31,0	4,0
Переднезадняя дисплазия (APDI), °	106,1	81,4	5,0
ODI+APDI, °	164,4	155,0	5,0
Вертикальные размеры			
SN—PP, °	7,4	7,0	2,0
Инклинация нёбной плоскости (PP—FH), °	1,7	-2,4	3,7
SN—MP, °	24,7	32,9	5,2
FMA (MP—FH), °	21,4	23,9	4,5
PP—MP, °	17,4	26,0	3,0
Угол турецкого седла (SN—Ar), °	112,3	124,0	5,0
Суставной угол, °	143,2	140,3	6,0
Гониальный угол (Ar—Go—Me), °	129,3	130,0	6,7
Верхний гониальный угол (Ar—Go—Na), °	51,6	60,0	5,0
Нижний гониальный угол (Na—Go—Me), °	77,7	71,2	6,0
Верхнее/нижнее гониальное соотношение, %	66,4	—	—
Общая сумма N—S—Art+ S—Art—Go + Art—Go—Me, °	384,7	396,0	4,0
Переднезадняя высота лица, %	74,5	63,0	3,0
Y—Axis (SGn—SN), °	59,5	67,0	5,5
Положение зубов			
U1—SN, °	108,4	102,5	5,5
U1—Нёбная плоскость, °	115,7	110,0	5,0
Протрузия нижних резцов (L1—MP), °	90,4	95,0	5,0
L1—SN, °	64,9	57,8	8,5
Межрезцовый угол (U1—L1), °	136,6	131,0	6,0
Оверджет, мм	-8,1	2,5	2,5
Овербайт, мм	-5,4	2,5	2,0
Индикатор глубины овербайт (ODI), °	58,3	74,5	5,0
Размер верхней челюсти			
Длина верхней челюсти (ANS—PNS), мм	55,3		
Мягкотканые параметры			
Отношение нижней губы к E-плоскости мм	0,9	-2,0	2,0
Отношение верхней губы к E-плоскости, мм	-5,1	-3,0	2,0
Мягкотканый профиль, °	166,0	161,0	4,0

оториноларингологической и неврологической патологии (у 1 пациентки был установлен диагноз хронического верхнечелюстного синусита). Боль негативно влияла на функции жевания и речеобразования, приводила к значительному ухудшению качества жизни пациентов с акромегалией.

Используя данные компьютерной томографии, мы проводили цефалометрический анализ телерентгенограмм пациентов с акромегалией, где А — самая глубокая точка на переднем контуре верхней челюсти, Se (S) — точка основания турецкого седла, В — наиболее глубокая точка на переднем контуре нижней челюсти, N — передняя точка носолобного шва (рис. 4). Согласно проведенным расчетам определены отклонения от нормальных параметров, характеризующиеся увеличением в объеме кости подбородочного отдела нижней челюсти [6].

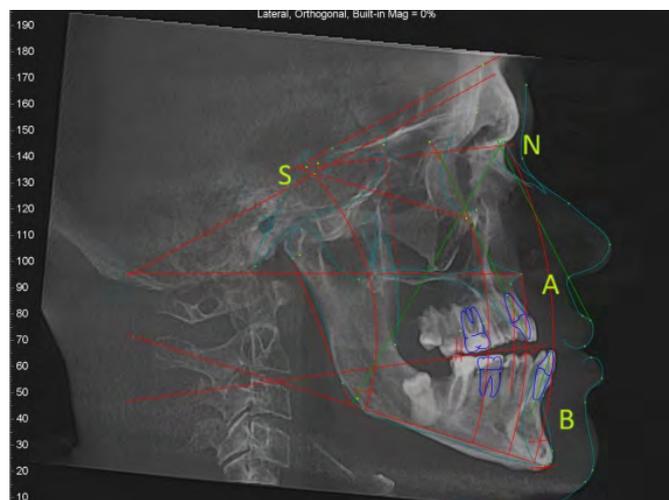


Рис. 4. Пример трассированной ТРГ в боковой проекции одного из пациентов с акромегалией

Fig. 4. An example of a traced TRG in the lateral projection of one of the patients with acromegaly

Средний угол SNA (положение базиса верхней челюсти относительно основания черепа) по телерентгенограмме составил 81°, что можно отнести к норме [7, 8], а средний показатель угла SNB (положение базиса нижней челюсти) при нашем исследовании составил 87° при норме около 79±1°. Значение угла SNB у пациентов с акромегалией подтверждает наличие переднего положения нижней челюсти, а значение параметров угла Ar—Go—Me в норме или меньше нормы имеет характерную именно для акромегалии деформацию нижней челюсти. С целью демонстрации используемых в ходе исследования критериев для подтверждения приобретенной деформации зубочелюстной системы у пациентов с акромегалией пример расчета данных цефалометрии одного из обследованных приведен в табл. 1.

Изменения конфигурации лица характеризовались массивной гипертрофией подкожно-жировой клетчатки, преимущественно средней трети, увеличением в объеме нижней губы и длины носа за счет гипертрофии перегородочного хряща. По фотопротоколу визуально определялась крючковидная деформация концевой отдела носа.

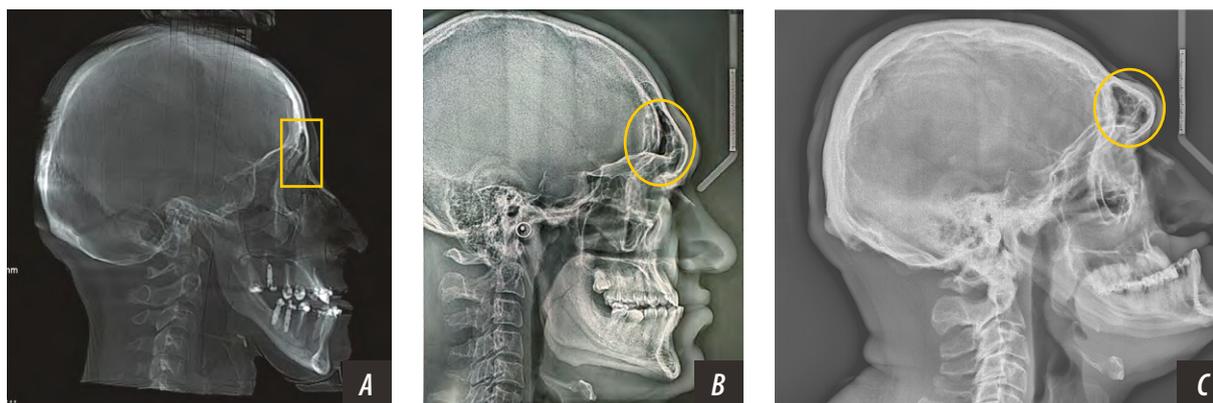


Рис. 5. ТРГ в боковой проекции пациента с врожденной патологией зубочелюстной системы (А), и пациентов с акромегалией (В, С)

Fig. 5. TRG in the lateral projection of a patient with congenital pathology of the dental system (A), and patients with acromegaly (B, C)

Профиль лица пациентов с акромегалией меняется, в том числе за счет гиперпневматизации лобных пазух (отмечено у 5 пациентов), что наглядно визуализируется на боковой телерентгенограмме и не характерно для других распространенных патологий зубочелюстной системы (рис. 5).

Отмечена зависимость проявления аномалий зубочелюстной системы от длительности заболевания. Наиболее выраженные и необратимые изменения морфологии лица отмечались у пациентов с манифестацией заболевания более 5 лет назад и активно прогрессирующие в период гиперпродукции гормона роста и ИФР-1.

Наиболее распространенная жалоба — затруднение пережевывания пищи (90%), 20% больных акромегалией жаловались на нарушение речеобразования за счет увеличения размеров языка (70%) и вторичной адентии верхней и нижней челюсти (табл. 2). У 30% больных увеличение в объеме языка привело к возникновению синдрома обструктивного апноэ сна. Исходя из проводимого нами исследования выявлено, что конфигурация

лица изменена за счет чрезмерного роста нижней челюсти у 25 (63%) человек, увеличения концевой отдела носа у 26 (65%) человек, увеличения объема нижней губы у 21 (53%) человека.

Уменьшение объема нижней губы, языка и уменьшение объема мягких тканей концевой отдела носа в течение 6 месяцев после нормализации уровня гормона роста и ИФР-1 (медикаментозно и/или после трансфеноидальной резекции опухоли) субъективно отмечено 7 пациентами, что характерно для данного заболевания и описывается многими зарубежными авторами [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У 95% пациентов, участвовавших в исследовании, выявлены нарушения ВНЧС; у 70% — увеличение размеров языка; у 63% нижнечелюстная макрогнатия; увеличение концевой отдела носа у 65%; увеличение объема нижней губы у 53% пациентов; 95% пациентов в той или иной степени отметили ухудшение качества жизни, связанного с заболеванием.

Большое влияние на появление выраженных скелетных аномалий оказывает продолжительность заболевания акромегалией. Стойкие морфологические изменения сохраняются, несмотря на биохимическую ремиссию заболевания, которая приводит лишь к уменьшению отека мягких тканей лица [10]. Для полноценной реабилитации пациенты с акромегалией нуждаются в наблюдении смежных специалистов (врачей — челюстно-лицевых хирургов, оториноларингологов).

Описанные нами и проанализированные характерные изменения у больных акромегалией позволят усовершенствовать подходы к диагностике заболевания, его лечению и долгосрочной реабилитации пациентов с акромегалией.

Поступила/Received: 06.03.2025

Принята в печать/Accepted: 12.03.2026

Таблица 2. Жалобы больных и нарушения, выявленные в ходе исследования

Table 2. Patient complaints and disorders identified during the study

Характеристика нарушения	абс., чел.	%
Боли ВНЧС	2	5
Затрудненное пережевывание пищи	36	90
Увеличение объема нижней губы	21	53
Увеличение концевой отдела носа	26	65
Синдром обструктивного апноэ сна	12	30
Макрогнатия нижней челюсти	26	65
Нарушение речеобразования	8	20
Макроглоссия	28	70
Изменения ВНЧС по данным МРТ	38	95
Клиническая симптоматика нарушений ВНЧС	9	23
Вторичная адентия челюстей	18	45
Пневматизация пазух	3	8

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Перепелова М.А., Луценко А.С., Уткина М.В., Тарбаева Н.В., Пржи-ялковская Е.Г. Поражение суставов у пациентов с акромегалией: потенциальные маркеры ранней диагностики. — *Ожирение и метаболизм*. — 2024; 2: 195—204. [eLibrary ID: 68615203](#)
[Perpelova M.A., Lutsenko A.S., Utkina M.V., Tarbaeva N.V., Przh-yalkovskaya E.G. Joint involvement in patients with acromegaly: potential markers for early diagnosis. — *Obesity and Metabolism*. — 2024; 2: 195—204 (In Russian)]. [DOI: 10.14341/omet13133](#)
2. Suojanen J., Hodzic Z., Palotie T., Stoor P. CAD/CAM engineered patient-specific implants as a reposition device in the mandible and modified subcondylar osteotomies: Case report of facial deformity correction in acromegaly. — *Craniomaxillofac Trauma Reconstr*. — 2020; 13 (3): 226—236. [PMID: 33456692](#)
3. Adigun O.O., Nguyen M., Fox T.J., Anastasopoulou C. Acromegaly. — StatPearls, 2025. [PMID: 28613738](#)
4. Wechsler S. Facial pain and temporomandibular joint dysfunction secondary to acromegaly: Treatment with manual therapy, neuromuscular re-education — A case report. — *Rehabil Oncol*. — 2020; 38 (3): 127—133. [PMID: 33447472](#)
5. Al-Hadlaq M., Sroussi H. Acromegaly: Overview and associated temporomandibular joint disorders. — *Oral Dis*. — 2024; 30 (6): 3652—3657. [PMID: 38225457](#)
6. Tanaka A., Shoji N., Kojima I., Kumasaka A., Sakamoto M., Sasaki K., Fukunaga T., Mizoguchi I., Tominaga T., Iikubo M. A comparative study on cephalometric differences in maxillofacial morphology between skeletal Class III cases with and without acromegaly: a pilot study. — *Oral Radiol*. — 2022; 38 (2): 224—233. [PMID: 34245408](#)
7. Roumeau S., Thevenon J., Ouchchane L., Maqdasy S., Batisse-Lignier M., Duale C., Pham Dang N., Caron P., Tauveron I., Devoize L. Assessment of oro-dental manifestations in a series of acromegalic patients, the Acro-Dent study. — *Endocr Connect*. — 2020; 9 (8): 824—833. [PMID: 32738132](#)
8. Preo G., De Stefani A., Dassi F., Wennberg A., Vettor R., Maffei P., Gracco A., Bruno G. The role of the dentist and orthodontist in recognizing oro-facial manifestations of acromegaly: a questionnaire-based study. — *Pituitary*. — 2022; 25 (1): 159—166. [PMID: 34518997](#)
9. De Stefani A., Dassi F., Wennberg A., Preo G., Muneratto A., Fabris R., Maffei P., Gracco A., Bruno G. Oral manifestations and maxillo-facial features in the acromegalic patient: A literature review. — *J Clin Med*. — 2022; 11 (4): 1092. [PMID: 35207363](#)
10. Giustina A., Biermasz N., Casanueva F.F., Fleseriu M., Mortini P., Strasburger C., van der Lely A.J., Wass J., Melmed S., Acromegaly Consensus Group. Consensus on criteria for acromegaly diagnosis and remission. — *Pituitary*. — 2024; 27 (1): 7—22. [PMID: 37923946](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_170

[А.С. Панкратов](#)^{1,2},

д.м.н., профессор кафедры
челюстно-лицевой хирургии; профессор
кафедры общей и хирургической
стоматологии

[Д.В. Ермолин](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой
хирургии

[Т.А. Геворкян](#)¹,

ординатор кафедры челюстно-лицевой
хирургии

[А.И. Шайхалиев](#)¹,

д.м.н., профессор кафедры
челюстно-лицевой хирургии

¹ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,
119048, Москва, Россия

² РМАНПО, 125993, Москва, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Панкратов А.С., Ермолин Д.В., Геворкян Т.А., Шайхалиев А.И. Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия: история развития и современное состояние. Систематический обзор. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 170—177. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_170

[A.S. Pankratov](#)^{1,2},

Doctor of Science in Medicine, professor
of the Maxillofacial surgery Department;
professor of the General and surgical dentistry
Department

[D.V. Ermolin](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Maxillofacial surgery Department

[T.A. Gevorgyan](#)¹,

postgraduate of the Maxillofacial surgery
Department

[A.I. Shaikhaliev](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, professor
of the Maxillofacial surgery Department

¹ Sechenov University, 119048,
Moscow, Russia

² Russian Medical Academy
of Continuous Professional Education,
125993, Moscow, Russia

Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия: история развития и современное состояние. Систематический обзор

Аннотация. Слюннокаменная болезнь — это распространенная патология слюнных желез, традиционное хирургическое лечение которой приводит к необратимым функциональным нарушениям, что негативно отражается на состоянии пищеварительного тракта в целом. В связи с этим в качестве перспективной альтернативы рассматривается разработка малоинвазивных органосохраняющих технологий, одной из которых является внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия. Однако ее внедрению в широкую практику препятствует сравнительно высокая стоимость оборудования, что требует создания доказательной базы, объективно подтверждающей клиническую эффективность метода. **Цель** — провести систематический обзор литературы по изучению эффективности и безопасности внутрипротоковой лазерной сиалолитотрипсии у пациентов со слюннокаменной болезнью. **Материалы и методы.** Проанализированы публикации из баз данных РИНЦ, Medline (PubMed) и др. за 1990—2025 гг. Использованы ключевые слова, отражающие сиалолитиаз, сиалэндоскопию и лазерную литотрипсию. Включались работы с описанием методики вмешательства, клинических исходов и осложнений. Применен качественный описательный синтез. **Результаты.** Включено 37 публикаций. Данные показывают, что лазерная сиалолитотрипсия позволяет фрагментировать камни и купировать клиническую симптоматику. Наиболее изучены гольмиевые и тулиевые лазеры. Метод имеет преимущества перед механическим дроблением, однако сохраняются ограничения: риск перфорации протока, стенозирования, наличие остаточных фрагментов, необходимость повторных вмешательств, а также влияние локализации камня и продолжительности процедуры на исход. Доказательная база ограничена, отсутствуют сравнительные проспективные исследования с другими малоинвазивными методиками. **Заключение.** Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия является перспективным органосохраняющим методом лечения слюннокаменной болезни, но имеет ограничения, что требует проведения сравнительных рандомизированных клинических испытаний для оценки функциональных исходов и безопасности в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: слюннокаменная болезнь, внутрипротоковая литотрипсия, лазеры, сиалэндоскопия

Intraductal laser sialolithotripsy: History of development and current state. Systematic review

Annotation. Sialolithiasis is a common pathology of the salivary glands, for which traditional surgical treatment often results in irreversible functional impairment, negatively affecting the digestive tract as a whole. In this context, the development of minimally invasive, gland-preserving technologies is considered a promising alternative, one of which is intraductal laser sialolithotripsy. However, its widespread adoption is limited by the relatively high cost of the equipment, necessitating the creation of an evidence base that objectively confirms the clinical effectiveness of the method. **Objective:** To conduct a systematic review of the literature evaluating the efficacy and safety of intraductal laser sialolithotripsy in patients with sialolithiasis. **Materials and methods.** Publications from the RSCI, Medline (PubMed), and Google Scholar databases published between 1990 and 2025 were analyzed. Keywords related to sialolithiasis, sialendoscopy, and laser lithotripsy were used. Studies describing the intervention technique, clinical outcomes, and complications were included. A qualitative descriptive synthesis was performed. **Results.** Thirty-seven publications were included. The data indicate that laser sialolithotripsy enables stone fragmentation and alleviation of clinical symptoms. Holmium and thulium lasers are the most extensively studied. The method has advantages over mechanical lithotripsy; however, limitations remain, including the risk of duct perforation and stenosis, residual stone fragments, the need for repeated interventions, as well as the influence of stone location and procedure duration on outcomes. The evidence base is limited, and comparative prospective studies with other minimally invasive techniques are lacking. **Conclusion:**

Intraductal laser sialolithotripsy is a promising gland-preserving treatment for sialolithiasis; however, it has certain limitations, underscoring the need for comparative randomized clinical trials to assess functional outcomes and long-term safety.

Key words: salivary stone disease, intraductal lithotripsy, lasers, sialoendoscopy

ВВЕДЕНИЕ

Слюннокаменная болезнь — это наиболее распространенный вид патологии слюнных желез [1], который поражает примерно 1% населения Земли [2]. Традиционным подходом к лечению пациентов с этим заболеванием, доминировавшим в медицинской практике до конца прошлого столетия, являлись либо трансартериальная сиалодуктотомия, либо экстирпация слюнной железы [2]. Однако данную стратегию нельзя назвать рациональной, так как после удаления одной слюнной железы полного восстановления объема слюноотделения не происходит, что может нарушить полноценное функционирование пищеварительной системы (Рижинашвили Р.С., 1967), а рассечение стенки выводного протока приводит к последующему формированию рубца в этом месте и, как следствие, к образованию стриктуры, которая может способствовать рецидиву заболевания. В связи с этим актуален поиск альтернативных способов лечения.

С 1990-х годов в медицинской практике используется экстракорпоральная сиалолитотрипсия, основанная на эффекте ударных волн создавать нагрузки, превышающие предел прочности конкремента, в результате чего он разрушается [3, 4]. В то же время ряд авторов сообщает, что вероятность достижения полноценного успешного клинического результата, по их данным, не превышает 50% [3, 5–7] при сравнительно высоком риске повреждения окружающих тканей, в том числе зубов [8]. Следует также учитывать, что разрушающее воздействие экстракорпоральной литотрипсии возникает только на границе конкремент/слюна, в связи с чем для разрушения ядра камня требуется проведение неоднократных воздействий [6]. Лечение, таким образом, приходится разделять на несколько сеансов, что отрицательно сказывается на его продолжительности. Соответственно, с появлением сиалоэндоскопов, диаметр которых соответствует таковому выводных протоков слюнных желез [9], данному направлению стало отводиться приоритетное внимание при обследовании и лечении больных с сиалолитиазом.

Главными преимуществами нового метода являются, во-первых, возможность не только определить наличие конкремента, но и оценить состояние стенок выводного протока в области, прилегающей к очагу поражения [10]. По мнению М.Коч и соавт. (2008), сиалоэндоскопия должна стать необходимым методом исследования при любых случаях, связанных с увеличением слюнных желез [11]. Во-вторых, метод дает возможность не только определить наличие конкремента, но и удалить его, не прибегая к инвазивным хирургическим вмешательствам [9]. Р. Сарассио и соавт. (2017)

FOR CITATION:

Pankratov A.S., Ermolin D.V., Gevorkyan T.A., Shaikhaliev A.I. Intraductal laser sialolithotripsy: History of development and current state. Systematic review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 170—177 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_170

полагают, что вопрос о проведении экстракорпоральной сиалолитотрипсии следует рассматривать только в тех случаях, когда невозможно удалить конкремент с помощью эндоскопического метода [6]. Такие ситуации возникают вследствие больших размеров камня (более 3 мм) или наличия стриктур выводного протока, и, по мнению автора, наблюдаются более чем в 80% случаев. Однако данная проблема также может быть решена благодаря использованию эндоскопа, путем выполнения сиалолитотрипсии непосредственно в протоке.

Одним из методов такого воздействия является высокоэнергетическое лазерное излучение, около полувека применяющееся в урологической практике [12], а после появления эндоскопов диаметром менее 2 мм и в хирургии слюнных желез [6]. Тем не менее данная технология до настоящего времени не вошла в широкую клиническую практику, чему препятствует высокая стоимость необходимого оборудования и расходных материалов.

Учитывая относительно ограниченные возможности бюджета большинства медицинских учреждений, вопрос о внедрении новых дорогостоящих методов диагностики и лечения, с точки зрения их финансового обеспечения, должен решаться на основе их доказанной рентабельности, где под понятием выгод подразумевается снижение частоты осложнений, продолжительности периода лечения и реабилитации.

С этой целью в международных программах организации здравоохранения применяется концепция ROI (Return-on-Investment) — возврата на инвестиции, которая исходит из достоверно установленной клинической эффективности соответствующей медицинской технологии. Данное понятие включает в себя комплексный анализ всех положительных и отрицательных аспектов, которые вызывает эта технология, и их совокупное влияние на окончательный результат лечения, включая полноценную оценку восстановления функциональных показателей и параметров качества жизни. Иными словами, целесообразность внедрения той или иной методики в широкую клиническую практику должна основываться на оценке соотношения цена (т.е. затраты на оборудование, расходные материалы, обучение)/качество (т.е. процент достижения оптимального результата лечения). Разумеется, вопрос о превращении лазерной сиалолитотрипсии в повсеместно применяемую рутинную методику также должен рассматриваться с этой точки зрения.

Анатомия протоковой системы слюнных желез и мочевыводящих путей, химический состав почечных и слюнных камней существенно различаются между собой [13, 14], в связи с чем нельзя механически перенести опыт урологической практики на лечение пациентов с сиалолитиазом. Здесь следует учитывать и возможные

негативные эффекты. Как сообщают Р. Сарассио и соавт. (2017), только 60% ударных волн, создаваемых лазерным излучением, фактически проникают в конкремент, в то время как остальные, отражаясь от его поверхности, могут вызывать нежелательные термические эффекты, приводящие к повреждению окружающих тканей, вплоть до перфорации стенки протока [6]. Кроме того, вследствие длительности процедуры и необходимости неоднократного проведения инструмента, возможно развитие стеноза, что будет требовать проведения дополнительного хирургического воздействия. Таким образом, на сегодняшний день требуется обобщение результатов, полученных в ходе клинических исследований по использованию лазерного излучения для фрагментации и удаления сиалолитов.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы была оценка эффективности применения интракопторальной лазерной сиалолитотрипсии в лечении пациентов со слюнокаменной болезнью в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде на основании систематического анализа литературы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ литературы по базам данных РИНЦ, Medline (PubMed) и др. с 1990 по 2025 г. Использовались поисковые термины, отражающие понятия «сиалолитиаз», «слюнокаменная болезнь», «калькулезный сиалоаденит», «конкременты слюнных желез», «камни вартонова/стенонова протока», «сиалоэндоскопия», «лазерная литотрипсия», «внутрипротоковая литотрипсия», «сиалоэндоскопическая лазерная фрагментация», «сиалоэндоскопическое ассистирование». Применялись логические операторы и/или (and/or). Дополнительно проводился перекрестный анализ ссылок. Анализировали источники на русском и английском языках.

Рассматривались экспериментальные исследования *in vitro*, клинические рандомизированные контролируемые испытания, проспективные и ретроспективные когортные исследования, исследования типа «случай—контроль» и серии наблюдений. В работу включались публикации, посвященные внутрипротоковой лазерной сиалолитотрипсии, содержащие описание методики вмешательства, клинические исходы и сведения об осложнениях. Статьи, не удовлетворяющие указанным требованиям, исключались. Применен метод качественного описательного синтеза (qualitative descriptive synthesis), предусматривающий сравнительный анализ эффективности различных типов лазеров, технических параметров и частоты осложнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При использовании перечисленных поисковых терминов в общей сложности было выявлено 73 публикации. После исключения дублирующих статей и работ, не удовлетворяющих критериям поиска, определено 37 источников, посвященных собственно вопросам применения лазерной сиалолитотрипсии в различные временные периоды, которые были включены в настоящее

исследование. Согласно проведенному анализу, получены следующие данные об эволюции представлений о возможностях применения метода.

Впервые лазерная сиалолитотрипсия осуществлена Р. Gundlach и соавт. в 1990 г., использовавших импульсный эксимерный лазер [15]. Из 12 случаев в 11 достигнута полная фрагментация и удаление конкрементов. В том же году R. Konigsberger и соавт. (1990) описали случай полной фрагментации камня с помощью лазерной сиалолитотрипсии, без повреждения стенок протока и ткани железы [16]. Однако благодаря воздействию импульсного лазера на красителе в исследовании Н. Ито и S. Baba (1996) полная фрагментация камня достигнута только в 6 случаев из 15 [17]. Еще в одном наблюдении удалось добиться уменьшения размеров камня на 50%, что позволило восстановить отток слюны. Таким образом, положительный клинический результат получен менее чем у половины пациентов. Е. Agroz и соавт. (1996) полагали, что применение пневмобаллистической энергии для сиалолитотрипсии более эффективно, нежели лазерное воздействие [13].

Однако благодаря появлению лазерных аппаратов нового поколения удалось повысить эффективность фрагментации сиалолитов до уровня 70% [18, 19]. J.M. Teichman и соавт. (1998) в эксперименте показали, что при использовании гольмиевого лазера фрагментация конкрементов, имеющих различный химический состав, происходит с распадом на частицы меньших размеров, чем это наблюдается в результате применения механических, электрогидравлических литотриптеров, импульсных лазеров на красителе [20].

В следующем году K.F. Chan и соавт. (1999) доказали, что основным механизмом воздействия гольмиевого лазера на разложение слюнных камней является создаваемый им фототермический эффект, а не фотоакустический процесс, связанный с формированием кавитационных полостей, как считалось ранее [21]. В исследовании V. Siedek и соавт. (2008) показано, что при использовании лазера FREDDY (двухимпульсного лазера на иттрий-алюминиевом гранате, легированном неодимом) фрагментация сиалолитов происходит быстрее, но при этом образуются более крупные частицы по сравнению с гольмиевым лазером, что объясняется эффектом температурной абляции последнего [8]. Таким образом, при использовании гольмиевого лазера разложение слюнных камней, в конечном итоге, происходит более эффективно.

По данным F. Schrözlmaier и соавт. (2015) фрагментации конкремента на частицы менее 2 мм в диаметре удавалось добиться во всех случаях [22]. Однако за счет создаваемого фототермического эффекта при длительном воздействии возможен ожог стенки выводного протока и окружающих тканей [23]. J.C. Luers и соавт. (2014), применявшие диодный лазер, продемонстрировали, что за счет непрерывной ирригации жидкости во время процедуры удается снизить температуру вокруг кончика лазерного волокна на 50% [24]. В настоящее время данная методика применяется при использовании всех типов лазеров. Тем не менее, как отмечают Sh.J. Wang и соавт. (2023), все еще существует

опасность того, что за счет продолжительной эксплуатации лазера в узком выводном протоке слюнной железы возможно накопление тепловой энергии, которое может служить предрасполагающим фактором для развития тепловой травмы [23]. Кроме того, постоянное интенсивное орошение может вызвать отек дна полости рта, неблагоприятно воздействовать на ткань слюнных желез. Неоднократное проведение эндоскопа, в свою очередь, способствует развитию стеноза [25], а под действием ударных волн, создаваемых в процессе дробления, возможен эффект ретропульсии, т.е. обратного смещения фрагментов конкремента [26, 27], что существенно затрудняет их последующее удаление.

Большинство работ, посвященных лазерной сиалолитотрипсии, опубликованных на протяжении последних двух десятилетий, рассматривают применение гольмиевого лазера. Метод позволяет добиться успеха не менее чем в 81% случаев [13, 23, 27–37]. В качестве основного критерия эффективности лечения авторы ориентируются на исчезновение клинической симптоматики (см. таблицу).

В то же время, по сообщению V. Rai и соавт. (2022), при сиалоэндоскопии, проведенной через 6 недель после вмешательства, в 88% наблюдений выявлены признаки обструкции выводного протока, вызванные его стенозированием, наличием остаточных фрагментов сиалолитов либо сочетанием этих факторов [32]. Указанный в таблице результат достигнут только через 6 месяцев, после проведения специальных лечебных мероприятий, включающих длительное стентирование протока. Но даже, несмотря на это, по данным контрольной сиалоэндоскопии, полное восстановление анатомической формы выводного протока отмечено только в 82% случаев.

М. Koch и соавт. (2021) регистрировали перфорацию стенки протока в 8%, его стенозирование — в 16%, мацерацию протокового эпителия, наличие остаточных фрагментов камней — в 49% наблюдений, что потребовало установки стентов [27]. В отдаленном периоде зафиксировано полное удаление 96% камней. При этом

лазерная сиалолитотрипсия была не единственным методом лечения у пациентов, включенных в исследование. В 20% случаев применялась экстракорпоральная литотрипсия, в 8% трансоральная протоковая хирургия. Аналогично, по сообщению V. Achim и соавт. (2017), использование гольмиевого лазера сочеталось с открытым оперативным вмешательством на выводном протоке у 3 из 10 пациентов [33]. Соответственно, указываемые авторами 100% клинического успеха относить только к интракорпоральной лазерной сиалолитотрипсии неправомерно. С другой стороны, Ch-H. Su и соавт. (2015, 2016), хотя и пишут, что в их наблюдениях выздоровление наблюдалось у всех пациентов, подвергавшихся лазерному воздействию, отмечают, что у 3 из 11 пациентов [34] и у 2 из 7 [35] в последующем требовалось проведение повторного сиалоэндоскопического лечения в связи с развитием таких осложнений, как стеноз протока, миграция стента, наличие остаточных камней. D.W. Chu и соавт. (2003) описывают клинический случай проведения сиалолитотрипсии, в ходе которой произошла миграция фрагмента сиалолита, в связи с чем пациентке была рекомендована повторная процедура, от которой она отказалась, предпочтя экстирпацию слюнной железы [38].

С.А. Епифанов и С.Ю. Золотухин (2019) наблюдали перфорацию протока в 23%, его стриктуру в 5%, наличие остаточных фрагментов в 3% случаев, что требовало нахождения стента до 14 суток [37]. Тем не менее при лазерном воздействии общий процент осложнений (31%) был значительно ниже, чем при механической литотрипсии, где он составил 71%, а клинический успех регистрировался всего в 29% случаев. По мнению Sh.J. Wang и соавт. (2023), критическим фактором, предрасполагающим к развитию осложнений, является продолжительность вмешательства. Авторы полагают, что она не должна превышать 210 минут [23]. По данным Ch-H. Su и соавт. (2016), время, затрачиваемое на процедуру дробления конкремента, при использовании гольмиевого лазера, занимает 91,3–157,7 минут [35].

Результаты клинического применения гольмиевого лазера при сиалолитотрипсии

Results of clinical application of holmium laser in sialolithotripsy

Источник	Количество пациентов	Полное исчезновение симптоматики, %
Guenzel et al. (2019) [28]	64	90
Kaluzny et al. (2022) [29]	32	84
Koch et al. (2019) [30], клиника Эрланген	12	100
Koch et al. (2019) [30], клиника Маккей	54	93
Koch et al. (2021) [27]	49	100
Martelucci et al. (2013) [31]	16	81
Sionis et al. (2014) [14]	15	93
Rai et al. (2022) [32]	50	98
Achim et al. (2017) [33]	10	100
Su et al. (2015) [34]	11	100
Su et al. (2016) [35]	7	100
Wang et al. (2023) [23]	54	95
Phillips, Withrow (2014) [36]	16	81
Епифанов, Золотухин (2019) [37]	62	90

J. Phillips, и K. Withrow (2014) считают, что эффективность методики существенно снижается при расположении конкремента в области изгиба вартонова протока, позади заднего края челюстно-подъязычной мышцы и ниже [36].

Эрбиевый лазер для целей сиалолитотрипсии был применен J. Raif и соавт. (2006) [19]. Авторы сообщили о клиническом успехе в 15 случаях из 18 (83%), что выражалось в исчезновении клинических симптомов. S.W. Yang и соавт. (2011) использовали CO₂-лазер в лечении 19 пациентов [39]. По их мнению, положительный результат был достигнут в 95% наблюдений, неудачный исход зафиксирован только у одного больного. При этом авторы отмечают, что еще у 1 пациента, где сиалолитотрипсия была успешной, в послеоперационном периоде образовалась ранула. Диодный лазер в клинических условиях был применен при лечении 25 больных с успешностью 92%. Наибольший камень, подвергшийся фрагментации, имел 4,5 мм в диаметре [40].

В экспериментальных условиях показано, что использование тулиевого лазера при литотрипсии может быть более предпочтительной альтернативой гольмиевому лазеру, позволяя удалять конкременты более быстро и плавно, что обеспечивается его высокой частотой импульсов, высокой плотностью мощности, снижением эффекта ретропульсии [41, 42]. По данным W. Kamal и соавт. (2016), при низких значениях энергии импульса вплоть до 8 Дж ретропульсия была минимальна, в то время как при использовании гольмиевого лазера отмечалось прямо пропорциональное линейное увеличение ретропульсии по мере возрастания энергии [43]. В исследовании Д.В. Жучковой и С.П. Сысолятина (2023) смещение конкремента под воздействием тулиевого лазера отмечалось в диапазоне от 2 до 10 мм, в зависимости от значений мощности и частоты импульса. Фрагментация сиалолитов происходила при всех изучаемых режимах. При максимальных значениях этот процесс занимал 7–10 минут, сопровождаясь повышением температуры ирригационного раствора до 48°С. При минимальных — подъем температуры был выражен значительно меньше, но продолжительность дробления возрастала до 57 минут [45, 46]. Авторы делают вывод, что в клинических условиях следует применять минимальные значения энергии и частоты импульса [44].

На основании полученных экспериментальных данных тулиевый лазер с энергией 0,025 Дж и частотой импульса 240 Гц был применен в лечении 20 больных с сиалолитиазом. Полное удаление всех фрагментов с очищением и восстановлением проходимости протока отмечено в 45% случаев. В 40% наблюдений сохранялись фрагменты сиалолитов, причем отмечались ситуации, когда они вколачивались в стенку протока, мигрировали в глубокие отделы железы, и их экстракция не представлялась возможной. В то же время по своим размерам они не могли вызывать полной обструкции протока, вследствие чего наблюдалась положительная клиническая симптоматика. У 15% пациентов потребовалась трансоральная протоковая хирургия. Случаев ожога стенки выводного протока не наблюдалось. Продолжительность вмешательств составила от 40

до 182 минут. По сравнению с внутрипротоковой механической сиалолитотрипсией, где дробления камня до фрагментов менее 1 мм не удалось добиться ни у одного из 20 пациентов, а в ряде случаев отмечалось травмирование стенки протока буром, лазерное воздействие оказывается гораздо более эффективным [47].

M. Durbek и соавт. (2012) исследовали эффективность тулиевого лазера у 63 пациентов. Полное удаление камней достигнуто в 73,9%, частичное — в 12,6% случаев. В 6,3% наблюдений сиалолитотрипсия была неэффективной. У 12,7% больных отмечалась перфорация стенки протока. Полное отсутствие симптоматики в отдаленном периоде (18 месяцев) зафиксировано только у 65% исследованных пациентов [25].

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время парадигмой хирургических исследований является разработка малоинвазивных органосохраняющих операций. Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия представляется перспективным направлением, отвечающим этой цели, для лечения пациентов со слюннокаменной болезнью. Приведенный в настоящей работе, анализ литературных данных показал, что данная методика имеет высокую эффективность применения, позволяя добиваться купирования острой клинической симптоматики в большинстве случаев.

По аналогии с урологической практикой для дробления сиалолитов преимущественно используется гольмиевый лазер [48]. К его преимуществам относится, во-первых, высокая степень поглощения создаваемой энергии водой, содержащейся в порах, трещинах и наростах на поверхности камня, что приводит к микровзрывам при тепловом расширении и испарении воды, что является важным дополнением к прямому поглощению лазерного излучения конкрементом, и к его термическому разложению [49]. Сравнительно высокая плотность энергии при малой частоте повторения импульсов способствует эффективной фрагментации сиалолитов при относительно быстром охлаждении области воздействия, что ведет к снижению тепловой нагрузки на окружающие ткани полости рта [50]. Во-вторых, это возможность передачи импульса по обычным оптоволоконным системам и сравнительно недорогой системой накачки [50]. Применению эрбиевого, диодного и CO₂-лазеров посвящены пока только единичные публикации [19, 39, 40], что скорее всего связано с экономическими факторами, так как при создаваемой ими длине волны требуются специальные оптические волокна. Такие специализированные волноводы (сапфировые, германиевые, фторидные, халькогенидные) имеют высокую стоимость, худшую биосовместимость, меньшую гибкость [49]. Энергия, создаваемая лазером FREDDY, отличается худшей водопоглощаемостью, не обеспечивает эффективной фрагментации твердых каменных пород [49], что было подтверждено в эксперименте на сиалолитах [8], в связи с чем этот тип воздействия не получил клинического применения в стоматологии.

Таким образом, на данный момент в качестве единственной реальной альтернативы гольмиевому излучению

рассматривается тулиевый лазер, обладающий рядом преимуществ, показанных в экспериментальных условиях [41, 42]. Для клинической практики предложены две его разновидности: Th:YAG, на твердотельном объемном кристалле (итрий-алюминиевый гранат), и более современный волоконный, где в качестве усиливающей среды используется химически легированное кремнеземное оптическое волокно. Основным преимуществом последних является способность выдавать значительную выходную мощность из волоконной сердцевины небольшого диаметра, что обеспечивает высокую интенсивность излучения [49]. В лечении пациентов с сиалолитиазом испытаны обе модификации [25, 47].

Достоверно доказанным фактом следует считать значительно более высокую эффективность лазерной сиалолитотрипсии по сравнению с механическим внутриводным дроблением камней, которое, кроме того, связано с высоким риском повреждения стенки протока, и потому в дальнейшем не рекомендуется к клиническому применению [37, 47]. С другой стороны, по мнению С. Schulze и соавт. (2025), электрокинетическое дробление оказывается более результативным, нежели лазерное, что продемонстрировано ими в экспериментальных условиях [51].

В то же время, как уже отмечалось выше, большинство авторов, применявших внутриводную лазерную сиалолитотрипсию, основным критерием успеха считают исчезновение клинической симптоматики, оценивая ее, как правило, на субъективных ощущениях пациента. Подобный подход не позволяет объективно характеризовать функциональное состояние оперированной слюнной железы в ближайшем и отдаленном периоде после хирургического вмешательства. Как справедливо отмечают V. Rai и соавт. (2022), наблюдаемый ими более низкий по сравнению с литературными данными процент больных, не имевших никаких симптомов, связан с тем, что авторы, в отличие от коллег, проводили оценку количества и характера выделяемой слюны после операции [32]. Более того, проводилась контрольная сиалоэндоскопия выводного протока, по данным которой, признаки обструкции протока выявлялись в 88% наблюдений, в том числе у пациентов, не имевших на момент исследования клинических симптомов. Отсюда делается вывод о том, что изменение функции слюноотделения является наиболее ранним признаком надвигающейся обструкции выводного протока и обязательно должно учитываться в комплексной оценке состояния железы после операции. Аналогично после стихания признаков отека мягких тканей необходимо проведение контрольной сиалоэндоскопии. О появлении признаков стенозирования выводного протока после лазерного воздействия отмечают и другие авторы, причем использовавшие как гольмиевый, так и тулиевый лазер [25, 27, 34, 35, 37, 38, 47].

Еще одним, часто наблюдаемым осложнением является перфорация стенки протока, частота которого достигает до 23% [25, 27, 37]. О. Nahlieli (2003, 2010) [52, 53] для предупреждения подобных осложнений рекомендует после операции устанавливать стенты в выводной проток минимум на 2 недели, а при необходимости

и дольше. Д.В. Жучкова (2024), кроме того, проводила поэтапное расширение протока перед вмешательством, с помощью стентов увеличивающегося диаметра 0,9–1,1–1,3–1,8 мм, заменяя их через сутки [47]. В подавляющем большинстве исследований, проанализированных в настоящей работе, авторы считали установку стентов необходимым. Несмотря на это, по данным V. Rai и соавт. (2022), в отдаленном послеоперационном периоде, в 18% наблюдений полного восстановления проходимости выводного протока добиться не удалось [32].

Нельзя не учитывать и то обстоятельство, что удаление всех фрагментов сиалолитов, образующихся после лазерного дробления, не всегда представляется возможным, что отмечают практически все авторы [25, 27, 32, 34, 35, 37, 38, 47]. Под действием эффекта ретропульсии они могут смещаться за ворота железы, внедряться в стенку протока и в дальнейшем являться основой нового камнеобразования. Вероятность подобного исхода возрастает при больших размерах конкремента, что требует проведения неоднократных процедур литотрипсии. По мнению V. Rai и соавт. (2022) [32], увеличение продолжительности сеанса лазерного дробления вызывает появление таких симптомов, как побеление стенок протока, их истончение или отек, что может являться предвестником развития перфорации, в связи с чем наличие конкремента более 7 мм в диаметре является показанием к разделению оперативного вмешательства на несколько этапов. Судить о влиянии различных типов лазеров на длительность процедуры в клинических условиях пока не представляется возможным вследствие ограниченного числа наблюдений, представленных в литературе. На эффективность внутриводной сиалолитотрипсии влияют также такие факторы, как локализация конкремента [36], деформация стенок протока [47].

Учитывая вышеизложенное, некоторые исследователи были вынуждены сочетать лазерное воздействие с открытой хирургией на выводном протоке [27, 33, 38, 47], что свидетельствует об определенных ограничениях технологии.

Суммируя данные литературы, проанализированные в настоящем обзоре, следует сделать вывод о том, что в настоящее время нет достаточной доказательной базы, позволяющей рекомендовать внедрение лазерной внутриводной сиалолитотрипсии в повседневную клиническую практику, несмотря на ее высокую эффективность при купировании острой клинической симптоматики. Метод имеет ряд достаточно серьезных ограничений, связанных с длительностью вмешательства и лечения в целом, необходимостью проведения неоднократных процедур дробления, травмированием стенки протока, локализацией конкремента. Эффект ретропульсии фрагментов камня может играть отрицательную роль, способствуя развитию рецидивов заболевания в последующем.

Перечисленные факторы, однако, не могут являться основанием для отказа от применения метода. Приоритетом в выборе лечебной стратегии должно быть не удобство, а эффективность [32]. Использование лазерного излучения, передаваемого через тонкий эндоскоп, представляется перспективным направлением,

комплексного изучения, всех аспектов воздействия которого в хирургии слюнных желез до сих пор не проведено. На данный момент имеются лишь единичные публикации, рассматривающие функциональное состояние слюнных желез на отдаленные сроки после хирургического вмешательства. Полностью отсутствуют проспективные рандомизированные исследования, сравнивающие эффективность лазерной сиалолитотрипсии с другими способами малоинвазивного хирургического лечения больных с сиалолитиазом, например с открытой внутриротовой протоковой хирургией, проводимой под эндоскопическим контролем, и последующим формированием искусственного устья выводного протока. Это диктует необходимость продолжения соответствующих исследовательских работ, парадигмой которых должно стать оценка функциональных параметров в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Афанасьев В.В., Мирзакулова У.Р. Слюнные железы. Болезни и травмы. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — С. 212—243. [Afanasev V.V., Mirzakulova U.R. Salivary glands. Diseases and injuries. — Moscow: GEOTAR-Media, 2019. — Pp. 212—243 (In Russian)].
2. Williams M.F. Sialolithiasis. — *Otolaryngol Clin North Am.* — 1999; 32 (5): 819—34. PMID: 10477789
3. Escudier M.P., Brown J.E., Drage N.A., McGurk M. Extracorporeal shock wave lithotripsy in the management of salivary calculi. — *Br J Surg.* — 2003; 90 (4): 482—5. PMID: 12673752
4. Абдусаламов М.Р., Афанасьев В.В., Гаматаев И.И. Сравнительная оценка лечения больных слюннокаменной болезнью с использованием минилитотриптеров и хирургического удаления конкремента. — *Российский стоматологический журнал.* — 2016; 1: 9—11. [Abdusalomov M.R., Afanasiev V.V., Gamataev I.I. Comparative assessment of the treatment of patients with cholelithiasis minilitriptero and surgical removal of calculus. — *Russian Journal of Dentistry.* — 2016; 1: 9—11 (In Russian)]. eLibrary ID: 26001554
5. Aïdan P., De Kerviler E., LeDuc A., Monteil J.P. Treatment of salivary stones by extracorporeal lithotripsy. — *Am J Otolaryngol.* — 1996; 17 (4): 246—50. PMID: 8827289
6. Capaccio P., Torretta S., Pignataro L., Koch M. Salivary lithotripsy in the era of sialendoscopy. — *Acta Otorhinolaryngol Ital.* — 2017; 37 (2): 113—121. PMID: 28516973
7. Zenk J., Bozzato A., Winter M., Gottwald F., Iro H. Extracorporeal shock wave lithotripsy of submandibular stones: evaluation after 10 years. — *Ann Otol Rhinol Laryngol.* — 2004; 113 (5): 378—83. PMID: 15174765
8. Siedek V., Betz C.S., Hecht V., Blagova R., Vogeser M., Zengel P., Berghaus A., Leunig A., Sroka R. Laser induced fragmentation of salivary stones: an in vitro comparison of two different, clinically approved laser systems. — *Lasers Surg Med.* — 2008; 40 (4): 257—64. PMID: 18412223
9. Nahlieli O., Baruchin A.M. Endoscopic technique for the diagnosis and treatment of obstructive salivary gland diseases. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 1999; 57 (12): 1394—402. PMID: 10596658
10. Сысолятин С.П., Банникова К.А., Сысолятин П.Г., Палкина М.О., Иванов С.Ю. Малоинвазивная эндоскопическая хирургия сиалолитиаза. — *Голова и шея.* — 2018; 1: 52—56. eLibrary ID: 41304590 [Sysolyatin S.P., Bannikova K., Sysolyatin P.G., Palkina M.O., Ivanov S.Yu. Less invasive endoscopic surgery of sialolithiasis. — *Head and Neck.* — 2018; 1: 52—56 (In Russian)]. DOI: 10.25792/HN.2018.6.1.52-56
11. Koch M., Zenk J., Iro H. [Diagnostic and interventional sialoscopy in obstructive diseases of the salivary glands]. — *HNO.* — 2008; 56 (2): 139—44 (In German). PMID: 17676291
12. Mulvaney W.P., Beck C.W. The laser beam in urology. — *J Urol.* — 1968; 99 (1): 112—5. PMID: 5637225
13. Arzoz E., Santiago A., Esnal F., Palomero R. Endoscopic intracorporeal lithotripsy for sialolithiasis. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 1996; 54 (7): 847—52. PMID: 8676229
14. Sionis S., Caria R.A., Trucas M., Brennan P.A., Puxeddu R. Sialoendoscopy with and without holmium:YAG laser-assisted lithotripsy in the management of obstructive sialadenitis of major salivary glands. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2014; 52 (1): 58—62. PMID: 24280118
15. Gundlach P., Scherer H., Hopf J., Leege N., Müller G., Hirst L., Scholz C. [Endoscopic-controlled laser lithotripsy of salivary calculi. In vitro studies and initial clinical use]. — *HNO.* — 1990; 38 (7): 247—50 (In German). PMID: 2394601
16. Königsberger R., Feyh J., Goetz A., Schilling V., Kastenbauer E. [Endoscopic controlled laser lithotripsy in the treatment of sialolithiasis]. — *Laryngorhinootologie.* — 1990; 69 (6): 322—3 (In German). PMID: 2378659
17. Ito H., Baba S. Pulsed dye laser lithotripsy of submandibular gland salivary calculus. — *J Laryngol Otol.* — 1996; 110 (10): 942—6. PMID: 8977858
18. Marchal F., Becker M., Dulguerov P., Lehmann W. Interventional sialendoscopy. — *Laryngoscope.* — 2000; 110 (2 Pt 1): 318—20. PMID: 10680937
19. Raif J., Vardi M., Nahlieli O., Gannot I. An Er:YAG laser endoscopic fiber delivery system for lithotripsy of salivary stones. — *Lasers Surg Med.* — 2006; 38 (6): 580—7. PMID: 16705704
20. Teichman J.M., Vassar G.J., Bishoff J.T., Bellman G.C. Holmium:YAG lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed dye laser or electrohydraulic lithotripsy. — *J Urol.* — 1998; 159 (1): 17—23. PMID: 9400428
21. Chan K.F., Vassar G.J., Pfefer T.J., Teichman J.M., Glickman R.D., Weintraub S.T., Welch A.J. Holmium:YAG laser lithotripsy: A dominant photothermal ablative mechanism with chemical decomposition of urinary calculi. — *Lasers Surg Med.* — 1999; 25 (1): 22—37. PMID: 10421883
22. Schrötzlmair F., Müller M., Pongratz T., Eder M., Johnson T., Vogeser M., von Holzschuher V., Zengel P., Sroka R. Laser lithotripsy of salivary stones: Correlation with physical and radiological parameters. — *Lasers Surg Med.* — 2015; 47 (4): 342—9. PMID: 25788338
23. Wang S.J., Chen L.C., Lin Y.C., Chen Y.C., Dang L.H., Chen P.Y., Su C.H., Hung S.H. Prognostic factors for the outcome of salivary gland holmium:YAG laser intraductal lithotripsy. — *Ear Nose Throat J.* — 2023; 102 (7): NP308-NP312. PMID: 33877921
24. Luers J.C., Petry-Schmelzer J.N., Hein W.G., Gostian A.O., Hüttenbrink K.B., Beutner D. Fragmentation of salivary stones with a 980nm diode laser. — *Auris Nasus Larynx.* — 2014; 41 (1): 76—80. PMID: 23871189

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внутрипротоковая лазерная сиалолитотрипсия является эффективным методом органосохраняющей хирургии, позволяющей купировать острую клиническую симптоматику у пациентов со слюннокаменной болезнью. Доказано ее преимущество перед механической сиалолитотрипсией. Тем не менее метод имеет ряд ограничений, отсутствует его сравнительная характеристика с другими методами малоинвазивных оперативных вмешательств на слюнных железах, что требует продолжения исследовательских работ в данном направлении для решения вопроса о целесообразности внедрения данной технологии в широкую клиническую практику.

Поступила/Received: 25.12.2025

Принята в печать/Accepted: 25.02.2026

25. Durbec M., Dinkel E., Vigier S., Disant F., Marchal F., Faure F. Thulium-YAG laser sialendoscopy for parotid and submandibular sialolithiasis. — *Lasers Surg Med.* — 2012; 44 (10): 783—6. [PMID: 23224989](#)
26. Баникова К.А. Эндосиалоскопия в диагностике и лечении пациентов с сиалолитиазом: автореф. дис. ... к.м.н. — М., 2021. — 26 с. [Bannikova K.A. Endosialoscopy in the diagnosis and treatment of patients with sialolithiasis]: dissertation abstract. — Moscow: RUDN University, 2021. — 26 p (in Russian)]
27. Koch M., Schapher M., Mantsopoulos K., Iro H. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis using the Calculase III™ Ho:YAG laser: First experiences. — *Lasers Surg Med.* — 2021; 53 (4): 488—498. [PMID: 32997838](#)
28. Guenzel T., Hoch S., Heinze N., Wilhelm T., Gueldner C., Franzen A., Coordes A., Lieder A., Wiegand S. Sialendoscopy plus laser lithotripsy in sialolithiasis of the submandibular gland in 64 patients: A simple and safe procedure. — *Auris Nasus Larynx.* — 2019; 46 (5): 797—802. [PMID: 30765274](#)
29. Kałużny J., Klimza H., Tokarski M., Piersiala K., Witkiewicz J., Katulska K., Wierzbicka M. The Holmium:YAG laser lithotripsy—a non-invasive tool for removal of midsize stones of major salivary glands. — *Lasers Med Sci.* — 2022; 37 (1): 163—169. [PMID: 33219871](#)
30. Koch M., Hung S.H., Su C.H., Lee K.S., Iro H., Mantsopoulos K. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis with two different Ho:YAG lasers: presetting parameters, effectiveness, success rates. — *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* — 2019; 23 (13): 5548—5557. [PMID: 31298306](#)
31. Martellucci S., Pagliuca G., de Vincentiis M., Greco A., Fusconi M., De Virgilio A., Gallipoli C., Gallo A. Ho:YAG laser for sialolithiasis of Wharton's duct. — *Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2013; 148 (5): 770—4. [PMID: 23462654](#)
32. Rai V., Walvekar R.R., Verma J., Monga U., Rai D., Munjal M. Laser-assisted sialolithotripsy: A correlation of objective and subjective outcomes. — *Laryngoscope.* — 2022; 132 (12): 2344—2349. [PMID: 35289948](#)
33. Achim V., Light T.J., Andersen P.E. Gland preservation in patients undergoing sialoendoscopy. — *Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2017; 157 (1): 53—57. [PMID: 28669304](#)
34. Su C.H., Lee K.S., Tseng T.M., Hung S.H. Endoscopic Holmium:YAG laser-assisted lithotripsy: A preliminary report. — *B-ENT.* — 2015; 11 (1): 57—61.
35. Su C.H., Lee K.S., Hsu J.H., Lee F.P., Lin H.Y., Lin S.P., Hung S.H. Pediatric sialendoscopy in Asians: A preliminary report. — *J Pediatr Surg.* — 2016; 51 (10): 1684—7. [PMID: 27325357](#)
36. Phillips J., Withrow K. Outcomes of Holmium Laser-Assisted Lithotripsy with Sialendoscopy in Treatment of Sialolithiasis. — *Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2014; 150 (6): 962—7. [PMID: 24598407](#)
37. Епифанов С.А., Золотухин С.Ю. Использование контактной лазерной литотрипсии в лечении больных сиалолитиазом. — *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова.* — 2019; 1: 49—52. [eLibrary ID: 45702554](#) [Epifanov S.A., Zolotukhin S.Yu. Usage of contact laser-based lithotripsy in treatment of sialolithiasis. — *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center.* — 2019; 1: 49—52 (In Russian)]. [DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.92.20.010](#)
38. Chu D.W., Chow T.L., Lim B.H., Kwok S.P. Endoscopic management of submandibular sialolithiasis. — *Surg Endosc.* — 2003; 17 (6): 876—9. [PMID: 12618947](#)
39. Yang S.W., Chen T.A. Transoral carbon dioxide laser sialolithectomy with topical anaesthesia. A simple, effective, and minimally invasive method. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2011; 40 (2): 169—72. [PMID: 21050722](#)
40. Angiero F., Benedicenti S., Romanos G.E., Crippa R. Sialolithiasis of the submandibular salivary gland treated with the 810- to 830-nm diode laser. — *Photomed Laser Surg.* — 2008; 26 (6): 517—21. [PMID: 19099383](#)
41. Hardy L.A., Wilson C.R., Irby P.B., Fried N.M. Thulium fiber laser lithotripsy in an in vitro ureter model. — *J Biomed Opt.* — 2014; 19 (12): 128001. [PMID: 25518001](#)
42. Blackmon R.L., Case J.R., Trammell S.R., Irby P.B., Fried N.M. Fiber-optic manipulation of urinary stone phantoms using holmium:YAG and thulium fiber lasers. — *J Biomed Opt.* — 2013; 18 (2): 28001. [PMID: 23377013](#)
43. Kamal W., Kallidonis P., Koukiou G., Amanatides L., Panagopoulos V., Ntasiotis P., Liatsikos E. Stone retropulsion with Ho:YAG and Tm:YAG lasers: A clinical practice-oriented experimental study. — *J Endourol.* — 2016; 30 (11): 1145—1149. [PMID: 27527803](#)
44. Жучкова Д.В., Сысолятин С.П. Экспериментальное исследование эффекта ретропульсии при сиалолитотрипсии тулиевым лазером. — *Клиническая стоматология.* — 2023; 1: 121—125. [eLibrary ID: 50465578](#) [Zhuchkova D.V., Sysolyatin S.P. Experimental investigation of the effect of retropulsion in sialolithotripsy with a thulium laser. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2023; 1: 121—125 (In Russian)]. [DOI: 10.37988/1811-153X_2023_1_121](#)
45. Жучкова Д.В., Баникова К.А. Исследование процесса лазерного дробления сиалолитов в эксперименте. — В: сб. тр. конф. «Актуальные вопросы челюстно-лицевой хирургии и стоматологии». — СПб.: ВМА им. С.М. Кирова, 2022. — С. 103—105 [Zhuchkova D.V., Bannikova K.A. Investigation of the process of laser crushing of sialolites in an experiment. — In: proceedings of "Current issues in maxillofacial surgery and dentistry" conference. — Saint-Petersburg: Military Medical Academy, 2022. — Pp.103—105 (In Russian)]. [eLibrary ID: 49875755](#)
46. Жучкова Д.В., Сысолятин С.П. Выбор безопасного режима работы тулиевого лазера при сиалолитотрипсии in vitro. — *Клиническая стоматология.* — 2024; 1: 84—89. [eLibrary ID: 63433225](#) [Zhuchkova D.V., Sysolyatin S.P. Thulium laser safe mode selection for in vitro sialolithotripsy. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2024; 1: 84—89 (In Russian)]. [DOI: 10.37988/1811-53X_2024_1_84](#)
47. Жучкова Д.В. Эндоскопическая лазерная сиалолитотрипсия (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... к.м.н. — М., 2024. — 23 с. [Zhuchkova D.V. Endoscopic laser sialolithotripsy (experimental clinical study): dissertation abstract. — Moscow: RUDN University, 2024. — 23 p. (in Russian)].
48. Scales C.D. Jr, Lai J.C., Dick A.W., Hanley J.M., van Meijgaard J., Setodji C.M., Saigal C.S., Urologic Diseases in America Project Comparative effectiveness of shock wave lithotripsy and ureteroscopy for treating patients with kidney stones. — *JAMA Surg.* — 2014; 149 (7): 648—53. [PMID: 24839228](#)
49. Fried N.M., Irby P.B. Advances in laser technology and fibre-optic delivery systems in lithotripsy. — *Nat Rev Urol.* — 2018; 15 (9): 563—573. [PMID: 29884804](#)
50. Faklaris I., Bouropoulos N., Vainos N.A. Sialolithiasis: Application parameters for an optimal laser therapy. — *J Biophotonics.* — 2020; 13 (7): e202000044. [PMID: 32277604](#)
51. Schulze C., Thangavelu K., Gehrt F., Schatton R., Keil C., Heers H., Abozenah N.H., Stuck B.A., Geisthoff U. Intracorporeal lithotripsy of salivary stones: in vitro comparison of different methods. — *Eur Arch Otorhinolaryngol.* — 2025; 282 (6): 3233—3244. [PMID: 40053089](#)
52. Nahlieli O., Shacham R., Bar T., Eliav E. Endoscopic mechanical retrieval of sialoliths. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* — 2003; 95 (4): 396—402. [PMID: 12686923](#)
53. Nahlieli O., Shacham R., Zaguri A. Combined external lithotripsy and endoscopic techniques for advanced sialolithiasis cases. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2010; 68 (2): 347—53. [PMID: 20116707](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_178

[Г.А. Демьяшкин](#)¹,

д.м.н., врач-патологоанатом, ведущий научный сотрудник научно-образовательного ресурсного центра инновационных технологий иммунофенотипирования, цифрового пространственного профилирования и ультраструктурного анализа (молекулярной морфологии)

[М.Ю. Дурасов](#)¹,

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[А.А. Мураев](#)¹,

д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[К.А. Силаков](#)¹,

м.н.с. научно-образовательного ресурсного центра инновационных технологий иммунофенотипирования, цифрового пространственного профилирования и ультраструктурного анализа (молекулярной морфологии)

[Д.Ю. Милюкова](#)²,

научный сотрудник кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии

[С.Ю. Иванов](#)^{1,2},

член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии; зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии

[Г.Е. Дженжера](#)³,

научный сотрудник

[А.А. Ушаков](#)³,

научный сотрудник

¹ РУДН, 117198, Москва, Россия

² Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119991, Москва, Россия

³ ООО «Бонабайт», 125284, Москва, Россия

Иммуногистохимическая характеристика реакций местных тканей при имплантации высокопористых имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата

Реферат. Разработка биосовместимых имплантационных материалов остается одной из приоритетных задач современной челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. В статье представлена оценка тканевых реакций при подкожной имплантации изделий, изготовленных методом 3D-печати из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полиметилметакрилата (ПММА). Проведен морфологический и иммуногистохимический (ИГХ) анализ мягких тканей в различные сроки после имплантации с использованием маркеров CD3, CD20, VEGF и коллагена I типа. **Цель исследования** — оценка иммуногистохимической реакции местных тканей при подкожной имплантации изделий на основе ПЭЭК и ПММА, а также определение их биосовместимости для клинического использования. **Материалы и методы.** В исследовании использованы образцы мягких тканей экспериментальных животных после подкожной имплантации имплантатов из двух классов полимеров — ПЭЭК и ПММА. ПЭЭК был представлен тремя коммерческими вариантами (Tecafil, Vestakeep, Arium), а ПММА — одним (Bonleculc). Проводили морфологический и ИГХ-анализ с использованием антител к CD3, CD20, VEGF и коллагену I типа. Количественная оценка проводилась в стандартных полях зрения на микропрепаратах. **Результаты.** В ходе исследования установлены различия в характере воспалительного ответа, интенсивности ангиогенеза и выраженности фиброза в зависимости от состава материала. Полученные данные подтверждают высокую биосовместимость ПЭЭК и демонстрируют перспективность его применения в реконструктивной хирургии. Слабо выраженная воспалительная реакция выявлена вблизи всех типов имплантатов, однако именно в группе ПЭЭК наблюдалась наиболее стабильная тканевая реакция: плотность CD3⁺-клеток соответствовала 1—2 баллам, а уровень VEGF оставался стабильным на всех сроках (2—3 балла). В группе ПММА отмечен более выраженный иммунный ответ, особенно на 7-е сутки, где плотность CD3⁺-лимфоцитов достигала 3 баллов, что в 2,8 раза выше, чем в группе ПЭЭК ($p < 0,05$); также зарегистрировано увеличение экспрессии антител к VEGF и коллагену I типа до 3 баллов с последующим снижением к 60-м суткам. **Заключение.** Результаты подтверждают высокую биосовместимость ПЭЭК и его низкую иммуногенность, что делает его предпочтительным материалом для имплантации. ПММА и его производные могут вызывать более выраженные тканевые реакции, требующие дальнейшего изучения и оптимизации.

Ключевые слова: ПЭЭК, ПММА, биосовместимость, иммуногистохимия, имплантаты, воспаление, 3D-печать

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Демьяшкин Г.А., Дурасов М.Ю., Мураев А.А., Силаков К.А., Милюкова Д.Ю., Иванов С.Ю., Дженжера Г.Е., Ушаков А.А. Иммуногистохимическая характеристика реакций местных тканей при имплантации высокопористых имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 178—186. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_178

[G.A. Demyashkin](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, pathologist, leading researcher at the Scientific and Educational Resource Center for Innovative Technologies of Molecular Morphology

[M.Yu. Durasov](#)¹,

postgraduate student of the Maxillofacial surgery and surgical dentistry Department

[A.A. Muraev](#)¹,

Doctor of Science in Medicine, professor of the Maxillofacial surgery and surgical dentistry Department

Immunohistochemical characterization of local tissue reactions to the implantation of highly porous implants based on polyetheretherketone and polymethylmethacrylate

Abstract. The development of biocompatible implant materials remains a key priority in modern maxillofacial surgery and dental practice. This study presents an evaluation of tissue responses to subcutaneous implantation of 3D-printed constructs made from polyetheretherketone (PEEK) and polymethylmethacrylate (PMMA). A morphological and immunohistochemical analysis was performed at various time points after implantation, using markers such as CD3, CD20, VEGF, and

[K.A. Silakov](#)¹,

junior researcher of the Scientific and Educational Resource Center for Innovative Technologies of Molecular Morphology

[D.Yu. Milyukova](#)²,

researcher of the Surgical Dentistry and Maxillofacial surgery Department

[S.Yu. Ivanov](#)^{1,2},

Russian Academy of Science corresponding member, Doctor of Science in Medicine, full professor of the Maxillofacial surgery and surgical dentistry Department; full professor of the Maxillofacial surgery Department

[G.E. Dzhendzhera](#)³,

researcher

[A.A. Ushakov](#)³,

researcher

¹RUDN University,

117198, Moscow, Russia

²Sechenov University,

119991, Moscow, Russia

³“Bonabyte” LLC, 125284, Moscow, Russia

Collagen I. The findings revealed differences in inflammatory response, angiogenesis, and fibrosis depending on the material composition. The results confirm the high biocompatibility of PEEK and highlight its potential for use in reconstructive surgery. **Objective:** To assess the immunohistochemical response of local tissues following subcutaneous implantation of PEEK and PMMA-based materials, and to determine their biocompatibility for clinical applications. **Materials and methods.** Soft tissue samples were obtained from experimental animals after subcutaneous implantation of implants made from four different polymers. Morphological and immunohistochemical analyses were conducted using antibodies to CD3, CD20, VEGF, and Collagen I. Quantitative assessment was performed within standardized microscopic fields. **Results.** The study revealed differences in the inflammatory response, angiogenesis, and fibrosis depending on the material composition. The findings confirm the high biocompatibility of PEEK and demonstrate its potential for use in reconstructive surgery. Mild inflammatory reaction was observed near all implant types; however, the PEEK group exhibited the most stable tissue response, with CD3⁺ cell density corresponding to 1–2 scores and stable VEGF levels (2–3 scores) throughout the observation period. In contrast, the PMMA group showed a more pronounced immune response, particularly on day 7, where CD3⁺ lymphocyte density reached 3 scores, exceeding the PEEK group by 2.8-fold ($p < 0.05$); increased expression of VEGF and Collagen I (up to 3 scores) was also observed, followed by a decrease by day 60. **Conclusion.** The results demonstrate the high biocompatibility and low immunogenicity of PEEK, supporting its use as a preferred implant material. PMMA-based materials may elicit stronger tissue reactions and warrant further investigation and surface optimization.

Key words: PEEK, PMMA, biocompatibility, immunohistochemistry, implants, inflammation, 3D printing

FOR CITATION:

Demyashkin G.A., Durasov M.Yu., Muraev A.A., Silakov K.A., Milyukova D.Yu., Ivanov S.Yu., Dzhendzhera G.E., Ushakov A.A. Immunohistochemical characterization of local tissue reactions to the implantation of highly porous implants based on polyetheretherketone and polymethylmethacrylate. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 178–186 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_178

ВВЕДЕНИЕ

В нейрохирургии, травматологии, челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии важной задачей остается поддержание и оптимизация репаративной регенерации костной ткани при использовании искусственных внутрикостных и на костных имплантатов. Особое внимание уделяется разработке биосовместимых материалов, способствующих восстановлению утраченных тканей и их функций. Использование полимеров, в частности индивидуальных ПЭЭК-имплантатов, значительно повысило эффективность лечения крупных костных дефектов. Метаанализ показывает, что ПЭЭК-краниопластика связана со снижением шансов послеоперационных осложнений в 7,7 раза по сравнению с аутотрансплантатом и в 7,9 раза по сравнению с титановой сеткой, а также с более низким риском отказа имплантата [1]. Клинические исследования подтверждают успешную интеграцию и костную регенерацию у 91,7–100% пациентов [2, 3]. Ключевой целью в этой сфере остается создание имплантационных материалов, сочетающих высокую механическую прочность и долговечность с минимальной реакцией окружающих тканей после установки. Это критически важно для успешной остеоинтеграции имплантата и снижения риска осложнений, включая воспаление, фиброз или отторжение.

Согласно актуальному бюллетеню ВОЗ «Охрана здоровья полости рта» (2025), заболевания полости

рта, включая полную потерю зубов, затрагивают почти 3,7 млрд человек в мире, что подтверждает глобальный масштаб этой проблемы. Распространенность полной адентии достигает 23% среди населения старше 60 лет.

В клинической практике челюстно-лицевой и травматологической хирургии переломы нижней челюсти остаются одними из самых распространенных. Согласно данным различных исследований, их доля среди всех переломов костей лицевого черепа составляет от 65,2 до 92%, в зависимости от выборки и условий наблюдения [4].

Эффективность реконструктивного лечения в любой части организма напрямую коррелирует с биосовместимостью материалов имплантатов. Как показывают исследования, в 10–15% случаев послеоперационные осложнения возникают из-за нежелательной реакции тканей на имплантат, что актуализирует создание усовершенствованных, биологически инертных материалов [5].

Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) и полиметилметакрилат (ПММА) считаются перспективными материалами благодаря таким характеристикам, как прочность, износостойкость и биосовместимость [6]. Имплантаты и тканевые барьерные мембраны из ПЭЭК, изготовленные методом 3D-печати, применяются для контурной пластики костей лицевого скелета, замещения позвонков, устранения дефектов черепа, направленной костной регенерации альвеолярной кости [7–9]. В то время как данных о клиническом применении ПММА значительно

меньше, его использование ограничено в основном стоматологией и ортопедией, преимущественно в виде костного цемента [9].

Исследование механизмов взаимодействия имплантатов из полимеров с мягкими тканями: кожей и слизистой оболочкой полости рта — столь же важно, как и с костной тканью, поскольку в случае их экспозиции существует риск проникновения инфекции в костные структуры [10]. Влияние имплантатов, изготовленных из ПЭЭК и ПММА методом 3D-печати, на окружающие ткани при подкожной имплантации изучено не в полной мере, особенно в аспекте воспаления, фиброза, васкуляризации и иммунного ответа. Современные данные свидетельствуют, что выраженность этих процессов зависит от структуры и состава материала. В частности, исследования подтверждают, что пористые материалы с модифицированной поверхностью уменьшают воспаление и стимулируют ангиогенез, способствуя лучшей интеграции имплантата [11].

Основными гистологическими маркерами, характеризующими интенсивность воспалительного и иммунного ответа в окружающей имплантат соединительной ткани, выступают клеточные элементы иммунной системы — Т- и В-лимфоциты. Их количественное присутствие и распределение в тканях служит объективным показателем степени лимфоцитарной инфильтрации [12]. Параллельно важными диагностическими критериями являются состояние сосудистого компонента и особенности организации коллагеновых волокон, поскольку именно эти морфологические структуры наиболее точно отражают динамику фиброзных изменений в периимплантационной зоне [13].

Создание инновационных материалов, отвечающих критериям биосовместимости и снижающих вероятность послеоперационных осложнений, представляет собой значимое направление в современной восстановительной хирургии, в том числе в стоматологии. Особую важность это приобретает для пациентов с хроническими патологиями, иммунными нарушениями или индивидуальной непереносимостью имплантационных материалов. Изучение механизмов тканевого ответа на имплантаты позволит усовершенствовать их характеристики для повышения клинической эффективности. При этом иммуногистохимические аспекты взаимодействия имплантатов с окружающими тканями требуют более детального исследования, что подчеркивает актуальность их всестороннего изучения.

Учитывая все вышесказанное, настоящее исследование посвящено актуальной проблеме стоматологии и челюстно-лицевой хирургии — разработке биосовместимых материалов, способствующих эффективной остеоинтеграции и снижению вероятности послеоперационных осложнений.

Цель — оценка иммуногистохимической реакции местных тканей при подкожной имплантации изделий на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата, изготовленных методом 3D-печати, а также определение их биосовместимости и безопасности для целевого применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выборочную совокупность исследования составили экспериментальные животные, которым проводили подкожную имплантацию с дальнейшей иммуногистохимической оценкой местной воспалительной реакции. Использовали 30 самцов крыс породы Вистар возрастом 9–10 недель, и массой 220 ± 20 г. Животным подкожно в область спины имплантировали по 2 диска из разных материалов каждому животному. Диски диаметром 4 мм были напечатаны на 3D-принтере Arrium P220 (Arrium 3D Technologies, Германия) из 4 разных материалов:

- I — **Tecafil PEEK VX MT (Ensinger, Германия)** — ПЭЭК, армированный углеродным волокном, предназначенный для имплантатов и хирургических инструментов;
- II — **Vestakeep i4 3DF (Evonik, Германия)** — чистый ПЭЭК медицинского класса, выпускаемый в форме филамента для 3D-печати;
- III — **Arrium-Evonik Vestakeep i4g 3DF (Arrium, Германия)** — ПЭЭК-филамент на основе сырья Evonik, переработанный и сертифицированный компанией Arrium для аддитивного производства;
- IV — **Bonlecule (Ossfila Technology, Гонконг)** — сополимер метилметакрилата и гидроксизтилметакрилата (ПММА) с добавлением гидроксиапатита, позиционируемый производителем как биоактивный материал для костной пластики.

Выбор материалов обусловлен их коммерческой доступностью, воспроизводимостью состава и соответствием стандартам для медицинских изделий (ISO 10993). Использование трех различных марок ПЭЭК (Tecafil, Vestakeep, Arrium) позволяет оценить воспроизводимость тканевых реакций при незначительных вариациях исходного сырья, тогда как ПММА (Bonlecule) выбран как референтный материал с известными клиническими применениями в стоматологии.

Животных выводили из эксперимента путем введения высоких доз анестетиков (кетамин и ксилазин) на 7-й, 30-й и 60-й день. Далее выделяли фрагменты мягких тканей, содержащие пластиковый имплантат, отступая 5 мм от его границ.

Полученный после иссечения материал фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине. После осмотра предварительно фиксированного материала на станции вырезки для гистологических исследований выполняли гистотопографическую вырезку изучаемых образцов/препаратов. Материал имплантата не поддавался механическому воздействию при гистологической вырезке из-за высокой плотности. Диск имплантата с прилегающими местными тканями ориентировали в поперечном направлении, далее диск извлекали из мягких тканей, при этом препарат включал в себя все слои необходимые для исследования. В одну гистологическую кассету укладывали один препарат. Материал, помещенный в гистологические кассеты, дофиксировали в соответствующих фиксаторах с общим временем до 48 часов с последующей стандартной гистологической проводкой на карусельном гистопроцессоре и их заключением в парафиновую среду на станции заливки.

Для морфологических исследований полученные на микротоме срезы толщиной 3–5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином и по Массону. Гистологические препараты изучали под оптическим микроскопом при увеличении от 2,5 до 100, проводили микрофото съемку на цифровую камеру. Для обработки, анализа и морфометрического исследований изображений пользовались свободной программой для компьютера QuPath. Морфометрический анализ проводили в 10 случайно выбранных полях зрения микроскопа при увеличении 400.

Методами иммуногистохимического (ИГХ) анализа изучали:

- локальный клеточный иммунный ответ в тканях, окружающих имплантационное ложе, с использованием специфических антител к CD3;
- гуморальный иммунный ответ с количественной оценкой В-лимфоцитарной инфильтрации с использованием антител к CD20;
- степень ангиогенеза в периимплантационной зоне с применением моноклональных антител к фактору роста эндотелия сосудов (VEGF);
- фиброгенез в тканях, окружающих имплантат, с использованием специфических антител к коллагену I типа — основному маркеру формирования соединительной ткани.

ИГХ-исследование проводили по стандартному протоколу с первичными антителами Abcam (Великобритания) к CD3 (ab16669, 1:150), CD20 (ab64088, 1:100), VEGF (ab32152, 1:250) и коллагену I типа (ab138492, 1:1500). В качестве вторичных пользовались универсальным набором антител для мышей и крыс HiDef Detection HRP Polymer (Cell Marque, США).

Количество иммунопозитивных клеток определяли в 10 полях зрения общей площадью 1,6 мм². Ввиду потенциальной неравномерности клеточной инфильтрации в перипротезной зоне и для обеспечения корректного применения параметрических и непараметрических методов статистического анализа, абсолютные значения плотности иммунопозитивных клеток (количество на 1 мм²) были преобразованы в порядковую шкалу (баллы): 1 балл — менее 5 клеток, 2 балла — от 5 до 10 клеток, и 3 балла — более 10 клеток. Данный подход позволил сгладить влияние единичных экстремальных значений и повысить надежность межгрупповых сравнений.

Статистический анализ

Сравнение между группами проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) со значимостью $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Макроскопическое описание

При макроскопическом исследовании зоны имплантации и самого имплантата на 7-е, 30-е и 60-е сутки обнаружили: подвижность имплантатов ограничена, они плотно припаяны к окружающим тканям, что указывает на успешную тканевую интеграцию и стабильность

их положения. Цвет у них полностью соответствовал первоначальному, что свидетельствует об отсутствии изменений в их структуре или состоянии. Консистенция имплантатов определялась как твердо-эластическая, что соответствует нормальным параметрам для данного типа материалов и подтверждает их функциональную пригодность. В целом, состояние имплантатов можно охарактеризовать как удовлетворительное, без видимых признаков деформации или повреждений.

Микроскопическое описание

В четырех образцах всех имплантационных периодов, подкожно в проекции холки экспериментального животного, обнаружены морфологические признаки наличия имплантата, которые отличаются в зависимости от срока и химического состава. В срезах участок имплантации был ориентирован поперечно по отношению к окружающим тканям и коже.

Имплантационное ложе образовано тубулярными и частично солидными структурами — со стромальным компонентом, представленного разрастанием рыхлой и плотной неоформленной волокнистой соединительной тканью с кровеносными сосудами; замещение имплантируемого материала не наблюдается. Строма с признаками гранулематозного воспаления — реакция на инородное тело, которое ориентировалось от периферии к центру с постепенным нарастанием васкуляризации и диффузным замещением фиброзной тканью.

При оценке ответной реакции со стороны окружающих тканей при подкожной имплантации имплантатов на основе ПЭЭК и ПММА выявили слабо выраженную очаговую преимущественно мононуклеарную (лимфоидно-гистиоцитарную) инфильтрацию вблизи имплантатов (рис. 1).

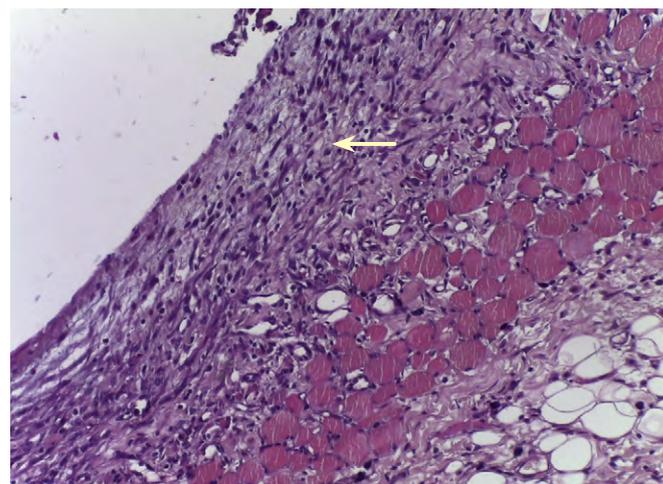


Рис. 1. Воспалительная инфильтрация в мягких тканях вблизи имплантата в группе Ариум (указана стрелкой). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200

Fig. 1. Inflammatory infiltration in soft tissues near the implant in the Apium group (arrow). Hematoxylin & eosin, mag. 200x

Иммуногистохимическое описание

Количественный анализ выявил статистически значимые межгрупповые различия в динамике иммунного

Иммуногистохимические показатели, баллы
Immunohistochemical parameters, scores

Материал	CD3			CD20			VEGF			Collagen I		
	Срок, сутки											
	7	30	60	7	30	60	7	30	60	7	30	60
Tecafil (ПЭЭК)	1	0	0	1	1	0	3	2	2	1	1	1
Vestakeep (ПЭЭК)	2	1	0	1	1	1	3	2	2	0	0	0
Ариум-Evonik (ПЭЭК)	2	0	0	2	1	1	2	1	1	1	1	1
Bonlecule (ПММА)	3	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2	2

ответа. Наибольшая плотность CD3⁺-лимфоцитов была зарегистрирована в группе Bonlecule на 7-е сутки эксперимента, где их количество превышало аналогичный показатель в группе ПЭЭК в 2,78 раза ($p < 0,05$; рис. 2, см. таблицу).

Анализ полученных данных выявил существенные межгрупповые различия в динамике накопления CD20-позитивных клеток. Максимальная плотность В-лимфоцитов наблюдалась в группе Ариум на 7-е сутки экспериментального периода, где их количество достоверно ($p < 0,05$) превышало аналогичный показатель в группе ПЭЭК в 1,78 раза (рис. 3, см. таблицу).

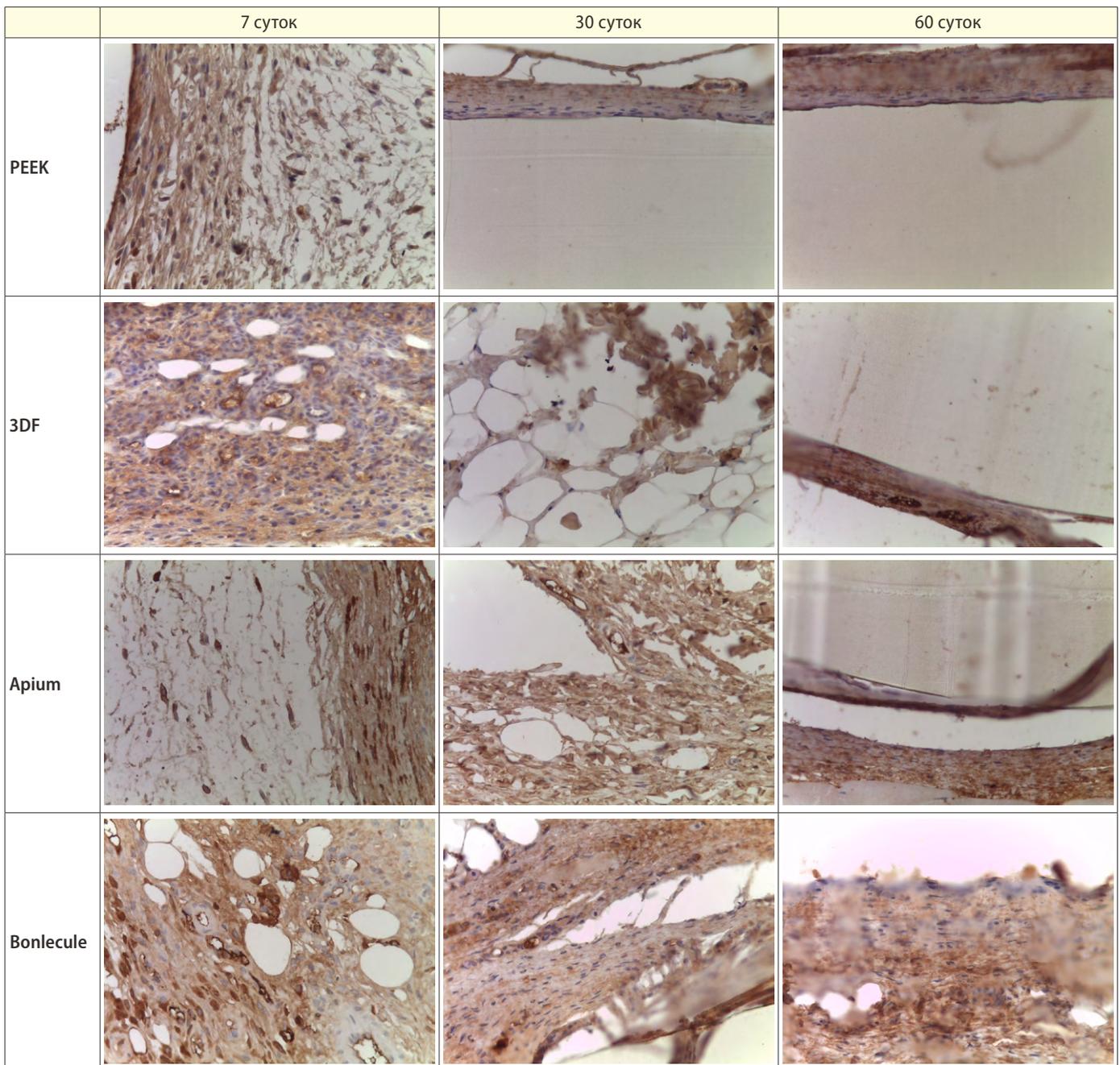


Рис. 2. Иммуногистохимическая характеристика реакции окружающих тканей при подкожной имплантации имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата: реакция с антителами к CD3, докрасивание гематоксилином, ув. 400

Fig. 2. Immunohistochemical analysis of tissue response to subcutaneous PEEK and PMMA implants: CD3 immunostaining, hematoxylin counterstain, mag. 400x

На начальном этапе, на 7-е сутки, количественный анализ не выявил статистически значимых различий в плотности VEGF-позитивных клеток между исследуемыми группами. Однако в динамике наблюдались существенные межгрупповые различия. В группе Bonlecule к 60-м суткам отмечалось выраженное снижение экспрессии VEGF в 1,9 раза по сравнению с показателями на 7-е сутки ($p<0,01$). В группе ПЭЭК динамика изменения васкуляризации была менее выраженной — снижение составило лишь 1,33 раза к 60-м суткам относительно исходного уровня ($p<0,05$; рис. 4, см. таблицу).

Результаты исследования фиброгенеза в тканях, окружающих имплантат, выявили существенные

межгрупповые различия: в группе Bonlecule на 7-е сутки наблюдения площадь экспрессии коллагена I типа была достоверно выше (в 1,78 раза, $p<0,05$) по сравнению с группой ПЭЭК в аналогичный временной период (рис. 5, см. таблицу).

Наибольшая плотность CD3-позитивных лимфоцитов была зарегистрирована в группе Bonlecule на 7-е сутки эксперимента, составив в среднем $11,7\pm 2,1$ клеток/ мм^2 , что в 2,78 раза превышало аналогичный показатель в группе Tesafile ($4,2\pm 1,1$ клеток/ мм^2 ; $p<0,05$). Плотность CD3-клеток в группах Vestakeep и Arium на этот срок составила $7,8\pm 1,5$ и $7,5\pm 1,4$ клеток/ мм^2 соответственно.

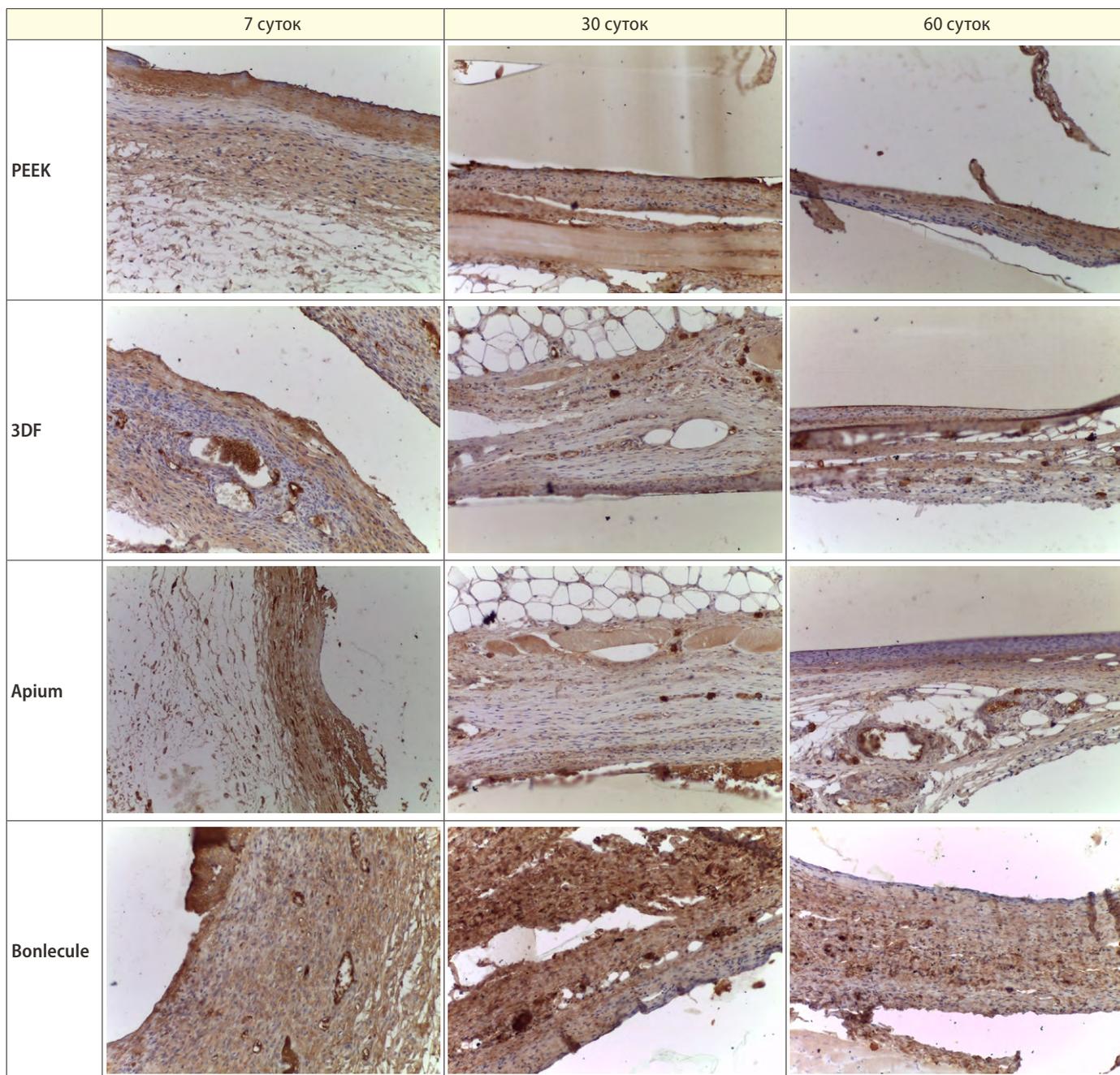


Рис. 3. Иммуногистохимическая характеристика реакции окружающих тканей при подкожной имплантации имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата: реакция с антителами к CD20, докрасивание гематоксилином, ув. 400

Fig. 3. Immunohistochemical analysis of tissue response to subcutaneous PEEK and PMMA implants: CD20 immunostaining, hematoxylin counterstain, mag. 400x

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования проведена комплексная оценка тканевых реакций при подкожной имплантации изделий из ПЭЭК и ПММА, а также анализ их биосовместимости для возможного применения в тканевой инженерии и костной пластике, прежде всего в нейрохирургии, челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии. Результаты исследования свидетельствуют о высокой стабильности обоих материалов и минимальной выраженности тканевых реакций, что обосновывает перспективность их клинического использования.

Результаты иммуногистохимического исследования демонстрируют значимые различия в тканевых реакциях на исследуемые материалы, что согласуется с современными данными о биосовместимости полимерных имплантатов. В группе Bonlecule зафиксирован более выраженный Т-клеточный иммунный ответ (CD3⁺-лимфоциты), что соответствует данным специализированной литературы, в которых отмечается прямая зависимость между химической структурой материала и интенсивностью раннего воспалительного ответа [14]. Аналогично, повышенная инфильтрация В-лимфоцитов (CD20⁺-лимфоциты) в группе Ариум

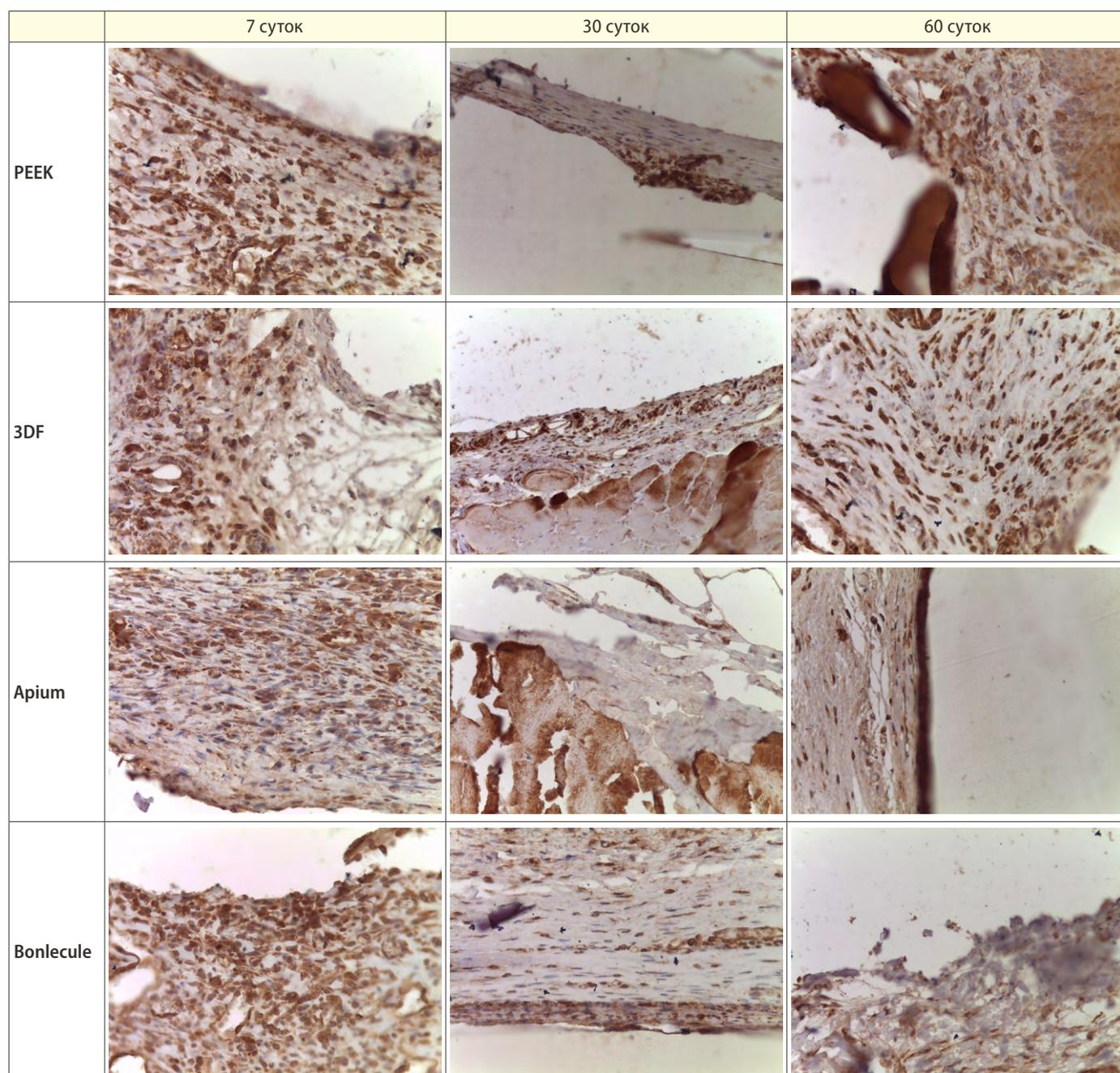


Рис. 4. Иммуногистохимическая характеристика реакции окружающих тканей при подкожной имплантации имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата: реакция с антителами к VEGF, докрасивание гематоксилином, ув. 400

Fig. 4. Immunohistochemical analysis of tissue response to subcutaneous PEEK and PMMA implants: VEGF immunostaining, hematoxylin counterstain, mag. 400x

согласуется с выводами исследований о роли поверхностных свойств материала в активации гуморального иммунитета [15].

Динамика ангиогенеза, характеризующаяся стабильностью в группе ПЭЭК и значительным снижением VEGF в группе Bonlecule, соответствует современным представлениям о васкуляризации периимплантационных тканей [16]. В частности, было показано, что низкая пористость и гидрофобность ПЭЭК способствуют более предсказуемому ангиогенезу, тогда как биоактивные материалы могут вызывать временное усиление васкуляризации с последующим его ремоделированием.

Усиленный фиброз в группе Bonlecule (повышенная экспрессия коллагена I типа) также находит подтверждение в работах, которые связывают этот эффект с ускоренной деградацией некоторых полимеров и высвобождением биоактивных компонентов [17]. В то же время стабильность ПЭЭК в этом аспекте соответствует его известным инертным свойствам [18].

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что ПЭЭК остается эталоном биосовместимости благодаря сочетанию высоких механических свойств и минимального тканевого ответа, при этом 3D-печать не снижает его качественных характеристик.

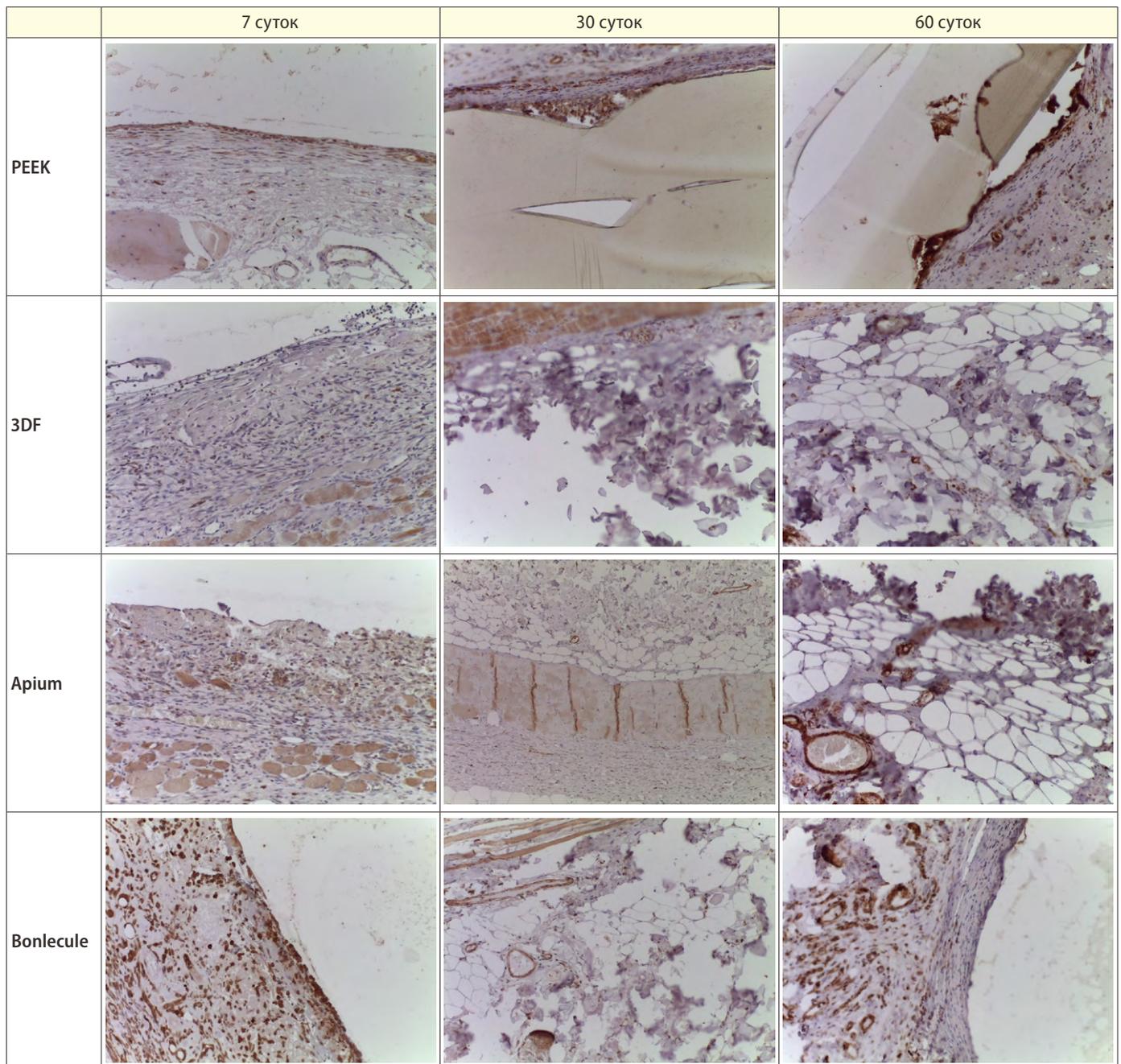


Рис. 5. Иммуногистохимическая характеристика реакции окружающих тканей при подкожной имплантации имплантатов на основе полиэфирэфиркетона и полиметилметакрилата: реакция с антителами к Collagen I, докрасивание гематоксилином, ув. 400

Fig. 5. Immunohistochemical analysis of tissue response to subcutaneous PEEK and PMMA implants: Collagen I immunostaining, hematoxylin counterstain, mag. 400x

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию поверхностных характеристик альтернативных материалов для снижения их иммуногенности при сохранении биоактивных свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование тканевых реакций на имплантационные материалы в различные сроки наблюдения позволило выявить существенные различия в характере биологического ответа. В группе Bonlecule отмечен более выраженный ранний иммунный ответ, проявляющийся значительной инфильтрацией CD3⁺ Т-лимфоцитов и CD20⁺ В-лимфоцитов, что свидетельствует об активации как клеточного, так и гуморального

звеньев иммунитета. Однако к поздним срокам наблюдения (60 суток) эти показатели значительно снижались, демонстрируя адаптацию тканей к имплантату.

В группе ПЭЭК наблюдалась более стабильная динамика всех исследуемых параметров: менее выраженная ранняя воспалительная реакция, более устойчивый ангиогенез, умеренное развитие соединительной ткани

Эти результаты согласуются с современными представлениями о биосовместимости полимерных имплантационных материалов и подтверждают перспективность применения ПЭЭК в клинической практике.

Поступила/Received: 09.10.2025

Принята в печать/Accepted: 13.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Punchak M., Chung L.K., Lagman C., Bui T.T., Lazareff J., Rezzadeh K., Jarrahy R., Yang I. Outcomes following polyetheretherketone (PEEK) cranioplasty: Systematic review and meta-analysis. — *J Clin Neurosci.* — 2017; 41: 30—35. [PMID: 28377284](#)
- Todaro M., Saponaro G., Perquati F., Gasparini G., Signorelli F., Tartaglione T., Moro A. Bone regeneration and polyetheretherketone implants in maxillo-facial surgery and neurosurgery: A multidisciplinary study. — *Biology (Basel).* — 2024; 13 (7): 467. [PMID: 39056662](#)
- Elnaggar M.A., Elnamany H.A., Eissa M.K. Clinical evaluation of 3D PEEK implants for skull bone defects repair: a single center case series. — *Egyptian Journal of Neurosurgery.* — 2025; 1: 11. [DOI: 10.1186/s41984-025-00374-0](#)
- Маркаров А.Э., Еремин Д.А., Мартиросов А.В., Хандзрацян А.С., Оразвалиев А.И., Бугаян С.А., Халифаев О.И. Статистический анализ данных по неотложной челюстно-лицевой хирургии. — *Вестник Российского государственного медицинского университета.* — 2023; 5: 58—64. [eLibrary ID: 63703896](#)
- [Markarov A.E., Eremin D.A., Martirosov A.V., Khandzratsyan A.S., Orazvaliev A.I., Bugayan S.A., Khalifaev O.I. Statistical analysis of data on emergency maxillofacial surgery. — *Bulletin of Russian State Medical University.* — 2023; (5): 56—62 (In Russian)]. [DOI: 10.24075/brsmu.2023.038](#)
- Gummadidala P. Complications in dental implantology. — *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT).* — 2023; 8 (8): 2269—2276. [DOI: 10.5281/zenodo.8334389](#)
- Pituru S.M., Greabu M., Totan A., Imre M., Pantea M., Spinu T., Tancu A.M.C., Popoviciu N.O., Stanescu I.I., Ionescu E. A review on the biocompatibility of PMMA-based dental materials for interim prosthetic restorations with a glimpse into their modern manufacturing techniques. — *Materials (Basel).* — 2020; 13 (13): 2894. [PMID: 32605174](#)
- Xie W., Yang Z., Zhou Y., Xu X., Hu K. Research progress of 3D bioprinting PEEK scaffold material for bone regeneration. — In: proceedings of 14th China Academic Conference on Printing and Packaging. — Singapore: Springer Nature, 2024. — Pp. 136—144. [DOI: 10.1007/978-981-99-9955-2_19](#)
- Pöppe J.P., Spindel M., Griessenauer C.J., Gaggl A., Wurm W., Enzinger S. Point-of-care 3-dimensional-printed polyetheretherketone customized implants for cranioplastic surgery of large skull defects. — *Oper Neurosurg.* — 2024; 27 (4): 449—454. [PMID: 39283099](#)
- Sumarno S., Trisanti P.N., Airlangga B., Kurniasari N.M.W., Hidayat R.A., Nisa A.C., Hernugrahanto K.D., Ferdiansyah M. Setting properties along bone cement preparation and its effect on material properties. — *Advanced Materials Research.* — 2024; 1179: 19—23. [DOI: 10.4028/p-mxms2](#)
- Fons-Badal C., Labaig-Rueda C., Agustín-Panadero R., Solá-Ruiz M.F., Roig-Vanaclocha A., Fernández-Estevan L., Fons-Font A. Retrospective study of the association between peri-implantitis and keratinized mucosa. — *Applied Sciences (Switzerland).* — 2022; 14: 6980. [DOI: 10.3390/app12146980](#)
- Williams D.F. On the mechanisms of biocompatibility. — *Biomaterials.* — 2008; 29 (20): 2941—53. [PMID: 18440630](#)
- Milinkovic I., Krasavcevic A.D., Jankovic S., Sopta J., Aleksic Z. Immunohistochemical analysis of soft tissue response to polyetheretherketone (PEEK) and titanium healing abutments on dental implants: a randomized pilot clinical study. — *BMC Oral Health.* — 2022; 22 (1): 484. [PMID: 36368972](#)
- Rakic M., Canullo L., Radovanovic S., Tatic Z., Radunovic M., Souedain A., Weiss P., Struillou X., Vojvodic D. Diagnostic value of VEGF in peri-implantitis and its correlation with titanium particles: A controlled clinical study. — *Dent Mater.* — 2024; 40 (1): 28—36. [PMID: 37865576](#)
- Batool F., Özçelik H., Stutz C., Gegout P.Y., Benkirane-Jessel N., Petit C., Huck O. Modulation of immune-inflammatory responses through surface modifications of biomaterials to promote bone healing and regeneration. — *J Tissue Eng.* — 2021; 12: 20417314211041428. [PMID: 34721831](#)
- Roch T., Hahne S., Kratz K., Ma N., Lendlein A. Transparent substrates prepared from different amorphous polymers can directly modulate primary human B cell functions. — *Biotechnol J.* — 2017; 12: 1700334. [PMID: 28857458](#)
- Torstrick F.B., Lin A.S.P., Potter D., Safranski D.L., Sulchek T.A., Gall K., Guldberg R.E. Porous PEEK improves the bone-implant interface compared to plasma-sprayed titanium coating on PEEK. — *Biomaterials.* — 2018; 185: 106—116. [PMID: 30236838](#)
- Saghiri M.A., Asatourian A., Garcia-Godoy F., Sheibani N. A new era considering inorganic trace elements and biological activity of dental biomaterials (angiogenic activity). — *Acta Biomater Odontol Scand.* — 2016; 2 (1): 93—94. [PMID: 28642917](#)
- Chen Z., Chen Y., Wang Y., Deng J., Wang X., Wang Q., Liu Y., Ding J., Yu L. Polyetheretherketone implants with hierarchical porous structure for boosted osseointegration. — *Biomater Res.* — 2023; 27 (1): 61. [PMID: 37370127](#)

уходовые средства

vvv
ВЛАДМИВА

Кавитилин

ополаскиватель

с фтором с мятой

Предназначен для гигиенического ухода, профилактики кариеса и воспалительных процессов слизистой полости рта. Ополаскиватель обладает антимикробным действием, способствует поддержанию здоровья зубов и десен, предотвращает кариес и освежает дыхание



Преимущества:

- 01 Защищает зубы от кариеса благодаря содержанию фтора
- 02 Укрепляет зубную эмаль и снижает чувствительность
- 03 Помогает восстановить минеральный баланс зубов
- 04 Обеспечивает свежесть дыхания и продолжительное ощущение чистоты во рту
- 05 Подходит для ежедневного использования всей семьей
- 06 Удобная форма выпуска и приятный вкус

на правах рекламы

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_188

[О.О. Янушевич](#)¹,

академик РАН, д.м.н., профессор, ректор

[Н.И. Крихели](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
клинической стоматологии, проректор[А.В. Исаев](#)²,к.т.н., доцент кафедры инструментальной
техники и технологий формообразования[П.Ю. Перетягин](#)²,к.т.н., ведущий научный сотрудник кафедры
высокоэффективных технологий обработки[О.В. Крамар](#)¹,начальник управления науки, ассистент
кафедры клинической стоматологии[А.М. Панин](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
пропедевтики хирургической стоматологии[А.М. Цицашвили](#)¹,д.м.н., профессор кафедры пропедевтики
хирургической стоматологии[Д.А. Лежнев](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой
диагностики[А.А. Ершов](#)²,старший преподаватель кафедры
инструментальной техники и технологий
формообразования[М.Н. Бычкова](#)¹,к.м.н., доцент кафедры клинической
стоматологии[М.А. Сухов](#)¹,аспирант кафедры пропедевтики
хирургической стоматологии¹ Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия² МГТУ «СТАНКИН»,
127055, Москва, Россия

Эксплуатационные характеристики фрез с различной геометрией для дентальной имплантации в неблагоприятных анатомических условиях при последовательном протоколе сверления с минимальным шагом увеличения диаметра фрезы

Аннотация. Были разработаны и изготовлены четыре хирургических фрезы для остеоденсификации с различными геометрическими параметрами из мартенситной нержавеющей стали 40X13 (эквивалент AISI 420) с нанесением износостойкого покрытия из нитрида титана (TiN) методом физического осаждения из паровой фазы (PVD). Для проведения экспериментального исследования были подготовлены костные образцы (блоки) из ребер крупного рогатого скота, что соответствует кости типа D3—D4 по C. Misch, часто встречающейся в дистальных отделах челюстей. Обработанные образцы были распределены по группам в соответствии с номером хирургической фрезы, присвоенным ранее. После каждой 4-й остеотомии проводилась оценка износа режущей кромки с помощью СЭМ и определение изменения температуры костной ткани с помощью термопары. Проведенное нами экспериментальное исследование на ребрах крупного рогатого скота подтверждает комплексное влияние геометрии фрезы для остеоденсификации на нагрев костной ткани и значения ее плотности (HU) при подготовке ложа дентального имплантата последовательным протоколом сверления с минимальным шагом увеличения рабочего диаметра фрезы. Хирургические фрезы из стали 40X13 с покрытием TiN (PVD) не обнаружили износа после 24 остеотомий, что сопоставимо с эталонными фрезами производства фирмы Densah. Фреза с наибольшим задним углом и углом подъема спирального зуба обеспечивает наилучшие тепловые условия во время остеоденсификации. Фрезы с задним углом $\alpha=20^\circ$ обеспечивали прирост уплотнения костной ткани в 2—6 раз выше, чем фрезы с $\alpha=6^\circ$. Фрезы с $\alpha=20^\circ$ увеличивали плотность костной ткани на 34—51%, а с $\alpha=6^\circ$ — лишь на 7—20%. Актуальными представляются дальнейшие исследования для уточнения и валидации полученных моделей функциональных взаимосвязей, в том числе при применении экспериментальных фрез по другим протоколам сверления.

Ключевые слова: хирургическая фреза для остеоденсификации, дентальная имплантация, ложе дентального имплантата, неблагоприятные анатомические условия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Янушевич О.О., Крихели Н.И., Исаев А.В., Перетягин П.Ю., Крамар О.В., Панин А.М., Цицашвили А.М., Лежнев Д.А., Ершов А.А., Бычкова М.Н., Сухов М.А. Эксплуатационные характеристики фрез с различной геометрией для дентальной имплантации в неблагоприятных анатомических условиях при последовательном протоколе сверления с минимальным шагом увеличения диаметра фрезы. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 188—197.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_188

[O.O. Yanushevich](#)¹,Academician of the Russian Academy
of Sciences, Doctor of Science in Medicine,
Professor, Rector[N.I. Krikheli](#)¹,Doctor of Science in Medicine, full professor
of the Clinical dentistry Department, vice-
rector[A.V. Isaev](#)²,PhD in Engineering, associate professor
of the Department of Instrumentation and
shaping technologies

Performance characteristics of drills with different geometries for dental implantation in unfavorable anatomical conditions with a consistent drilling protocol with a minimum step of increasing the diameter of the drill

Annotation. Four surgical osseodensification drills with different geometric parameters were designed and manufactured from martensitic stainless steel (equivalent to AISI 420) with a wear-resistant titanium nitride (TiN) coating applied by physical vapor deposition (PVD). For the experimental study, bone samples (blocks) were prepared from cattle ribs, corresponding to C. Misch's D3—D4 bone type, which is commonly found in the distal jaws. The processed samples were divided into groups according to the previously assigned surgical drill number. After every 4th osteotomy,

P.Yu. Peretyagin²,

PhD in Engineering, leading researcher of the Department of Highly efficient processing technologies

O.V. Kramar¹,

head of the Science office, assistant at the Clinical dentistry Department

A.M. Panin¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Oral surgery propaedeutics Department

A.M. Tsitsiashvili¹,

Doctor of Science in Medicine, professor of the Oral surgery propaedeutics Department

D.A. Lezhnev¹,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Radiology Department

A.A. Ershov²,

senior lecturer of the Department of Instrumentation and shaping technologies

M.N. Bychkova¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Clinical dentistry Department

M.A. Sukhov¹,

postgraduate student of the Oral surgery propaedeutics Department

¹ Russian University of Medicine, 127006, Moscow, Russia

² Moscow State University of Technology “STANKIN”, 127055, Moscow, Russia

ВВЕДЕНИЕ

Дентальная имплантация является эффективным методом восстановления дефектов зубного ряда [1, 2]. Хирургический этап операции дентальной имплантации заключается в подготовке костного ложа необходимого размера и непосредственной установке дентального имплантата, от длины и диаметра которого зависят размерные характеристики сформированного имплантационного ложа [3–5].

Основным противопоказанием к дентальной имплантации являются неблагоприятные анатомические условия в области отсутствующих зубов. Среди них выделяют недостаточную высоту и/или ширину альвеолярной кости, ее низкую плотность или их комбинацию, что является ограничением для установки имплантата в оптимальную ортопедическую позицию и его дальнейшей остеоинтеграции и успешности функционирования [6–8].

Для решения вышеуказанных сложных клинических задач разработаны разные методы костной пластики. Так, для восстановления высоты альвеолярной кости в дистальных отделах верхней челюсти используются методики открытого и закрытого синус-лифтинга [9, 10]. Методики направленной костной регенерации и расщепления альвеолярного гребня применяются для увеличения ширины альвеолярной кости, а для повышения

ан оптической оценки износа режущего края проводилась с помощью сканирующего электронного микроскопа и изменение температуры костной ткани определялось с помощью К-типа термопары. Наш экспериментальный исследование на говяжьих ребрах подтверждает комплексное влияние геометрии сверла на нагревание костной ткани и ее плотность, оцененную по значению единицы Хounsfield (HU) во время подготовки дентального имплантационного ложа с помощью последовательного протокола с минимальным шагом увеличения рабочего диаметра сверла. Хирургические сверла из стали AISI 420 с покрытием TiN (PVD) показали отсутствие износа после 24 остеотомий, что сравнимо с результатами сверл с наибольшим зазором и углами наклона, обеспечивающих наилучшие температурные условия во время остеоденсификации. Сверла с углом наклона $\alpha=20^\circ$ обеспечили в 2–6 раз более высокую денсификацию по сравнению со сверлами с $\alpha=6^\circ$. Сверла с $\alpha=20^\circ$ увеличили плотность костной ткани на 34–51%, в то время как сверла с $\alpha=6^\circ$ увеличили ее только на 7–20%. Дальнейшие исследования для уточнения и валидации полученных моделей функциональных взаимосвязей, включая использование экспериментальных сверл с другими протоколами, представляются актуальными.

Key words: surgical drill for osteodensification, dental implantation, dental implant bed, unfavorable anatomical conditions

FOR CITATION:

Yanushevich O.O., Krikheli N.I., Isaev A.V., Peretyagin P.Yu., Kramar O.V., Panin A.M., Tsitsiashvili A.M., Lezhnev D.A., Ershov A.A., Bychkova M.N., Sukhov M.A. Performance characteristics of drills with different geometries for dental implantation in unfavorable anatomical conditions with a consistent drilling protocol with a minimum step of increasing the diameter of the drill. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 188–197 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_188

плотности костной ткани используется метод остеоконденсации или остеоденсификации, выполняемый специальными ударными инструментами.

Все разработанные хирургические методики увеличения объема альвеолярной кости имеют различную доказанную эффективность [11–13]. Наряду с ними были предложены менее инвазивные методы, направленные на создание оптимальных условий по качеству и количеству альвеолярной кости.

На сегодняшний день известна методика остеоденсификации, позволяющая подготовить костное ложе дентального имплантата особым образом. Вместо традиционного вырезания осуществляется одновременное уплотнение и аутотрансплантация костной ткани, что приводит к увеличению плотности костной ткани стенок имплантационного ложа. Это возможно благодаря особой геометрии хирургической фрезы, по-разному взаимодействующей с костной тканью. При вращении ротора хирургического наконечника с установленным многолезвийным инструментом по часовой стрелке костная ткань вырезается, как и при стандартном протоколе сверления, а при вращении против часовой стрелки — уплотняется путем аутотрансплантации [14–16]. За счет повышения плотности костной ткани стенок имплантационного ложа повышается первичная биомеханическая стабильность дентального имплантата, что создает условия для полноценной остеоинтеграции и, соответственно, для

долгосрочной успешности дентальной имплантации [15, 17–19]. Помимо этого, применение описанной методики приводит к увеличению высоты и ширины альвеолярной кости, создавая достаточные анатомические условия для прогнозируемой установки дентального имплантата необходимого размера в оптимальную ортопедическую позицию [20, 21].

На данный момент указанные фрезы производит единственная компания — Versah (США). Эти вращающиеся инструменты обладают специфической конструкцией: конической формой, большим числом спиральных канавок и отрицательным передним углом на периферийной части, что обеспечивает необходимые характеристики сверления. Однако конкретные детали конструкции и параметры остаются недостаточно детализированными, отражая лишь общий уровень их эффективности [22].

Таким образом, представляется актуальным продолжение работы по разработке усовершенствованных конструкций вышеуказанных инструментов и оценке их эффективности на базе различных вариантов экспериментальных исследований, имитирующих неблагоприятные анатомические условия [23].

Цель — изучение эксплуатационных характеристик хирургических фрез с различной геометрией для дентальной имплантации в неблагоприятных анатомических условиях и определение оптимальной геометрии их режущей части при последовательном протоколе сверления с минимальным шагом увеличения диаметра фрезы



Рис. 1. Фотография разработанных хирургических фрез с различной геометрией для формирования ложа дентального имплантата в неблагоприятных анатомических условиях перед нанесением износостойкого покрытия из нитрида титана

Fig. 1. Photograph of the developed surgical drills with different geometries for forming the bed of a dental implant in unfavorable anatomical conditions before applying a wear-resistant titanium nitride coating

Табл. 1. Конструктивные параметры экспериментальных фрез

Table 1. Design parameters of experimental drills

№ фрезы	α , °	ω , °	Особенность конструкции режущей части
1	20	20	Увеличенный задний угол, большой угол подъема спирали
2	6	20	Уменьшенный задний угол, большой угол подъема спирали
3	20	5	Увеличенный задний угол, малый угол подъема спирали
4	6	5	Уменьшенный задний угол, малый угол подъема спирали

Примечание. α — задний угол винтового зуба, ω — угол наклона (подъема) винтового зуба.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были разработаны и изготовлены четыре хирургических фрезы для остеоденсификации с различными геометрическими параметрами в лабораториях МГТУ «СТАНКИН» (Москва) и Российского университета медицины (Москва). В качестве материала для режущего инструмента была выбрана мартенситная нержавеющая сталь 40X13 (эквивалент AISI 420). Для повышения режущей способности и износостойкости хирургических фрез за счет увеличения твердости их поверхностного слоя нанесено покрытие из нитрида титана (TiN) методом физического осаждения из паровой фазы (PVD).

Для удобства организации эксперимента и дальнейшей экспериментальной оценки разработанные хирургические фрезы с различными геометрическими параметрами были пронумерованы: № 1, № 2, № 3, № 4 (рис. 1). Фрезы различались задним углом α (6° или 20°) и углом наклона (подъема) винтового зуба ω (5° или 20°), образуя полный факторный план 2×2 . Задний угол α определяет характер взаимодействия с костью: большой угол (20°) способствует оттеснению костной ткани, малый (6°) — обеспечивает условия, приближенные к обычному резанию (табл. 1).

Разработанная хирургическая фреза для остеоденсификации содержит цилиндрический хвостовик и рабочую часть с двумя торцевыми режущими кромками и двумя боковыми винтовыми канавками с переменным углом подъема и переменным шагом спирали и отличается тем, что рабочая часть выполнена с дополнительной торцевой режущей кромкой и дополнительными боковыми винтовыми канавками, при этом боковая поверхность рабочей части выполнена конической формой, а на основных и дополнительной торцевых режущих кромках выполнены стружкодробящие прорези (приоритетная справка ФИПС № 2025139450 от 30.12.2025).

Для проведения экспериментального исследования были подготовлены костные образцы (блоки) из ребер крупного рогатого состава, что соответствует кости типа D3–D4 по С. Misch, часто встречающейся в дистальных отделах челюстей [24, 25]. Обработанные образцы были распределены по группам в соответствии с номером хирургической фрезы, присвоенным ранее. Так, в группе №1 в качестве последней — использовалась хирургическая фреза диаметром 4,5 мм под номером 1, в группе №2 — хирургическая фреза диаметром 4,5 мм под номером 2, в группе № 3 — хирургическая фреза диаметром 4,5 мм под номером 3, в группе № 4 — хирургическая фреза диаметром 4,5 мм под номером 4. При оценке износа и изменения температуры также проводили использование оригинальной хирургической фрезы Densah (Versah, США) диаметром 4,5 мм — в группе № 5.

При работе использовали хирургический угловой наконечник 20:1 с внешним охлаждением, подключенный к физиодиспенсеру. Формирование костного ложа дентального имплантата

происходило прерывистыми коронально-апикальными движениями хирургического наконечника с постепенным углублением хирургической фрезы на глубину до 10 мм при внешней обильной ирригации физиологическим раствором по последовательному протоколу подготовки костного ложа дентального имплантата с минимальным шагом увеличения диаметра рабочей фрезы.

Первым этапом проводилось пилотное сверление по часовой стрелке (в режиме резания) с применением пилотной фрезы, а также начальной фрезы Densah диаметром 2,0 и 2,3 мм со скоростью 1200 об/мин. Дальнейшее формирование костного ложа дентального имплантата производилось последовательно хирургическими фрезами диаметром 2,5, 3,0, 3,3, 3,5 и 4,3 мм против часовой стрелки (в режиме уплотнения) со скоростью 1000 об/мин. Для групп 1–4 заключительным этапом применялась разработанная хирургическая фреза диаметром 4,5 мм против часовой стрелки (в режиме уплотнения) со скоростью 1000 об/мин, а для группы 5 — оригинальная хирургическая фреза Densah диаметром 4,5 мм против часовой стрелки (в режиме уплотнения) со скоростью 1000 об/мин. В каждой группе были сформированы по 24 костных ложа дентального имплантата.

Для определения износа и изменения режущей кромки экспериментальных хирургических фрез после каждой 4-й остеотомии проводилась оптическая оценка с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

Для определения изменения температуры костной ткани при использовании исследуемых хирургических фрез использовалась термопара типа К (разрешение $1\pm 0,5^\circ\text{C}$, открытый шариковый зонд), подключенная к цифровому мультиметру. Температура в помещении поддерживалась постоянной, $21\pm 1^\circ\text{C}$.

При каждой 4-й остеотомии температуру контролировали непосредственно в процессе сверления. Для этого зонд-термопару вводили в предварительно подготовленное отверстие на боковой стороне кости у режущей части хирургической фрезы, вращающейся при остеотомии, прижимали к костной ткани стенки имплантационного ложа и фиксировали максимальное значение температуры (рис. 2). Таким образом, достигается удовлетворительная точность измерения температуры. Всего было получено 30 значений температуры для 5 хирургических фрез, включая эталонную.

Для оценки увеличения плотности костной ткани выполнили конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ) костных образцов на компьютерном томографе при размере изображения 16×13 см и размере воксела 0,25 мм (рис. 3, 4). В программе для компьютера RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Польша) с помощью инструмента «Ellipse» измерили значения плотности костной ткани в единицах Хаунсфилда (HU) в 6 точках, ближайших к поверхности остеотомии (по 2 точки в апикальной, средней и коронарной трети сформированного костного ложа с противоположных сторон) — точки «на границе», и в 6 контрольных точках, расположенных относительно них в толще кости в интактной области — точки «в глубине» (рис. 5, табл. 2).



Рис. 2. Экспериментальная установка с измерением температуры во время процедуры остеоденсификации на модели ребер крупного рогатого скота с использованием экспериментального образца хирургической фрезы

Fig. 2. Experimental setup for temperature measurement during the osteodensification procedure on a bovine rib model using an experimental surgical drill



Рис. 3. 3D-реконструкция (VR) образца ребра (экспериментальной модели) по конусно-лучевой компьютерной томограмме

Fig. 3. 3D reconstruction (VR) of a rib sample (experimental model) based on a cone beam computed tomography scan

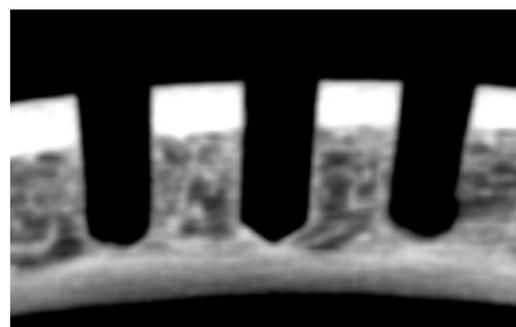


Рис. 4. Сагиттальный срез КЛКТ (общий вид)

Fig. 4. Sagittal CBCT section (general view)

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Изменения температуры костной ткани

Значения изменения температуры костной ткани (Δt , $^\circ\text{C}$), т.е. на сколько градусов нагревается кость при подготовке ложа дентального имплантата с использованием экспериментальных фрез, определяли вычитанием значения окружающей температуры из значения максимальной температуры, зафиксированной с помощью термопары.

Чтобы проверить нормальность небольшой выборки с общим числом наблюдений $n=30$, был выполнен тест Шапиро—Уилка. Тест не показал существенного

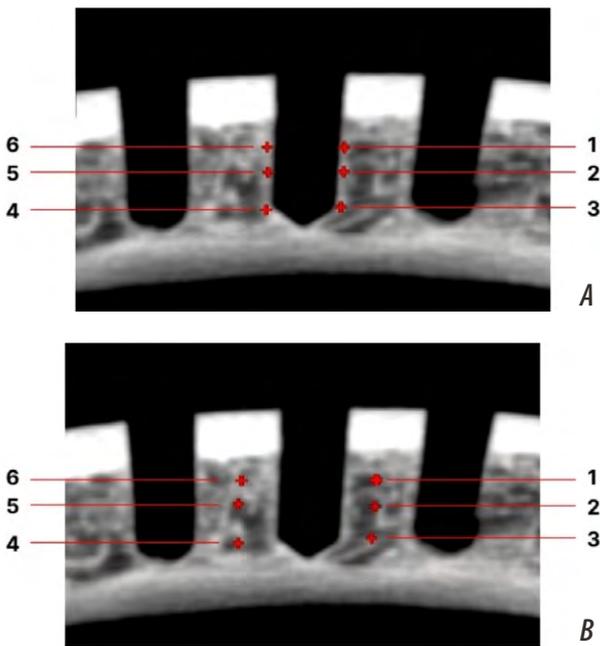


Рис. 5. Пример измерения значений HU: А — сконденсированного слоя костной ткани стенки сформированного ложа дентального имплантата; В — интактной костной ткани вокруг сформированного ложа дентального имплантата

Fig. 5. Example of measuring the HU values: A — the condensed layer of bone tissue of the wall of the formed bed of a dental implant; B — intact bone tissue around the formed bed of a dental implant

отклонения от нормы ($W=0,955$, $p=0,349$). Поскольку значение p превышает уровень значимости α , равный 0,05, мы принимаем нулевую гипотезу, предполагающую, что данные распределены нормально.

Плотность костной ткани

Каждая точка данных представляет собой среднее значение HU с соответствующим стандартным отклонением (SD). Для каждого измерения вычисляли разность: $\Delta HU = HU(\text{граница}) - HU(\text{глубина})$. Каждое измерение становилось само себе контролем, и различия в исходной плотности между образцами переставали влиять на анализ.

Предварительный анализ выявил выраженную гетероскедастичность: стандартные отклонения варьировались от 13 до более 250 HU в различных экспериментальных условиях. Наблюдения с малым SD отражают более точные и надежные измерения, тогда как наблюдения с большим SD указывают на высокую вариабельность, обусловленную структурной гетерогенностью костного образца, вариацией толщины кортикального слоя или артефактами измерений.

Для учета данной вариабельности была применена регрессия методом взвешенных наименьших квадратов (WLS — Weighted Least Squares) с весами.

Для проведения дисперсионного анализа (ANOVA) строили двухфакторную модель для каждой зоны: конструкция фрезы (4 варианта) + образец кости (блокирующий фактор). Ковариационный анализ (ANCOVA) проверял, сохраняется ли эффект фрезы при введении HU (глубина) как ковариаты. Парные сравнения — t -критерий Уэлча, $p=0,05$.

Таблица 2. Пример полученных значений HU сконденсированного слоя костной ткани стенки сформированного ложа дентального имплантата
Table 2. Example of the obtained HU values of the condensed layer of bone tissue of the wall of the formed bed of a dental implant of intact bone tissue around the formed bed of a dental implant

№ точки на рис. 5	Позиция	На границе			В глубине		
		среднее	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.
1	Корональная	828,67	718	877	424,48	222	585
2	Срединная	854,33	584	961	370,73	200	696
3	Апикальная	769,50	493	1006	557,55	357	647
4	Апикальная	787,77	656	886	529,91	341	602
5	Срединная	691,19	618	813	369,60	279	647
6	Корональная	948,04	790	1015	618,67	534	979

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Износ режущей кромки экспериментальных фрез

Согласно инструкции по эксплуатации бора Densah® (Versah, США) производитель рекомендует заменять хирургические фрезы после 12–20 остеотомий, что может говорить о снижении режущей способности ротационного инструмента. Как видно на СЭМ, в конце эксперимента, после 24 остеотомий, не наблюдается критических изменений геометрии режущих кромок из-за износа (рис. 6 и 7).

Изменения температуры костной ткани

Результаты полного факторного эксперимента по изменению температуры при остеоденсификации с помощью экспериментальных фрез собственной конструкции представлены в табл. 3.

Табл. 3. Максимальная температура и изменение температуры костной ткани во время i-osteotomii

Table 3. Maximum temperature and Change in bone tissue temperature during i-osteotomy

№ фрезы	Количество остеотомий											
	4		8		12		16		20		24	
	max	Δt	max	Δt	max	Δt	max	Δt	max	Δt	max	Δt
1	27	6	29	8	27	6	29	8	29	8	29	8
2	33	12	32	11	31	10	32	11	33	12	33	12
3	31	10	33	12	31	10	34	13	37	16	36	15
4	34	13	35	14	33	12	37	16	33	12	32	11
5	30	9	33	12	33	12	29	8	31	10	30	9

Гистограмма распределения данных и соответствующий график оценки плотности ядра (KDE) показаны на рис. 8a. Графики изменения температуры в виде диаграммы размаха (boxplots) для всех пяти хирургических фрез приведены на рис. 8b.

Кривая поверх гистограммы на рис. 8a является кривой ядерной оценки плотности (ЯОП, или англ. Kernel Density Estimation, KDE). ЯОП представляет собой задачу сглаживания данных, в результате решения

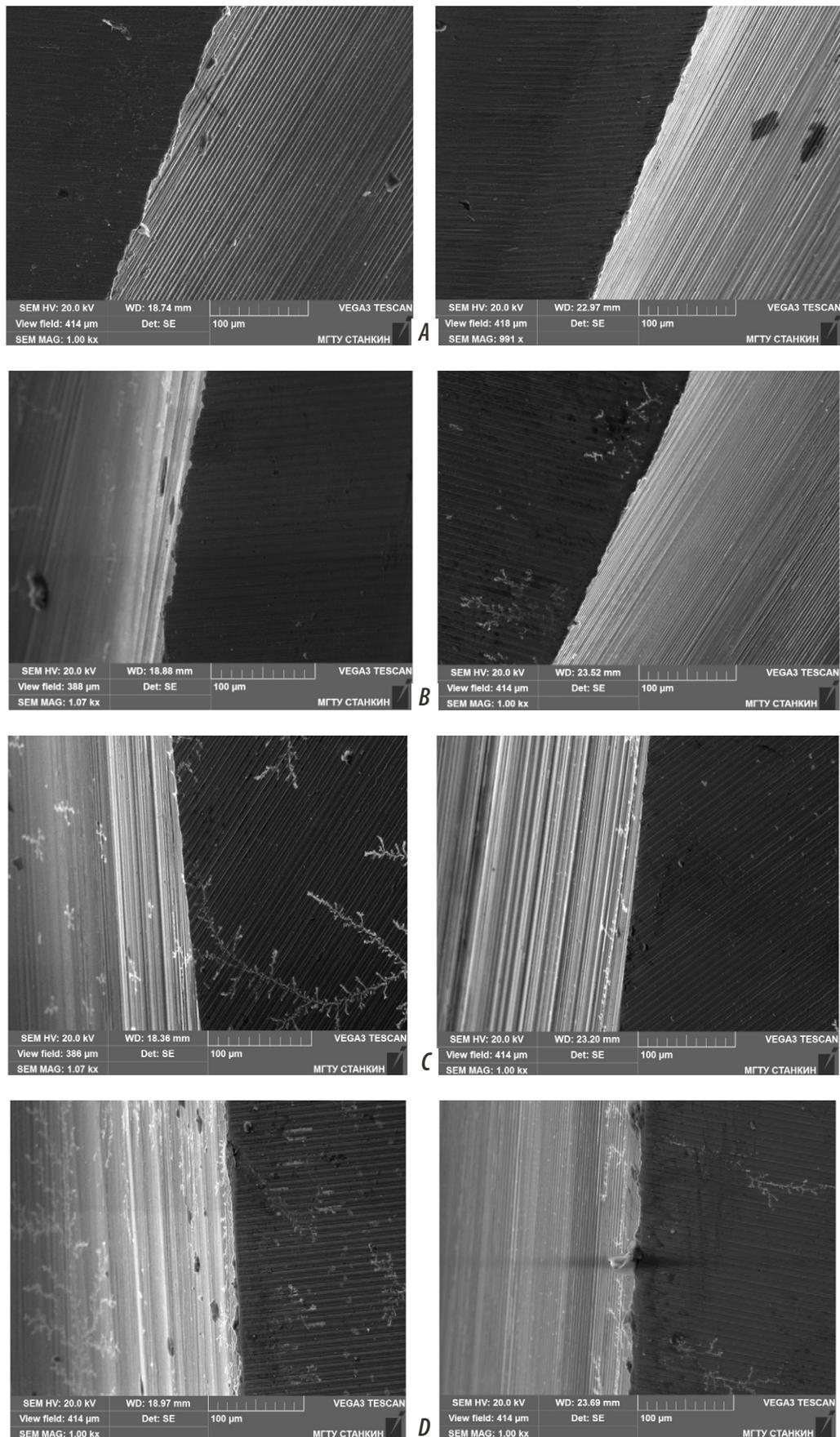


Рис. 6. СЭМ-изображения периферической режущей кромки новой фрезы (слева) и после 24 остеотомий (справа): А—D — экспериментальные фрезы №№ 1—4

Fig. 6. SEM images of the peripheral cutting edge of the new drill (left) and after 24 osteotomies (right): A to D — experimental drills No. 1 to 4

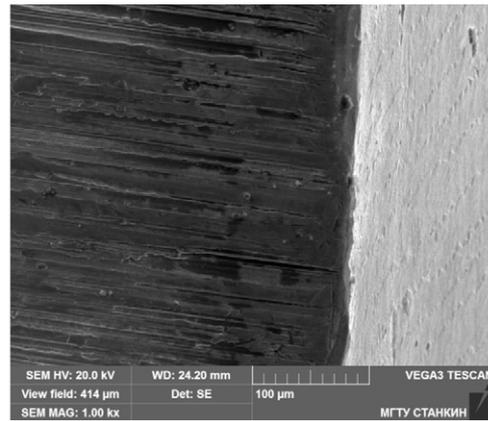
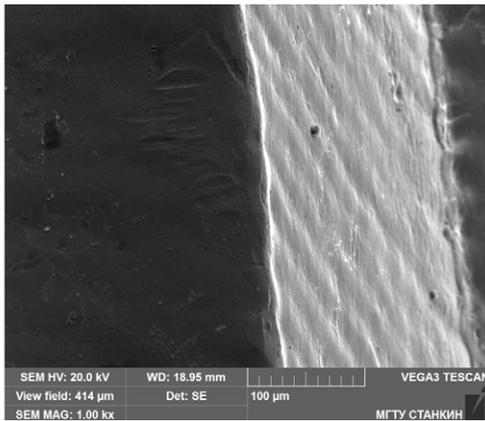


Рис. 7. СЭМ-изображения периферической режущей кромки фрезы Densah (Versah, США): новой фрезы (слева) и после 24 остеотомий (справа)

Fig. 7. SEM images of the peripheral cutting edge of the original Densah drill (Versah, USA): new drill (left) and after 24 osteotomies (right)

которой на основании конечных выборок данных делается заключение о генеральной совокупности.

На диаграмме размаха нет очевидных выбросов. Фрезы № 1 и № 2 обеспечивают наиболее компактное распределение с небольшой изменчивостью (межквартильный диапазон, IQR), а фреза № 1 показывает наименьшие значения изменения температуры. Фреза № 3 обладает наибольшей вариабельностью и самым широким общим IQR. Фреза № 4 имеет относительно узкое распределение, но медиана является самой высокой среди всех групп. Эталонная фреза № 5 имеет медиану, близкую к самым низким значениям, в то время как его IQR умеренно широк.

Полученные результаты для изменения температуры хорошо согласуются с основами теории резания, обычно используемой в металлообрабатывающей промышленности. Фреза № 1 с наибольшим задним углом и углом подъема спирали обеспечивает наилучшие тепловые условия во время процедуры остеоденсификации. Это можно объяснить с точки зрения общей теплофизики процессов резания, когда больший задний угол обеспечивает больший зазор между контактирующими поверхностями, что приводит к лучшему отводу тепла из зоны резания. Большой угол подъема спирали

предполагает большую длину контакта режущей кромки с поверхностью отверстия, что обеспечивает как более плавный срез, так и лучшее распределение тепла. С другой стороны, фреза № 4 с минимальными значениями обеих независимых переменных имеет наибольшую медиану и довольно компактный IQR. Фреза № 3 с малым углом наклона спирали и большим задним углом имеет немного меньшее среднее значение изменения температуры, но его распределение самое широкое.

Плотность костной ткани

Три костных образца несколько различались по исходной плотности, что соответствует вариантам типа костной ткани D3–D4 по по С. Misch [24, 25]. Образец 2 был самым плотным, образец 3 — наименее плотным (в апикальной зоне — в 2,6 раза). Снижение HU на 20–24-й остеотомии наблюдалось синхронно у всех фрез, что указывает на смену образца, а не деградацию инструмента (табл. 4).

По результатам дисперсионного анализа (ANOVA) было отмечено, что конструкция фрезы значимо влияет на уплотнение кости во всех трех зонах ($p < 0,001$, табл. 5). Для сравнения: при анализе абсолютных HU (без вычитания фона) эффект фрезы выявлялся лишь в 3 из 6 зон.

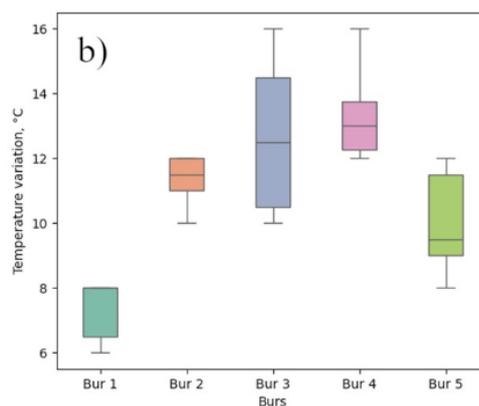
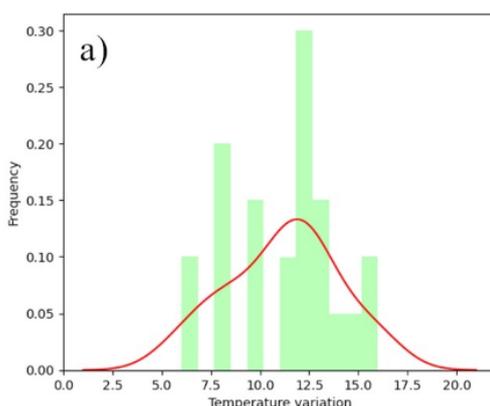


Рис. 8. Гистограмма с использованием KDE (a) и boxplot (b) для оценки изменения температуры костной ткани

Fig. 8. Histogram using KDE (a) and boxplot (b) to evaluate the change in bone temperature

Таблица 4. Средние значения HU интактной кости (точки «в глубине»)

Table 4. Average HU values of intact bone (points «in depth»)

Зона	Обр. 1 (ост. 1—4)	Обр. 2 (ост. 5—16)	Обр. 3 (ост. 17—24)
Корональная	465±71	514±80	330±79
Средняя	360±57	433±86	306±86
Апикальная	373±73	576±141	218±91

Таблица 5. Двухфакторный ANOVA: ΔHU ~ Фреза + Образец кости

Table 5. Two-way ANOVA: ΔHU ~ Drill + Bone Sample

Зона	R ²	Фреза		Кость	
		F	p	F	p
Корональная	0,86	36,51	<0,001	0,06	0,943
Средняя	0,73	15,92	<0,001	0,26	0,770
Апикальная	0,90	53,12	<0,001	1,30	0,297

Фактор «образец кости» незначим ($p>0,29$) — вычитание фоновой плотности устранило межобразцовую вариабельность.

Фрезы с задним углом $\alpha=20^\circ$ (№ 1 и № 3) обеспечивали прирост уплотнения в 2–6 раз выше, чем фрезы с $\alpha=6^\circ$. Фрезы с $\alpha=20^\circ$ увеличивали плотность на 34–51%, а с $\alpha=6^\circ$ — лишь на 7–20% (табл. 6).

В результате попарных сравнений фрезы были разделены на две группы. Все пары, различающиеся по заднему углу α , значительно различались ($p<0,002$), в том числе перекрестные пары 1–4 и 2–3. Различия по углу подъема спирали ω нигде не достигали порога значимости (табл. 7).

На основе полученных результатов понятно, что задний угол — ключевой параметр. Фреза с $\alpha=20^\circ$ при вращении против часовой стрелки мягко оттесняет костную ткань (латеральное уплотнение). Малый $\alpha=6^\circ$ приближает к обычному резанию. Разница по показателю ΔHU между фрезами с $\alpha=6^\circ$ и $\alpha=20^\circ$ — от 2 до 6 раз. Все попарные сравнения (включая перекрестные 1–4, 2–3) высоко достоверны ($p<0,002$), тогда как различия по углу подъема спирали нигде не значимы.

Таблица 7. Попарные сравнения ΔHU (t-критерий Уэлча)

Table 7. Pairwise comparisons of ΔHU (Welch's t-test)

Пара	Параметр	Корон.	Средн.	Апик.
Фр. 1 vs 2	$\alpha 20^\circ$ vs 6° ($\omega=20^\circ$)	<0,001	<0,001	<0,001
Фр. 3 vs 4	$\alpha 20^\circ$ vs 6° ($\omega=5^\circ$)	<0,001	<0,001	<0,001
Фр. 1 vs 4	α и ω различны	<0,001	<0,001	<0,001
Фр. 2 vs 3	α и ω различны	<0,001	0,001	<0,001
Фр. 1 vs 3	$\omega: 20^\circ$ vs 5° ($\alpha=20^\circ$)	0,15	0,73	0,13
Фр. 2 vs 4	$\omega: 20^\circ$ vs 5° ($\alpha=6^\circ$)	0,09	0,55	0,36

Таблица 6. Среднее и относительное увеличение плотности кости, HU

Table 6. Mean and relative density increase (HU)

Зона	Фр. 1 ($\alpha=20^\circ$, $\omega=20^\circ$)		Фр. 2 ($\alpha=6^\circ$, $\omega=20^\circ$)		Фр. 3 ($\alpha=20^\circ$, $\omega=5^\circ$)		Фр. 4 ($\alpha=6^\circ$, $\omega=5^\circ$)	
	M±m	d	M±m	d	M±m	d	M±m	d
Корональная	206,5±39,7	1,49	78,9±18,6	1,16	175,5±28,2	1,37	57,8±20,2	1,15
Средняя	186,7±30,3	1,51	77,1±43,5	1,20	179,7±36,5	1,43	61,5±44,3	1,19
Апикальная	149,7±31,6	1,34	31,4±12,3	1,07	175,5±20,8	1,39	44,5±29,9	1,12

d — отношение HU граница/глубина.

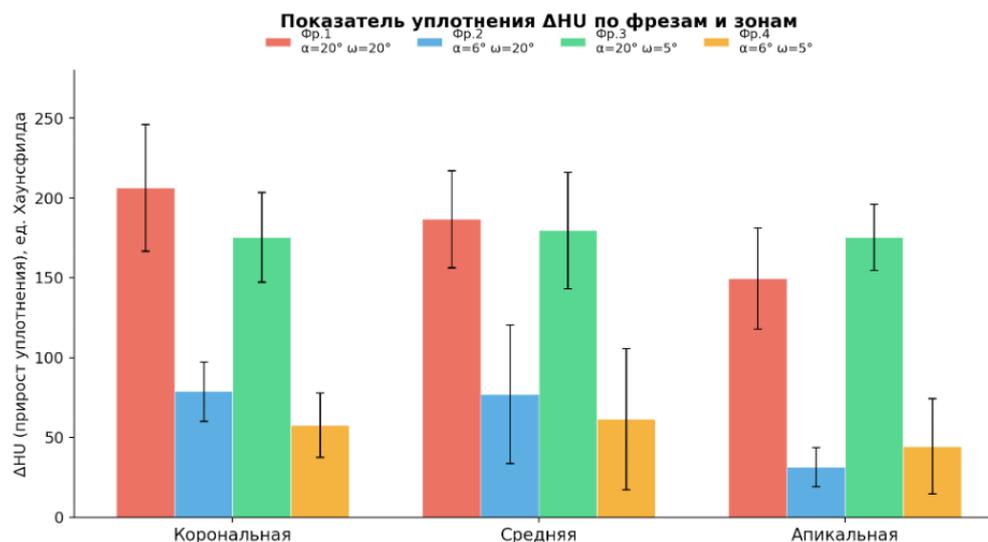


Рис. 9. Показатель уплотнения ΔHU по фрезам и анатомическим зонам. Усы — стандартное отклонение

Fig. 9. Compaction index ΔHU by cutters and anatomical zones. Whiskers — standard deviation.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное нами экспериментальное исследование на ребрах крупного рогатого скота, соответствующих по плотности альвеолярной кости типа D3–D4 по С. Misch [24, 25], подтверждает комплексное влияние геометрии фрезы для остеоденсификации на нагрев костной ткани и значения ее плотности (НУ) при подготовке ложа дентального имплантата последовательным протоколом сверления с минимальным шагом увеличения диаметра рабочей фрезы.

Хирургические фрезы из стали 40X13 с покрытием TiN (PVD) не обнаружили износа после 24 остеотомий, что сопоставимо с фрезами образца Densah. Фреза № 1 с наибольшими задним углом и углом подъема спирали

обеспечивает наилучшие тепловые условия во время процедуры остеоденсификации. Фрезы с задним углом $\alpha = 20^\circ$ (№ 1 и № 3) обеспечивали прирост уплотнения в 2–6 раз выше, чем фрезы с $\alpha = 6^\circ$ (№ 2 и № 4). Фрезы с $\alpha = 20^\circ$ увеличивали плотность на 34–51%, а с $\alpha = 6^\circ$ — лишь на 7–20%.

Актуальными представляются дальнейшие исследования для уточнения и валидации полученных моделей функциональных взаимосвязей, в том числе при применении экспериментальных фрез по другим протоколам сверления.

Поступила/Received: 12.02.2026

Принята в печать/Accepted: 15.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Дудин М.А., Черновол Е.М., Рубежов А.Л., Соловьева А.М., Черновол Н.В., Ковалевский С.В. Оценка выживаемости имплантатов и анализ основных причин отторжений на ранних этапах лечения. Ретроспективное исследование. — *Пародонтология*. — 2025; 1: 49–57. [eLibrary ID: 80841696](#)
[Dudin M.A., Chernovol E.M., Rubezhov A.L., Solovyeva A.M., Chernovol N.V., Kovalevsky S.V. Evaluation of implant survival and causes of early implant failure: a retrospective study. — *Parodontologiya*. — 2025; 1: 49–57 (In Russian)]. [DOI: 10.33925/1683-3759-2025-991](#)
2. Астафьев А.А., Копецкий И.С., Коновалов О.Е., Шулаев А.В., Гусева О.Ю. Проблемы организации и применения дентальной имплантации, принципы ее совершенствования. — *Вестник современной клинической медицины*. — 2026; 19 (1): 133–140. [eLibrary ID: 89029835](#)
[Astafyev A.A., Kopetsky I.S., Konovalov O.E., Shulaev A.V., Guseva O.Yu. Challenges in the organization and delivery of dental implantation and principles for its enhancement. — *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. — 2026; 19 (1): 133–140 (In Russian)]. [DOI: 10.20969/VSKM.2026.19\(1\).133-140](#)
3. Хоссаин Ш.Д., Широкова Д.Г., Кобец К.К., Мухаметшин Р.Ф., Труфанов В.Д., Акрамов М.Л. Особенности хирургического протокола имплантации в зависимости от выраженности резьбы дентального имплантата и плотности костной ткани (экспериментальное исследование). — *Медицинский алфавит*. — 2025; 1: 108–112. [eLibrary ID: 80493138](#)
[Hossain S.D., Shirokova D.G., Kobets K.R., Mukhametshin R.F., Trufanov V.D., Akromov M.L. Features of surgical implantation protocol depending on the implant surface roughness and bone density, in vitro. — *Medical alphabet*. — 2025; 1: 108–112 (In Russian)]. [DOI: 10.33667/2078-5631-2025-1-108-112](#)
4. Кулаков А.А., Каспаров А.С., Порфенчук Д.А. Факторы, влияющие на остеоинтеграцию и применение ранней функциональной нагрузки для сокращения сроков лечения при дентальной имплантации. — *Стоматология*. — 2019; 4: 107–115. [eLibrary ID: 39548529](#)
[Kulakov A.A., Kasparov A.S., Porfenchuk D.A. Factors affecting osteointegration and the use of early functional load to reduce the duration of treatment in dental implantation. — *Stomatology*. — 2019; 4: 107–115 (In Russian)]. [DOI: 10.17116/stomat201998041107](#)
5. French D., Ofec R., Levin L. Long term clinical performance of 10 871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. — *Clin Implant Dent Relat Res*. — 2021; 23 (3): 289–297. [PMID: 33768695](#)
6. Магомедова М.Х. Устранение дефицита мягких тканей альвеолярного гребня: дис. ... к.м.н. — Махачкала, 2024. — 163 с.
[Magomedova M.H. Elimination of soft tissue deficiency of the alveolar ridge: master's thesis. — Makhachkala, 2024. — 163 p. (In Russian)].
7. Полупан П.В., Сипкин А.М., Модина Т.Н. Костная пластика в полости рта: исходы, осложнения, факторы успеха и классификация рисков. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 1: 58–65. [eLibrary ID: 48156200](#)
[Polupan P.V., Sipkin A.M., Modina T.N. Osteoplasty in oral surgery: outcomes, complications, success factors, and risks classification. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2022; 1: 58–65 (In Russian)]. [DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_58](#)
8. Urban I.A., Wessing B., Alánde N., Meloni S., González-Martin O., Polizzi G., Sanz-Sanchez I., Montero E., Zechner W. A multicenter randomized controlled trial using a novel collagen membrane for guided bone regeneration at dehiscence single implant sites: Outcome at prosthetic delivery and at 1-year follow-up. — *Clin Oral Implants Res*. — 2019; 30 (6): 487–497. [PMID: 30927498](#)
9. Alshamrani A.M., Mubarki M., Alsager A.S., Alsharif H.K., AlHumaidan S.A., Al-Omar A. Maxillary sinus lift procedures: An overview of current techniques, presurgical evaluation, and complications. — *Cureus*. — 2023; 15 (1): e49553. [PMID: 38156177](#)
10. Скакунов Я.И., Дробышев А.Ю., Редько Н.А., Ле Т.Х. Применение инновационной методики проведения операции синус-лифтинг при перфорациях мембраны Шнайдера. — *Медицинский алфавит*. — 2024; 11: 42–47. [eLibrary ID: 67203272](#)
[Skakunov Y.I., Drobyshev A.Y., Redko N.A., Le T.H. The use of an innovative technique for perforations of the mucous membrane of the maxillary sinus during the sinus lift operation. — *Medical alphabet*. — 2024; 11: 42–47 (In Russian)]. [DOI: 10.33667/2078-5631-2024-11-42-47](#)
11. Кулаков А.А. Хирургическая стоматология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — С. 314–321.
[Kulakov A.A. Surgical Dentistry: National Guidelines. — Moscow: GEOTAR-Media, 2021. — Pp. 314–321 (In Russian)].
12. Похабов А.А., Ломакин М.В., Солощанский И.И., Ботоева А.К., Тотрова М.Р., Набиева Н.М. Сравнительный анализ результатов реконструкции альвеолярного костного объема челюстей методом направленной костной регенерации. — *Пародонтология*. — 2024; 3: 279–291. [eLibrary ID: 73165648](#)
[Pokhabov A.A., Lomakin M.V., Soloshchansky I.I., Botoeva A.K., Totrova M.R., Nabieva N.M. Comparative analysis of alveolar bone volume reconstruction outcomes using the guided bone regeneration technique. — *Parodontologiya*. — 2024; 3: 279–291 (In Russian)]. [DOI: 10.33925/1683-3759-2024-996](#)
13. Цициашвили А.М., Панин А.М., Волосова Е.В. Успешность лечения и выживаемость дентальных имплантатов при различных подходах к лечению пациентов с использованием дентальных имплантатов в условиях ограниченного объема костной ткани. — *Российский стоматологический журнал*. — 2020; 1: 32–38. [eLibrary ID: 42605787](#)

- [Tsitsiashvili A.M., Panin A.M., Volosova E.V. The success of treatment and survival of dental implants in different approaches to the treatment of patients using dental implants in conditions of limited bone volume. — *Russian Journal of Dentistry*. — 2020; 1: 32—38 (In Russian)]. DOI: [10.18821/1728-2802-2020-24-1-32-38](https://doi.org/10.18821/1728-2802-2020-24-1-32-38)
14. Ortiz R., Maurício P., Mascarenhas P.S. Densifying the future: A critical review of osseodensification and implant dentistry. — *Dent J (Basel)*. — 2025; 13 (10): 461. PMID: [41149108](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41149108/)
 15. Padhye N.M., Padhye A.M., Bhatavadekar N.B. Osseodensification — A systematic review and qualitative analysis of published literature. — *J Oral Biol Craniofac Res*. — 2020; 10 (1): 375—380. PMID: [31737477](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31737477/)
 16. Poonia P.S., Patel I.B. Comparative evaluation of osseodensification vs conventional osteotomy technique for dental implants: A systematic review and meta-analysis. — *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. — 2024; 1: 58—69. DOI: [10.5005/jp-journals-10019-1437](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10019-1437)
 17. Banerjee S., Dasgupta D., Parasrampur N., Pal D., Gandhi U.V. Comparative evaluation of osseodensification drilling versus conventional drilling technique on dental implant stability: A systematic review. — *J Indian Prosthodont Soc*. — 2024; 24 (3): 225—232. PMID: [38946504](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38946504/)
 18. Tao X., Yang J., Ma T., Chen M., An Q., Yu D. Optimizing osseodensification drilling for dental implant placement: An in vitro study. — *Clin Exp Dent Res*. — 2025; 11 (3): e70155. PMID: [40497493](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40497493/)
 19. Vaddamanu S.K., Saini R.S., Vyas R., Kanji M.A., Alshadidi A.A.F., Hafedh S., Cicciù M., Minervini G. A comparative study on bone density before and after implant placement using osseodensification technique: a clinical evaluation. — *Int J Implant Dent*. — 2024; 10 (1): 56. PMID: [39560860](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39560860/)
 20. Bleyan S., Gaspar J., Huwais S., Schwimer C., Mazor Z., Mendes J.J., Neiva R. Molar septum expansion with osseodensification for immediate implant placement, retrospective multicenter study with up-to-5-year follow-up, introducing a new molar socket classification. — *J Funct Biomater*. — 2021; 12 (4): 66. PMID: [34940545](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34940545/)
 21. Koutouzis T., Huwais S., Hasan F., Trahan W., Waldrop T., Neiva R. Alveolar ridge expansion by osseodensification-mediated plastic deformation and compaction autografting: A multicenter retrospective study. — *Implant Dent*. — 2019; 28 (4): 349—355. PMID: [31274667](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31274667/)
 22. Isaev A., Isaeva M., Yanushevich O., Krikheli N., Kramar O., Tsitsiashvili A., Grigoriev S., Sotova C., Peretyagin P. Concept and design of cutting tools for osseodensification in implant dentistry. — *Sci*. — 2024; 4: 79. DOI: [10.3390/sci6040079](https://doi.org/10.3390/sci6040079)
 23. Янушевич О.О., Крихели Н.И., Цициашвили А.М., Перетягин П.Ю., Бычкова М.Н., Крамар О.В. Перспективы разработки отечественных инструментов для дентальной имплантации в различных клинических условиях. — *Российская стоматология*. — 2024; 4: 4—11. eLibrary ID: [77150407](https://elibrary.ru/77150407)
[Yanushevich O.O., Krikheli N.I., Tsitsiashvili A.M., Peretyagin P.Yu., Bychkova M.N., Kramar O.V. Prospects for developing domestic instruments for dental implantation in various clinical conditions. — *Russian Stomatology*. — 2024; 4: 4—11 (In Russian)]. DOI: [10.17116/rosstomat2024170414](https://doi.org/10.17116/rosstomat2024170414)
 24. Mikic M., Vlahovic Z., Stevanović M., Arsic Z., Mladenovic R. The importance of correlation between CBCT analysis of bone density and primary stability when choosing the design of dental implants — ex vivo study. — *Tomography*. — 2022; 8 (3): 1293—1306. PMID: [35645393](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35645393/)
 25. Долгалев А.А., Данаев А.Б., Юсупов Р.Д., Хоссаин Ш.Д., Габриелян Р.Г., Золотаев К.Е. Объективная оценка погрешности показателей плотности при проведении конусно-лучевой компьютерной томографии в стоматологической практике. — *Медицинский алфавит*. — 2022; 7: 65—68. eLibrary ID: [48779668](https://elibrary.ru/48779668)
[Dolgalev A.A., Danaev A.B., Yusupov R.D., Hossain Sh. J., Gabrielyan R.G., Zolotaev K. E. Objective assessment of measurement error in significant cone-beam computed tomography in dental practice. — *Medical alphabet*. — 2022; 7: 65—68 (In Russian)]. DOI: [10.33667/2078-5631-2022-7-65-68](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-7-65-68)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_198

[В.В. Алямовский,](#)

д.м.н., профессор кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

[Н.Р. Еварницкая,](#)

к.м.н., доцент кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

[И.К. Гросицкая,](#)

к.м.н., доцент кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

[М.О. Царгасова,](#)

ассистент кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

[К.А. Мацепуро,](#)

ассистент кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

[С.А. Орлова,](#)

студентка III курса

[Д.А. Антонов,](#)

студент III курса

[М.З. Небежева,](#)

лаборант кафедры пропедевтики терапевтической стоматологии

Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия[V.V. Aliamovskii,](#)

Doctor of Science in Medicine, professor of the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

[N.R. Evarnitskaya,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

[I.K. Grositskaya,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

[M.O. Tsargasova,](#)

assistant at the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

[K.A. Matsepuro,](#)

assistant at the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

[S.A. Orlova,](#)3rd year student[D.A. Antonov,](#)3rd year student[M.Z. Nebezheva,](#)

laboratory technician at the Therapeutic dentistry propaedeutics Department

Russian University of Medicine,
127006, Moscow, Russia

Инфографика против страха: комплексный подход к преодолению дентофобии у пациентов

Аннотация. Чувство страха — естественная реакция на опасность. Стоматологическое лечение часто вызывает тревогу: около 80% пациентов в России испытывают ее перед визитом к врачу. Дентофобия остается распространенной проблемой, что подчеркивает необходимость поиска эффективных решений. Проведены систематический обзор литературы и анкетирование пациентов (разных возрастных групп) и врачей-стоматологов. Анкетирование подтвердило широкую распространенность дентофобии, 50% пациентов связывают ее с негативным опытом. Главные триггеры — страх боли (64%) и звуков бормашины (66%). 76% врачей отмечают, что дентофобия негативно влияет на качество лечения. На основе анализа данных был разработан итоговый продукт — информационная графика. Ее центральный элемент — дыхательная практика. Блоки «До приема» и «Во время приема» содержат QR-коды ссылок на аудио- и видеоматериалы с методиками, адаптированными для разных типов восприятия (визуалы, аудиалы и т.д.). **Заключение.** Современная стоматология направлена не только на лечение, но и на преодоление дентофобии. Разработанная инфографика позволяет наглядно и информативно представить методы снижения тревожности, адаптированные для пациентов.

Ключевые слова: дентофобия, страх, врач-стоматолог, заболевания полости рта, гипнотерапия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Алямовский В.В., Н.Р. Еварницкая., Гросицкая И.К., Царгасова М.О., Мацепуро К.А., Орлова С.А., Антонов Д.А., Небежева М.З. Инфографика против страха: комплексный подход к преодолению дентофобии у пациентов. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 198—204.
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_198

The use of infographics in combating fear: an integrated approach to managing dental phobia in patients

Annotation. Feelings of fear are a natural reaction to danger. Dental treatment is often alarming: about 80% of patients in Russia experience it before a visit to the doctor. Dentophobia remains a common problem, highlighting the need to find effective solutions. A systematic review of the literature and questionnaires of patients (different age groups) and dentists were conducted. The survey confirmed the widespread prevalence of dentophobia, 50% of patients associate it with a negative experience. The main triggers are fear of pain (64%) and drill sounds (66%). 76% of doctors say that dentophobia negatively affects the quality of treatment. Based on the data analysis, the final product was developed — information graphics. Its central element is respiratory practice. Blocks “Before reception” and “During reception” contain QR-codes of links to audio and video materials with methods adapted for different types of perception (visuals, audio, etc.) **Conclusion.** Modern dentistry is aimed not only at treatment, but also at overcoming dentophobia. Developed infographics allow you to clearly and informatively present methods for reducing anxiety, adapted for patients.

Key words: dentophobia, fear, dentist, oral diseases, hypnotherapy

FOR CITATION:

Aliamovskii V.V., Evarnitskaya N.R., Grositskaya I.K., Tsargasova M.O., Matsepuro K.A., Orlova S.A., Antonov D.A., Nebezheva M.Z. The use of infographics in combating fear: an integrated approach to managing dental phobia in patients. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 198—204 (In Russian).
DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_198

ВВЕДЕНИЕ

Чувство страха — это естественная реакция организма на опасность, неизвестность или потенциальную угрозу. Подобная реакция может возникать из-за травматических событий или когнитивного искажения, которые приводят к негативному опыту. Стоматологическое лечение часто вызывает у пациентов беспокойство. По статистике на 2023 г., около 80% пациентов в России испытывают тревогу перед стоматологическим лечением [1].

Дентофобия — страх перед стоматологическим вмешательством — остается актуальной проблемой в современной стоматологической практике, сохраняя свою эпидемиологическую значимость даже в условиях относительно высоких показателей плановой обращаемости населения за стоматологической помощью в Российской Федерации [2]. Ключевая роль в возникновении дентофобии отводится прежде всего ятрогенному фактору, а именно негативному опыту лечения в прошлом. Кроме того, необходимо дополнительно учитывать возможность наличия у пациентов таких психологических особенностей, как склонность к тревожным расстройствам. Например, люди, которые испытывают напряжение перед походом к врачу-стоматологу, составляют примерно 15% населения и требуют особо тщательного и внимательного отношения со стороны практикующих стоматологов [3].

Такое сочетание провоцирует устойчивое избегание визитов к врачу: пациенты обращаются за помощью лишь на поздних стадиях заболеваний, когда требуется экстренное вмешательство [4]. Это не только снижает эффективность лечения, но и повышает вероятность осложнений. Пациенты с дентофобией часто откладывают или избегают лечения, что может привести к ухудшению изначальной клинической картины, в том числе к частичной или полной адентии. Кроме того, известны случаи, когда пациенты поступали в стационар с системными гнойно-воспалительными осложнениями из-за несвоевременного обращения за помощью к врачу-стоматологу [5]. Анализ литературы также показал, что длительное игнорирование стоматологического заболевания на фоне дентофобии разной тяжести может стать одной из причин резкого роста заболеваний слизистых оболочек полости рта [6].

Помимо этого, долгое откладывание стоматологического лечения негативно сказывается и на общем состоянии здоровья: несанированная полость рта выступает независимым фактором риска развития сердечно-сосудистых патологий, метаболических нарушений и респираторных заболеваний. Этот феномен объясняется наличием двунаправленных патофизиологических связей, при которых хронические очаги одонтогенной инфекции и воспалительные медиаторы (например, С-реактивный белок) потенцируют развитие коморбидных состояний [6, 7].

Согласно данным доклада ВОЗ, опубликованного в 2022 г., около 3,5 млрд человек в мире страдают от кариеса, болезней пародонта и других стоматологических заболеваний, что подчеркивает системный характер данной проблемы в контексте глобального

здравоохранения. По результатам исследования было выявлено, что кариес постоянных зубов встречается практически у 2 млрд человек, а 514 млн детей страдают от кариеса временных зубов [8].

Распространенное в обществе негативное восприятие стоматологии и врача в белом халате в целом также влечет за собой неблагоприятные последствия для проведения качественного стоматологического лечения [9]. Довольно часто врачам приходится прибегать к различным методам психологического воздействия на пациентов, в зависимости от их уровня тревожности. Высокая когнитивная нагрузка, обусловленная необходимостью детального разъяснения каждого этапа лечения, повышенной концентрацией внимания и увеличением времени приема пациента, оказывает значительное негативное влияние на психоэмоциональное состояние врача, способствуя развитию синдрома эмоционального выгорания. Данный феномен связан с хроническим стрессом, возникающим вследствие интенсивного вовлечения эмоциональных и когнитивных ресурсов медицинского работника в процессе профессиональной деятельности [10]. Это неизбежно сказывается на качестве оказываемой помощи, а зачастую и на общем распорядке работы медицинского учреждения [10].

Опираясь на исследования Дж.М. Армфилда и Л.Дж. Хитона (2013), можно сказать, что сопоставление методов управления тревогой с выявленными уровнями тревоги показывает, что при легком уровне дентофобии состояние не сопровождается другими осложнениями [11]. Пациенту можно эффективно помочь, установив доверительные отношения и предоставив реалистичную информацию о стоматологическом лечении. В таких случаях также уместно применять простые стратегии снижения тревоги, такие как создание у пациента чувства контроля и предсказуемости в отношении предстоящего лечения. Людям с легкой или умеренной тревожностью, но с большей или более острой потребностью в лечении, помимо психологического отвлечения и релаксации, может потребоваться особая фармакологическая поддержка (например, закись азота или пероральная седация в случаях, когда использование ингаляционного и внутривенного метода может быть недоступно по каким-либо причинам). Высокий уровень тревожности может потребовать некоторой формы когнитивно-поведенческого вмешательства, например систематической десенсибилизации, когнитивной реструктуризации или гипноза.

Хирургическое вмешательство под наркозом следует рассматривать как крайнюю меру, так как нет доказательств его пользы для тревожных пациентов, кроме решения непосредственных проблем. Более того, это может усилить страх перед лечением. Тем не менее при сильной боли или осложнениях из-за ухудшения состояния полости рта лечение под седацией может быть оправдано. Эти более сложные подходы включают лечение тревожного пациента с использованием хорошо разработанных психологических практик и могут потребовать дополнительного обучения врачей-стоматологов для успешного применения в своей практике [11].

Исследование Э. Факко и соавт. (2014) подтверждает распространенность страха перед стоматологическими

процедурами, подчеркивая важность психологической подготовки врачей. Хотя фармакологическая седация активно применяется в медицинских учреждениях, гипноз остается недооцененным, но, возможно, эффективным методом [2]. Согласно литературе, гипнотерапия в стоматологии эффективна как для купирования острых состояний (например, невралгия тройничного нерва), так и для работы с психологическими причинами дискомфорта: дентофобией, тревожностью и повышенным рвотным рефлексом, обеспечивая долгосрочный эффект, в отличие от временного действия медикаментов [12–14].

Таким образом, анализ возможных способов преодоления дентофобии в стоматологической практике, создание методик, которые могут помочь пациентам адаптироваться к приему врача-стоматолога, является одним из важных направлений исследований.

Цель — исследовать возможные способы преодоления дентофобии с помощью различных методик и создать конечный продукт, который в дальнейшем поможет пациентам адаптироваться к стоматологическому лечению. **Задачи:**

- 1) провести анализ источников литературы;
- 2) создать и провести анкетирование пациентов и врачей-стоматологов;
- 3) провести анализ полученных данных из опроса;
- 4) исследовать методы, используемые стоматологами для помощи пациентам с высоким уровнем тревожности, путем анкетного опроса;
- 5) оценить эффективность методик борьбы с дентофобией в разных возрастных группах;
- 6) создать конечный продукт (информационный плакат) для внедрения эффективных методик профилактики дентофобии на стоматологическом приеме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основе проведенного систематического обзора зарубежных и отечественных баз данных за последние 10 лет (PubMed, eLibrary, КиберЛенинка) нами были составлены опросники для двух рассматриваемых в исследовании групп: пациентов и врачей-стоматологов. Пациенты были набраны путем случайной выборки среди посетителей стоматологических клиник Москвы, а также через онлайн-платформы. Врачи-стоматологи были привлечены к исследованию через профессиональные сообщества и рассылку по стоматологическим

медицинским организациям. В опросе приняли участие 56 пациентов и 45 врачей-стоматологов.

Составленные вопросы были структурированы так, чтобы они позволили выявить и рассмотреть все обстоятельства, спровоцировавшие появление фобии данного вида. Для привлечения большей аудитории опрос был составлен исключительно в виде теста, без развернутой части, для большего сохранения внимания человека на заполнении анкеты до конца.

Среди стоматологов с различным стажем работы был проведен опрос, направленный на изучение основных причин дентофобии, методов помощи пациентам, а также влияния этого страха на процесс стоматологического приема. Особенностью данного исследования стало то, что респонденты могли не только выбирать готовые варианты ответов, но и предлагать свои, выражая личное мнение по теме. Опрос проводился исключительно через платформу Яндекс Forms.

При статистической обработке данных для оценки связи между категориальными переменными применяли критерий χ^2 -критерий Пирсона. Для коррекции на множественные сравнения использовали поправки Бонферрони и Бенджамини—Хохберга. Уровень статистической значимости был установлен на показателе $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В опросе пациентов приняли участие 56 человек: 57% мужчин и 43% женщин. Возрастные группы распределились следующим образом:

- 25 лет и младше – 32%;
- от 26 до 40 лет – 54%;
- старше 40 лет – 14%.

Главными триггерами возникновения тревожности у пациентов во время приема в кресле врача-стоматолога являются страх перед возможной болью (64%) и звуки работающей бормашины (66%). Согласно данным опроса, белые халаты, стоматологические инструменты, запахи лекарств выступают вторичными триггерами дентофобии примерно у 20%–25% пациентов (табл. 1).

С помощью опроса установлено, что для преодоления дентофобии пациенты перед приемом у врача-стоматолога погружаются в собственные мысли, слушают медитативную музыку (табл. 2), а 27% пациентов просят

Таблица 1. Факторы, повышающие тревожность пациентов во время приема ($n = 56$)

Table 1. Factors increasing patient anxiety during an appointment ($n = 56$)

Фактор	Доля ответов, %
Звук бормашины во время приема	66
Страх боли	64
Запах лекарств	29
Вид инструментов	25
Вид белого халата	20

Таблица 2. Способы самостоятельного преодоления дентофобии пациентами ($n = 56$)

Table 2. Methods for patients to overcome dental anxiety on their own ($n = 56$)

Способ	Доля ответов, %
Не думать о манипуляциях стоматолога	57
Погружение в мысли, отстранение	45
Разговор с врачом	27
Прислушивание музыки	23
Стискивание подлокотников кресла	20
Бездействие	14

врача постоянно поддерживать контакт, рассказывая им что-то.

При групповом сравнении установлено (табл. 3), что статистически значимая связь на уровне была обнаружена только между страхом перед стоматологами и полом пациента ($p < 0,05$). Однако после применения поправок на множественные сравнения Бонферрони и Бенджамини—Хохберга эта значимость исчезает. Связь страха с возрастом, типом клиники и наличием негативного опыта не достигла статистической значимости. Полученные результаты статистики показывают, что не всегда дентофобия связана с возрастом пациента, прошлым негативным опытом или уровнем организации, где проходило лечение. Проблема может быть связана с подсознательным страхом человека перед возможными болевыми ощущениями, которые усиливаются внешними факторами, например звуком бормашины, запахом лекарственных препаратов и т.д. Поэтому так важно уделять внимание психологическому состоянию пациента перед и во время приема.

В ходе опроса была выявлена взаимосвязь между профессиональным стажем специалиста и наличием у него определенных методов для преодоления страха пациентов перед стоматологическими процедурами. Интервьюированные врачи-стоматологи имели следующий стаж работы:

- менее 5 лет – 24%;
- от 5 до 15 лет – 56%;
- более 15 лет – 20%.

Стоматологи, в свою очередь, стремятся помочь пациентам справиться с этим страхом (табл. 4), создавая доброжелательную обстановку (хвалят пациентов за смелость – 45%), объясняя каждый этап процедуры и предназначение всех используемых инструментов (30%).

Таблица 4. Способы помощи пациентам с высоким уровнем тревожности ($n = 56$)

Table 4. Methods of helping patients with high levels of anxiety ($n = 56$)

Способ	Доля ответов, %
Доброжелательная обстановка, похвала	80
Отвлечение разговором	57
Похвала за смелость	45
Объяснение этапов процедуры	30
Отвлечение разговором	16
Нет	11

76% опрошенных пациентов считают, что после преодоления дентофобии, здоровье их полости рта и общее здоровье в целом только улучшилось, так как после преодоления страха они стали чаще посещать стоматолога (69%). Люди, преодолевшие дентофобию, в 72% случаев предпочитают поговорить со своим

Таблица 3. Результаты статистического анализа связи между страхом перед стоматологом и различными факторами (критерий Пирсона)

Table 3. Results of the statistical analysis of the association between dental fear and various factors (χ^2 test)

Фактор сравнения	χ^2	p	Степени свободы	Число строк	Число столбцов	p_1	p_2
Пол	6,227	0,050	2	3	2	0,178	0,045
Возраст	10,276	0,113	6	3	4	0,454	0,227
Вид стоматологической клиники	8,252	0,220	6	3	4	0,881	0,660
Негативный опыт посещения стоматолога	4,352	0,360	4	3	3	1,441	1,441

Примечание. p_1 – скорректированная достоверность значимости различий с поправкой Бонферрони, p_2 – с поправкой Бенджамини—Хохберга.

врачом-стоматологом и найти оптимальный выход из данной ситуации. 10% опрошенных отмечают возможность подготовки к лечению с помощью предварительного прослушивания/просмотра серии аудио- или видеофайлов.

Советы пациентов, преодолевших дентофобию ($n=29$):

- 72% – откровенный разговор со стоматологом;
- 10% – предварительный просмотр, прослушивание аудио- и видеоматериалов;
- 10% – психологическая поддержка с помощью антистрессовых игрушек;
- 7% – медитация, дыхательные практики.

Результаты опроса врачей-стоматологов показали, что 76% специалистов из их числа считают, что дентофобия негативно влияет на продолжительность лечения. Было высказано предположение, что это связано с повышенной тревожностью пациентов, которая не только отвлекает врача от выполнения процедур, но и увеличивает время приема, что в целом сказывается на рабочем процессе. Это подтвердилось в ходе более детального опроса. Кроме того, врачи-стоматологи отметили, что дентофобия часто приводит к отказам пациентов от лечения, что влечет за собой не только временные, но и финансовые потери для клиники.

Мнение врачей о влиянии дентофобии на продуктивность работы клиники ($n=45$):

- 76% – негативно влияет – удлиняет прием, большая трата рабочего времени;
- 18% – увеличивает убытки клиники;
- 2% – ведет к низкой посещаемости клиники;
- 2% – у врачей получается настроиться на лечение пациента
- 2% – не влияет.

Подавляющее большинство опрошенных пациентов – 96% – считают, что дентофобия может быть вызвана прошлым негативным опытом стоматологического лечения. 70% респондентов связали страх с недоброжелательным общением медицинского персонала, 68% – с пугающими звуками, например с шумом бормашины (табл. 5). Согласно опросу, в формировании дентофобии наименее значимым фактором оказались параметры физического комфорта, например уровень чистоты в зоне ожидания.

Таблица 5. Частые причины дентофобии по мнению пациентов

Table 5. Frequent causes of dental anxiety according to patients

Фактор, провоцирующий дентофобию	Доля ответов, %
Негативный опыт в прошлом	96
Недоброжелательный персонал	70
Пугающие звуки из других кабинетов	68
Плач детей	48
Внешний вид кабинета, инструментов	27

Как отмечает большинство специалистов, наиболее неприятные для пациентов процедуры — это удаление зубов и постановка анестезии. В меньшей степени вызывают тревогу препарирование кариозных полостей (61%) и ультразвуковая чистка зубов (18%; табл. 6).

Таблица 6. Процедуры, повышающие уровень тревожности пациентов, по мнению врачей-стоматологов ($n = 45$)Table 6. Reasons that increase the level of anxiety in patients, according to dentists ($n = 45$)

Процедура	Доля ответов, %
Удаление зубов	75
Введение анестезии (укол)	71
Препарирование кариозных полостей	61
Ультразвуковая чистка	18
Костная пластика	4
Отбеливание зубов	4

Более 40% специалистов используют методики для перевода внимания пациента от врачебных манипуляций: на этапе предварительной коммуникации выявляют индивидуальные запросы, а также когнитивные искажения (ожидание боли, потеря контроля). Посредством переключения внимания (обсуждение нейтральных тем, юмор, совместное планирование этапов лечения) специалист снижает психоэмоциональную нагрузку, минимизируя фиксацию внимания пациента на предстоящих манипуляциях.

Из развернутых ответов врачей удалось определить основные методы оказания помощи пациентам, страдающим дентофобией, которые чаще всего встречались на приеме у врачей-стоматологов. Вот наиболее весомые тезисы:

- Проговариваю свои дальнейшие действия и предупреждаю пациента о чувствах, которые он может испытать.
- Знакомство пациента с процедурами, начиная с простых и безболезненных процедур.
- Разговор с пациентом для выявления его потребностей и страхов.
- Использую успокаивающую музыку и фильмы.
- Предлагаю брать предметы антистресса и разговариваю с пациентами.

Большинство стоматологов (80%) стараются не показывать шприц с анестетиком или используют аппликационную анестезию, чтобы помочь пациентам

преодолеть чувство страха, если у пациента возникает тревога перед анестезией. Методы работы стоматологов со страхом перед инъекциями у пациентов ($n=45$):

- 80% — не показывают шприц или используют аппликационную анестезию;
- 29% — отвлекают разговором, подробно объясняют процедуру.

Согласно данным опроса, систематическое обучение ассистентов врачей-стоматологов работе с дентофобией практикуется лишь в ограниченном числе случаев. Основной фокус подготовки персонала сводится к более выраженной коммуникации между персоналом и пациентом, к минимальному визуальному контакту пациента с инструментами врача-стоматолога, посредством отработанной передачи инструментов вне поля зрения пациента.

Несмотря на это, большинство — 98% — врачей отмечают успешный опыт снижения тревожности у пациентов, что подтверждает высокую клиническую эффективность даже базовых мер. Половина из них выделяют до 15 минут на психологическую настройку пациентов к работе, в то время как 27% тратят более 15 минут, что в большей степени оказывает негативное влияние на рациональное использование временных ресурсов в лечебном учреждении, как уже упоминалось выше.

ОБСУЖДЕНИЕ

Дентофобия оказывает системное влияние как на здоровье пациентов, так и на клиническую практику врача-стоматолога. Для минимизации страха важным этапом является не только формирование грамотного взаимодействия между врачом и пациентом, но и правильная психоэмоциональная подготовка пациента к лечению.

Проанализировав доступные данные, полученные из опросов, конечным продуктом нашей работы является создание информативных источников (инструкций) по преодолению внезапных приступов страха у пациентов. Основываясь на уже имеющихся исследованиях, была взята во внимание идея, что представленная в виде инфографики информация должна подчиняться следующим принципам [15–16]:

- Информация должна быть структурирована.
- Представленные данные должны быть наглядны.
- Дизайн инфографики должен соответствовать теме.

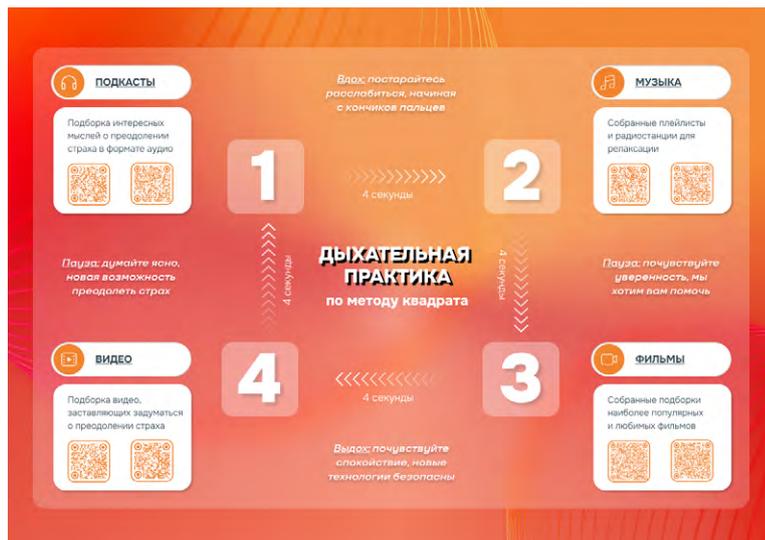
Главным элементом для инфографики был выбран макет дыхательной практики с подсчетом количества секунд на вдох и выдох. Данный элемент был оформлен в виде инструкции-схемы с четким указанием действий на каждый счет. По краям плаката в макете расположились информационные блоки, разделенные на колонки «До приема» и «Во время приема».

В первой колонке «До приема» было выделено два блока: «Подкасты» и «Видео». Здесь же были расположены ссылки в виде QR-кодов на соответствующие источники информации, видео и подкасты по преодолению дентофобии. Во второй колонке «Во время приема» присутствуют два раздела: «Музыка» со ссылками в виде QR-кодов на плейлисты и радиостанции с успокаивающей музыкой и «Фильмы» со ссылками

в виде QR-кодов на подборки и уже собранные на различных платформах плейлистов легких фильмов (см. рисунок)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важное значение для преодоления дентофобии имеет качественное взаимодействие между стоматологом и пациентом, где ключевыми факторами являются эмпатия, понимание и индивидуальный подход. Возможно, особое внимание стоит уделить методу гипнотерапии, который все еще является спорной темой в стоматологии, однако оказывает эффективное влияние на процесс лечения. Врачам также стоит уделить внимание на когнитивно-поведенческие особенности пациентов и повышать уровень своих знаний в области психологии. Применение методов отвлечения, таких как успокаивающая медитативная музыка или просмотр видеофильмов, могут способствовать успешной профилактике дентофобии у пациентов. Кроме того, грамотный, конструктивный диалог врача с пациентом играет важную роль в этом процессе, помогая сосредоточить внимание больного на позитивных аспектах и уменьшить тревожность. Современные методы и подходы в стоматологии позволяют эффективно управлять дентофобией, обеспечивая пациентам комфортное и безболезненное лечение.



Пример инфографики для стоматологических учреждений
Example of infographics for dental institutions

Применение профессиональных методов графического дизайна с учетом специфики медицинской тематики позволит создать эффективный и привлекательный плакат, способствующий пониманию и запоминанию представленной информации о стоматологии.

Поступила/Received: 18.11.2025
Принята в печать/Accepted: 09.02.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кантария Г.О., Кабытова М.В. Определение уровня дентофобии у пациентов перед посещением врача-стоматолога. — *Международный научно-исследовательский журнал*. — 2021; 7—2 (109): 100—105. [eLibrary ID: 46352914](#)
2. Facco E., Zanette G., Casiglia E. The role of hypnotherapy in dentistry. — *SAAD Dig*. — 2014; 30: 3—6.
3. Seligman L.D., Hovey J.D., Chacon K., Ollendick T.H. Dental anxiety: An understudied problem in youth. — *Clin Psychol Rev*. — 2017; 55: 25—40. [PMID: 28478271](#)
4. Митин Н.Е., Родина Т.С., Гришин М.И., Васильева Т.А. Психологическая адаптация пациентов на стоматологическом приеме. — *В мире научных открытий*. — 2016; 11 (83): 115—119. [eLibrary ID: 27360521](#)
5. Иванов А.Е., Ишанова Д.В. Тяжелая форма дентофобии как причина развития системных гнойно-воспалительных осложнений. — В: сб. матер. форума «Неделя молодежной науки — 2024». — Тюмень, 2024. — С. 372—373. [eLibrary ID: 65364542](#)
6. Жубоева М.А. Сравнительный анализ распространенности заболеваний слизистой оболочки полости рта в разных регионах Российской Федерации. — *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. — 2022; 3: 203—211. [eLibrary ID: 50422149](#)
7. Бочарова М.А., Смирнова П.Н., Тюлькина Е.Е., Миронова С.В. Дентофобия взрослых. — *Scientist (Russia)*. — 2023; 2 (24): 79—87. [eLibrary ID: 50750990](#)
8. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. — WHO, 2022. — P. 30—31.
9. Бархян М.А., Зоз В.А., Онищенко В.Л. Дентофобия: причины и методы коррекции. — *Вестник науки*. — 2023; 1 (58): 270—275. [eLibrary ID: 50121684](#)

REFERENCES:

1. Kantaria G.O., Kabytova M.V. Determining the level of dentophobia in patients before visiting a dentist. *International Research Journal*. 2021; 7—2 (109): 100—105 (In Russian). [DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.053](#)
2. Facco E., Zanette G., Casiglia E. The role of hypnotherapy in dentistry. *SAAD Dig*. 2014; 30: 3—6.
3. Seligman L.D., Hovey J.D., Chacon K., Ollendick T.H. Dental anxiety: An understudied problem in youth. *Clin Psychol Rev*. 2017; 55: 25—40. [PMID: 28478271](#)
4. Mitin N.E., Rodina T.S., Grishin M.I., Vasilieva T.A. Psychological adaptation of the patient to the dental reception. *In the World of Scientific Discoveries*. 2016; 11 (83): 115—119 (In Russian). [eLibrary ID: 27360521](#)
5. Ivanov A.E., Ishanova D.V. Severe dentophobia as a cause of systemic purulent-inflammatory complications. In: proceedings of the "Youth Science Week 2024" forum. Tyumen, 2024. Pp. 372—373 (In Russian). [eLibrary ID: 65364542](#)
6. Zhuboeva M.A. Comparative analysis of the prevalence of diseases of the oral mucosa in different regions of the Russian Federation. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2022; 3: 203—211 (In Russian). [DOI: 10.21638/spbu11.2022.305](#)
7. Bocharova M.A., Smirnova P.N., Tyulкина E.E., Mironova S.V. Dental phobia in adults. *Scientist (Russia)*. 2023; 2 (24): 79—87 (In Russian). [eLibrary ID: 50750990](#)
8. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. WHO, 2022. P. 30—31.
9. Barkhyan M.A., Zoz V.A., Onishchenko V.L. Dentophobia: causes & methods of correction. *Science Bulletin*. 2023; 1 (58): 270—275 (In Russian). [eLibrary ID: 50121684](#)

10. Анисимова Н.Ю. Пациенты с дентофобией на стоматологическом приеме. — *Вестник Томского государственного педагогического университета*. — 2014; 5 (146): 123—128. [eLibrary ID: 21570996](#)
11. Armfield J.M., Heaton L.J. Management of fear and anxiety in the dental clinic: a review. — *Aust Dent J*. — 2013; 58 (4): 390—407; quiz 531. [PMID: 24320894](#)
12. Сафиуллин А.А. Гипнотерапия в стоматологической практике. — *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2016; 12—9: 1663—1667. [eLibrary ID: 28279041](#)
13. Allison N. Hypnosis in modern dentistry: Challenging misconceptions. — *Faculty Dental Journal*. — 2015; 6 (4): 172—175. [DOI: 10.1308/rcsfj.2015.172](#)
14. Moss D., Willmarth E. Hypnosis, anesthesia, pain management, and preparation for medical procedures. — *Ann Palliat Med*. — 2019; 8 (4): 498—503. [PMID: 31431022](#)
15. Beecher B., O'Doherty A., Goulao B., Jalali A., Salsberg J., Dore L., Hannigan A. Designing infographics in health research with patients and the public: A scoping review protocol. — *PLoS One*. — 2023; 18 (9): e0291066. [PMID: 37656722](#)
16. Traboco L., Pandian H., Nikiphorou E., Gupta L. Designing infographics: Visual representations for enhancing education, communication, and scientific research. — *J Korean Med Sci*. — 2022; 37 (27): e214. [PMID: 35818705](#)
10. Anisimova N.Y. Patients with dentophobia at dental appointment. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2014; 5 (146): 123—128 (In Russian). [eLibrary ID: 21570996](#)
11. Armfield J.M., Heaton L.J. Management of fear and anxiety in the dental clinic: a review. *Aust Dent J*. 2013; 58 (4): 390—407; quiz 531. [PMID: 24320894](#)
12. Safiullin A.A. Hypnotherapy in dental practice. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2016; 12—9: 1663—1667 (In Russian). [eLibrary ID: 28279041](#)
13. Allison N. Hypnosis in modern dentistry: Challenging misconceptions. *Faculty Dental Journal*. 2015; 6 (4): 172—175. [DOI: 10.1308/rcsfj.2015.172](#)
14. Moss D., Willmarth E. Hypnosis, anesthesia, pain management, and preparation for medical procedures. *Ann Palliat Med*. 2019; 8 (4): 498—503. [PMID: 31431022](#)
15. Beecher B., O'Doherty A., Goulao B., Jalali A., Salsberg J., Dore L., Hannigan A. Designing infographics in health research with patients and the public: A scoping review protocol. *PLoS One*. 2023; 18 (9): e0291066. [PMID: 37656722](#)
16. Traboco L., Pandian H., Nikiphorou E., Gupta L. Designing infographics: Visual representations for enhancing education, communication, and scientific research. *J Korean Med Sci*. 2022; 37 (27): e214. [PMID: 35818705](#)

Вклад Северина Тигерштедта в развитие челюстно-лицевой травматологии

Во 2-м издании книги П.Ю. Столяренко и И.М. Байрикова представлены новые научные и биографические данные о зубном враче Северине Тигерштедте (1882—1954), который внес значительный вклад в развитие челюстно-лицевой травматологии. Его военно-полевая система наложения индивидуальных проволочных шин была не только универсальной, доступной и простой, она подняла авторитет зубо врачевания на новую ступень, укрепила его связи с челюстно-лицевой хирургией и способствовала формированию последней в самостоятельный раздел медицины.

Применение шин способствовало повышению процента возвращенных в строй бойцов. Если в Русско-турецкую войну (1877—1878) в армию было возвращено лишь 9,7% раненных в челюсти, то в период Первой мировой войны их доля достигла 21,7%, т.е. возросла в 2,5 раза. Система шин Тигерштедта создала новое направление в лечении огнестрельных переломов челюстей, нашла широкое применение в годы Великой Отечественной войны и в мирное время.

Более чем через 100 лет отдельные предложения С. С. Тигерштедта по лечению больных с травмой челюстей сохранили свое практическое значение. Его метод получил развитие не только в России, но и за рубежом.

Библиография: 133 названия.

Для стоматологов, челюстно-лицевых хирургов, хирургов, травматологов, историков медицины, научных работников, студентов медицинских вузов.

Самарский государственный медицинский университет, 2025 г.
Мягкая обложка, 175 с., 156 ил.
ISBN: 978-5-473-01137-1

П. Ю. Столяренко
И. М. Байриков

ВКЛАД СЕВЕРИНА ТИГЕРШТЕДТА В РАЗВИТИЕ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ТРАВМАТОЛОГИИ



Самара 2025

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_205

[М.А. Чибисова](#)^{1,2},

д.м.н., профессор кафедры клинической стоматологии; председатель секции «Лучевая диагностика в стоматологии»

[М.Я. Гурджи](#)^{2,3},

член правления секции «Лучевая диагностика в стоматологии»; врач-рентгенолог, главный врач

[А.В. Водоватов](#)^{4,5},

к.б.н., зав. лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций; доцент кафедры общей гигиены

¹ СЗГМУ им. И.И. Мечникова,

191015, Санкт-Петербург, Россия

² Стоматологическая ассоциация России,
105005, Москва, Россия³ Сеть центров конусно-лучевой компьютерной томографии «ЗД Диагностика»,
603000, Нижний Новгород, Россия⁴ НИИ радиационной гигиены,
197101, Санкт-Петербург, Россия⁵ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, Санкт-Петербург, Россия

Радиационная безопасность при выполнении рентгеностоматологических исследований у беременных

Аннотация. Статья информирует практикующих врачей-стоматологов о современных требованиях к обеспечению радиационной безопасности при назначении и выполнении беременным рентгенологических исследований, в том числе при оказании стоматологической помощи, в связи с началом действия СанПиН 2.6.4115-25 «Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения».

Ключевые слова: нормативное регулирование, стоматологическая помощь, рентгенодиагностика, радиационная безопасность, беременность

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чибисова М.А., Гурджи М.Я., Водоватов А.В. Радиационная безопасность при выполнении рентгеностоматологических исследований у беременных. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 205—208. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_205

[M.A. Chibisova](#)^{1,2}

Doctor of Science in Medicine, professor of the Clinical dentistry Department; chairman of the “Radiation diagnostics in dentistry” section

[M.Ya. Gourdji](#)^{2,3},

board member of the “Radiation diagnostics in dentistry” section; chief physician, radiologist

[A.V. Vodovатов](#)^{4,5},

PhD in Biology, head of the Radiation Hygiene in Medical Organizations Lab; associate professor of the General hygiene Department

¹ Mechnikov North-West State Medical University, 191015, Saint-Petersburg, Russia² Russian Dentistry Association,
105005, Moscow, Russia³ Cone-Beam Computer Tomography Diagnostic Centers “3D Diagnostics”,
603000, Nizhny Novgorod, Russia⁴ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene,
197101, Saint-Petersburg, Russia⁵ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University,
194100, Saint-Petersburg, Russia

Radiation safety during X-ray dental examinations of pregnant women

Annotation. This article provides an overview of current approaches to regulatory frameworks for radiation safety during x-ray dental examinations of pregnant women. The article informs practicing dentists about modern requirements for radiation safety of dental X-ray examinations for pregnant women, according with SanPiN 2.6.4115-25 “Sanitary and epidemiological requirements of population radiation safety when ionizing radiation sources is used”.

Key words: regulation, dental care, x-ray diagnostics in dentistry, radiation safety, pregnancy

FOR CITATION:

Chibisova M.A., Gourdji M.Ya., Vodovатов A.V. Radiation safety during X-ray dental examinations of pregnant women. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 205—208 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_205

ВВЕДЕНИЕ

Значение санации полости рта в период беременности бесспорно — по данным литературы, нуждаемость в стоматологическом лечении беременных женщин составляет 82—98% [1], а при физиологическом течении беременности распространенность только кариеса зубов превышает 90% [2]. Обязательный однократный осмотр беременных врачом-стоматологом определен порядком оказания медицинской помощи по профилю «Акушерство и гинекология» [3]. Рентгенодиагностика, являясь важным методом

стоматологического обследования пациентов, при наличии беременности вызывает ряд вопросов как у лечащих врачей, так и у пациенток — от права назначения исследований беременным в конкретных ситуациях до информирования о возможных последствиях такого облучения.

Иногда врачи-стоматологи ставят под сомнение безопасность рентгенологического исследования в стоматологической практике и расценивают лечение беременных пациенток как потенциально опасное, оказывая им стоматологическую помощь с консервацией выявленной проблемы для решения ее в более благоприятный период — после родов. Такой подход не обоснован и не способствует оздоровлению женщины.

Одним из самых важных изменений 2025 г. в области нормативного регулирования лучевой диагностики явилось утверждение СанПиН 2.6.4115-25 «Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения» (далее — СанПиН 2.6.4115-25), который начал действовать с 1 сентября 2025 г. [4]. Одновременно с этой даты прекратили действовать 20 санитарных правил и нормативов по различным отраслям обеспечения радиационной безопасности, в том числе СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» (далее — СанПиН 2.6.1.1192-03) [5]. При сравнении вводимых и отменяемых санитарных правил (в части требований к обеспечению радиационной безопасности при проведении рентгенодиагностических исследований) обращает на себя внимание значительное сокращение регуляторных требований в новом документе, в том числе исключение необоснованно консервативных требований к ограничению облучения беременных пациенток при выполнении им рентгеновских исследований.

ДЕЙСТВОВАВШИЕ РАНЕЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Регуляторные требования в области безопасности рентгенологических исследований беременным ранее носили комплексный характер (т.е. одновременно регулировались несколькими нормативно-правовыми актами), а их формулировки были достаточно сложными и требовали комментариев. В действовавших до 1 сентября 2025 г. нормативно-правовых актах выполнение рентгенологических исследований беременным упоминается в двух документах:

1) СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» [6]:

- 5.4.3. Перед проведением диагностической или терапевтической процедуры, связанной с облучением женщины детородного возраста, необходимо определить, не является ли она беременной или кормящей матерью. Беременная или кормящая женщина, а также родители детей-пациентов должны быть информированы врачом о пользе планируемой процедуры и о связанном с ней радиационном риске для эмбриона/плода,

новорожденных и детей младшего возраста для принятия сознательного решения о проведении процедуры или отказе от нее.

2) СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» [5]:

- 7.16. Назначение беременных на рентгенологическое исследование производится только по клиническим показаниям. Исследования должны, по возможности, проводиться во вторую половину беременности, за исключением случаев, когда должен решаться вопрос о прерывании беременности или необходимости оказания скорой или неотложной помощи. При подозрении на беременность вопрос о допустимости и необходимости рентгенологического исследования решается исходя из предположения, что беременность имеется.
- 7.17. Беременных не допускается привлекать к участию в рентгенологических исследованиях (поддержание ребенка или тяжелобольного родственника).
- 7.18. Рентгенологические исследования беременных проводятся с использованием всех возможных средств и способов защиты таким образом, чтобы доза, полученная плодом, не превысила 1 мЗв за 2 месяца невыявленной беременности. В случае получения плодом дозы, превышающей 100 мЗв, врач обязан предупредить пациентку о возможных последствиях и рекомендовать прервать беременность.
- ...
- 7.21. Не подлежат профилактическим рентгенологическим исследованиям дети до 14 лет и беременные...

Алгоритм действий, согласно формулировке п. 7.16. СанПиН 2.6.1.1192-03, должен был сводиться к определению:

- наличия клинических показаний (их точная формулировка отсутствует, поэтому мы определяем их как все, за исключением исследований с профилактической целью, а также исключительно при эстетических жалобах пациентки);
- сроков беременности (при наличии клинических показаний во вторую половину беременности применение рентгенодиагностики было допустимо, а при клинических показаниях в первую половину беременности — возможно при необходимости оказания скорой или неотложной помощи).

В стоматологической практике при состояниях, требующих оказания экстренной стоматологической помощи (флегмона; абсцесс; фурункул; карбункул; остеомиелит; удаление зуба, требующего наружного доступа, и т.д.) или неотложной стоматологической помощи (пульпит — острый или обострение хронического; периодонтит — острый или обострение хронического; челюстно-лицевые травмы, в том числе вывих или перелом зуба; обострение одонтогенных и неодонтогенных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области; иные острые болезненные состояния; лечение,

требующее оперативного вмешательства) назначение рентгенологического обследования было возможно на любых сроках беременности*.

Одним из самых распространенных заболеваний полости рта при беременности является кариес зубов [2], который не требует оказания медицинской помощи в экстренной или неотложной форме, но его рентгенодиагностика во второй половине беременности была возможна. Однако и здесь стоит принять во внимание несколько важных аспектов в оценке величины дозовых нагрузок рентгеностоматологических исследований:

- эффективная эквивалентная доза внутриротового снимка зубов, рассчитанная согласно действующим российским методическим указаниям, определяется по данным литературы и в собственных наблюдениях авторов в диапазоне от 1 до 5 мкЗв [7], что пренебрежимо мало как в сравнении с ограничением годовой эффективной дозы для профилактических исследований (1000 мкЗв)** [6], так и в 5–10 раз меньше обычной среднесуточной дозы естественного облучения каждого человека*** [8];
- приведенная выше доза — это доза облучения беременной (не плода!), а область живота/таза при дентальном исследовании экранируется индивидуальными средствами защиты в дополнении к тому, что само тело матери также является естественным ослабляющим излучение барьером.

С 1 сентября 2025 г. один из наиболее волновавший лечащих врачей вопросов о юридической возможности назначения пациентке рентгенологического исследования при выявлении у нее беременности перестал быть сложным — назначение беременным рентгенологических исследований выполняется на общих основаниях с другими пациентами.

Сохраняются только общие требования «Норм радиационной безопасности» к ограничению медицинского облучения:

* Согласно определениям Федерального закона № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011, скорая медицинская помощь оказывается гражданам при заболеваниях, несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях, требующих срочного медицинского вмешательства. Скорая медицинская помощь оказывается в экстренной или неотложной формах; экстренная медицинская помощь — медицинская помощь, оказываемая при внезапных острых заболеваниях, состояниях, обострении хронических заболеваний, представляющих угрозу жизни пациента, а неотложная медицинская помощь — медицинская помощь, оказываемая при внезапных острых заболеваниях, состояниях, обострении хронических заболеваний без явных признаков угрозы жизни пациента.

** 5.4.4. При проведении обоснованных медицинских рентгено-радиологических обследований в связи с профессиональной деятельностью или в рамках медико-юридических процедур, а также рентгено-радиологических профилактических медицинских и научных исследований практически здоровых лиц, не получающих прямой пользы для своего здоровья от процедур, связанных с облучением, годовая эффективная доза не должна превышать 1 мЗв [6].

*** Средние годовые доз облучения жителей Земли за счет всех источников излучения составляют 0–14 200 мкЗв; в среднем — 2800 мкЗв [8].

- не устанавливаются пределы доз для пациентов, но применяются принципы обоснования назначения медицинских процедур и оптимизации защиты пациентов;
- беременная или кормящая женщина, а также родители детей-пациентов должны быть информированы врачом о пользе планируемой процедуры и о связанном с ней радиационном риске.

Следует отметить, что требования по обеспечению радиационной безопасности беременных при медицинском облучении ранее основывались на чрезмерном преувеличении радиационного ущерба (риска) при облучении гонад и, как следствие, пренатального облучения. В качестве ограничений доз для беременных пациенток были установлены ограничения доз для беременных, работающих с источниками ионизирующего излучения (т.е. чрезвычайно консервативные требования). Также консервативным и необоснованным является требование к рекомендациям о прерывании беременности при превышении эквивалентной дозы в плоде 100 мЗв (миллизиверт). Все вышеуказанное привело к необходимости пересмотра требований к ограничению доз у беременных пациенток и распространения их на все виды лучевой диагностики и терапии с применением источников ионизирующего излучения. Обновленные требования будут реализованы в новой редакции «Норм радиационной безопасности» [9].

РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ ПРИ РЕНТГЕНОСТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Основным источником информации по воздействию медицинского облучения во время беременности стоит считать публикацию № 84 (2000) Международного комитета по радиационной защите (МКРЗ) [10]. Согласно этой публикации, для большинства пациенток облучение по медицинским показаниям допустимо, а риск для плода является минимальным; пренатальные дозы при большинстве правильно выполненных диагностических процедур не приводят к риску прерывания беременности, порокам развития или замедлению умственного развития, которые можно было бы обнаружить.

Воздействие ионизирующего излучения на плод или эмбрион ассоциировано с менее чем 2% врожденных пороков развития, выявленных у новорожденных и в качестве порогового значения, ниже которого достоверно определить детерминированные эффекты, ассоциированные с воздействием ионизирующего излучения, невозможно, принимается 100 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе) [9].

В соответствии с данными, представленными в научных отчетах и рецензируемых научных журналах, поглощенные дозы в плоде при проведении рентгенографии черепа составляют менее 0,01 мГр [11].

Для оценки радиационного риска у пациентов при проведении рентгено-радиологических исследований утверждены методические рекомендации МР 2.6.1.0215-20 [12], в которых приведены методики и справочные данные. В приложении № 4 даны примеры расчета риска рентгено-радиологических

исследований, а также сделан общий вывод о том, что радиационный риск исследования на дентальном внутриротовом аппарате или ортопантомографе является пренебрежимо малым; при выполнении исследований с помощью компьютерного томографа радиационный риск может достигать градации очень низкого риска.

Особо стоит напомнить: несмотря на пренебрежимо малый риск большинства рентгеностоматологических исследований, при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур необходимы контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных пациентом (п. 7.5 «Норм радиационной безопасности», п. 4.16 «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности» [13]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Действовавший до сентября 2025 г. СанПиН 2.6.1.1192-03 имел достаточно сложный для интерпретации пункт о возможности выполнения рентгенодиагностических исследований беременным, который на практике никак не ограничивал выполнение рентгенодиагностики при оказании стоматологической помощи при большинстве стоматологических заболеваний и состояний на любом сроке беременности, а действующий с 01.09.2025 СанПиН 2.6.4115-25 не содержит никаких регуляторных пунктов, связанных с особенностями радиационной безопасности у беременных, что упрощает маршрутизацию пациентов и стандартизирует подходы к обеспечению

радиационной безопасности — назначение и выполнение рентгенологических исследований беременным при оказании стоматологической помощи не имеет особенностей по сравнению с другими пациентами.

Радиационная защита пациентов при медицинском облучении должна быть основана на необходимости получения полезной диагностической информации и/или терапевтического эффекта от соответствующих медицинских процедур при наименьших возможных уровнях облучения. При этом не устанавливаются пределы доз для пациентов, но применяются принципы обоснования назначения медицинских процедур и оптимизации защиты пациентов.

В связи с динамичным развитием медицинских технологий, в частности широким внедрением высокотехнологичных методов визуализации, и постоянным накоплением новых научных данных в области радиационной безопасности в настоящее время происходит существенная трансформация подходов к обеспечению радиационной безопасности, что имеет отражение в совершенствующейся нормативно-правовой базе. Для более подробного ознакомления с общими принципами нормативного регулирования применения лучевой диагностики в стоматологии рекомендуем статью «Нормативное регулирование рентгеностоматологических исследований» [14].

Поступила/Received: 12.10.2025

Принята в печать/Accepted: 09.02.2026

ЛИТЕРАТУРА:

1. Александрова А.А. Оценка стоматологического статуса и разработка комплекса индивидуальной гигиены полости рта у беременных с сахарным диабетом: автореф. дис. ... к.м.н. — СПб.: ВМА им. С.М. Кирова, 2017. — 21 с.
2. Анисимова Е.Н., Аксамит Л.А., Манухина Е.И., Летунова Н.Ю., Голикова А.М., Федотова Т.М. Особенности оказания неотложной стоматологической помощи беременным женщинам. — *Стоматология*. — 2016; 2: 18—25. [eLibrary ID: 26094164](#)
3. Приказ № 1130н Минздрава России «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю „Акушерство и гинекология“» от 20 октября 2020 г.
4. Постановление № 6 Главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил и норм СанПиН 2.6.4115-25 „Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения“ от 27.03.2025 (действ. с 01.09.2025).
5. Постановление № 8 Главного государственного санитарного врача РФ «О введении в действие СанПиН 2.6.1.1192-03» (вместе с „СанПиН 2.6.1.1192-03 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы“) от 18.02.2003 г. (действ. до 01.09.2025 г.).
6. Постановление № 47 Главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 (вместе с „НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы“)» от 07.07.2009 г.
7. Шацкий И.Г. Оценка доз медицинского облучения при рентгенографических стоматологических исследованиях. — *Радиационная гигиена*. — 2019; 3: 69—77. [eLibrary ID: 41139511](#)
8. Романович И.К., Балонов М.И., Барковский А.Н., Брук Г.Я., Вишнякова Н.М., Голиков В.Ю., Звонова И.А., Кальницкий С.А., Константинов Ю.О., Репин В.С., Стамат И.П., Онищенко Г.Г., Горский А.А., Иванов В.К., Поцапун Н.П., Кочетков О.А., Панфилов А.П., Беликов А.Д., Савкин М.Н. Комментарии к Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009). — СПб.: НИИ радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева, 2012. — С. 32—34.
9. Водоватов А.В., Чипига Л.А., Библин А.М., Горский Г.А., Лантух З.А., Солдатов И.В., Вишнякова Н.М. Требования к обеспечению радиационной безопасности беременных женщин в ситуациях планируемого и аварийного облучения. — *Радиационная гигиена*. — 2025; 4: 31—40. [eLibrary ID: 88754695](#)
10. Valentin J. Pregnancy and medical radiation. ICRP publication 84. — *Annals of the ICRP*. — 2000; 30 (1). <https://kstom.ru/icpr84>
11. National Council on Radiation Protection and Measurements. Preconception and prenatal radiation exposure: Health effects and protective guidance: Report No.174. — Bethesda (MD), 2013. — P. 23. <https://kstom.ru/ncpr174>
12. Методические рекомендации МР 2.6.1.0215-20 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 21.09.2020 г.).
13. Постановление №40 Главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 „Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)“ (вместе с „СП 2.6.1.2612-10 ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы...“)» от 26.04.2010 г.
14. Яременко А.И., Салеев Р.А., Чибисова М.А., Гурджи М.Я. Нормативное регулирование рентгеностоматологических исследований. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 3: 154—161. [eLibrary ID: 54509021](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_209

Е.А. Булычева^{1,2},

д.м.н., профессор, зав. кафедрой дополнительного образования по стоматологическим специальностям; профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

И.С. Найданова^{1,2},

к.м.н., доцент кафедры дополнительного образования по стоматологическим специальностям; ассистент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

В.Н. Трезубов²,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

Д.С. Булычева³,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии

¹ НовГУ, 173003, Великий Новгород, Россия

² ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, 197022, Санкт-Петербург, Россия

³ РУДН, 117198, Москва, Россия

Интерактивные методы обучения в рамках освоения раздела «Биомеханика жевательного аппарата (гнатология)» специальности «Стоматология ортопедическая»

Аннотация. Исследование посвящено применению интерактивных методов обучения при реализации дополнительных профессиональных программ по специальности «Стоматология ортопедическая». Проведен статистический, аналитический и эмпирический анализ опыта работы кафедры на базе ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург) и НовГУ (Великий Новгород). Результаты показали, что применение интеллект-карты эффективно для структурирования теории и моделирования клинической картины, развивая системный анализ. Дидактическая игра на основе выписки из истории болезни пациента способствует формированию и усовершенствованию навыков диагностики, лечения и коллективной работы. Высокие результаты итоговой аттестации (более 80% оценок «отлично» и «хорошо») при комбинированном использовании обоих методов объективно свидетельствуют о повышении качества усвоения материала и уровня формирования профессиональных компетенций у слушателей программ повышения квалификации.

Ключевые слова: гнатология, интерактивные методы обучения, интеллект-карта, дидактическая игра

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Булычева Е.А., Найданова И.С., Трезубов В.Н., Булычева Д.С. Интерактивные методы обучения в рамках освоения раздела «Биомеханика жевательного аппарата (гнатология)» специальности «Стоматология ортопедическая». — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (1): 209—215. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_209

Е.А. Bulycheva^{1,2},

Doctor of Science in Medicine, full professor, Head of the Department of additional education in dental specialties; professor of the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults

I.S. Naidanova^{1,2},

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Department of additional education in dental specialties; assistant at the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults

V.N. Trezubov²,

Doctor of Science in Medicine, full professor, Head of the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults

D.S. Bulycheva³,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Pediatric dentistry and orthodontics Department

¹ Yaroslavl-the-Wise Novgorod State University, 173003, Veliky Novgorod, Russia

² Pavlov University, 197022, Saint-Petersburg, Russia

³ RUDN University, 117198, Moscow, Russia

Interactive teaching methods in the study of the “Biomechanics of the masticatory apparatus (gnathology)” section within the “Prosthodontics” specialty

Annotation. The study is devoted to the application of interactive teaching methods in the implementation of additional professional programs in the specialty of “Prosthodontics”. A statistical, analytical, and empirical analysis of the experience of the department based at the Pavlov University (St. Petersburg) and the Yaroslavl-the-Wise Novgorod State University (Veliky Novgorod) was conducted. The results showed that the use of a mind map is effective for structuring theory and modeling the clinical picture, developing systems analysis. A didactic game based on a patient’s medical history excerpt contributes to the formation and improvement of diagnostic, treatment, and teamwork skills. The high results of the final certification (more than 80% of “excellent” and “good” grades) with the combined use of both methods objectively indicate an increase in the quality of material assimilation and the level of formation of professional competencies among trainees in advanced training programs.

Key words: gnathology, interactive teaching methods, mind maps, didactic game

FOR CITATION:

Bulycheva E.A., Naidanova I.S., Trezubov V.N., Bulycheva D.S. Interactive teaching methods in the study of the “Biomechanics of the masticatory apparatus (gnathology)” section within the “Prosthodontics” specialty. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (1): 209—215 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_1_209

ВВЕДЕНИЕ

Под интерактивностью понимается взаимодействие (его характер и степень) между объектами или субъектами. Это принцип организации системы, при которой цель достигается информационным обменом элементов этой системы. Современный образец высшего медицинского образования претерпевает радикальные изменения, смещая акцент с пассивной передачи знаний на активное формирование профессиональных компетенций, клинического мышления и готовности к решению сложных, нестандартных задач [1–3].

Данный переход обусловлен поступательным развитием медицинской науки, методов и технологий, а также возросшими требованиями населения к качеству оказания медицинской помощи. Это, в свою очередь, определяет необходимость внедрения интерактивных методов обучения на всех уровнях медицинского образования. Такие методы, основанные на принципах активного вовлечения, диалога и моделирования профессиональной деятельности, очевидно, способствуют более глубокому усвоению материала, развитию навыков критического анализа, коллективной работы и эффективной коммуникации [4–6].

Особую актуальность интерактивный метод обучения приобретает в рамках освоения сложных разделов клинических дисциплин, требующих умения эффективного комплексного взаимодействия специалистов разных профилей. Одним из таких разделов в подготовке врачей-стоматологов является гнатология — раздел стоматологии о биомеханике и функциональном единстве элементов жевательно-речевого аппарата. Сложность их взаимодействия, вариабельность клинических проявлений расстройств органов головы, необходимость интеграции знаний ряда медицинских специальностей делают традиционные методы обучения недостаточными для подготовки специалистов, способных к комплексной диагностике и лечению пациентов [7].

Интерактивные методы обучения позволяют моделировать клиническую реальность в безопасной образовательной среде. К их числу относятся дидактические игры и кейс-метод обучения (способ, использующий описание реальной ситуации), направленные на отработку диагностических алгоритмов и выбора тактики лечения; метод стандартизированного пациента для развития коммуникативных навыков; технология графического проектирования (интеллект-карты, коллажи) для отображения и структурирования сложного терминологического аппарата и патогенетических связей; проектное обучение, где решение реальной управленческой или клинической задачи становится ядром образовательной траектории специалиста [8–10].

Цель исследования — изучение возможностей использования технологии графического проектирования и дидактической игры при реализации дополнительных профессиональных программ по специальности «Стоматология ортопедическая».

В исследовании проанализирован опыт кафедры дополнительного образования по стоматологическим специальностям НовГУ (Великий Новгород) и кафедры

ортопедической стоматологии и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург) в области применения метода графического проектирования и дидактической игры при реализации дополнительной профессиональной программы по специальности «Стоматология ортопедическая». Период проведения исследования: 2024/2025 учебный год. Методы исследования: статистический, аналитический, эмпирический.

ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Интеллект-карта — это не просто инструмент отображения, а многофункциональная дидактическая технология, которая позволяет структурировать сложные междисциплинарные знания, развивать клиническое мышление и формировать профессиональные компетенции.

В образовательную основу использования интеллект-карт положен синтез двух взаимодополняющих подходов. Фундаментальный подход акцентирует системность и иерархичность знаний. Он отражен в работе над глоссарием — совокупностью терминов, описывающих данную предметную область, с указанием связей между ними. Ключевым является построение логических связей между терминами, выявление причинно-следственных отношений и соблюдение принципа значимости понятий. Интеллект-карта в этом контексте становится визуальным каркасом глоссария, где узлы — это термины («окклюзия», «артикуляция», «бруксизм» и др.), а связи — логические и причинно-следственные отношения. Это развивает абстрактно-логическое мышление и способность к системному анализу.

Ориентированный на практику подход призван формировать клиническое мышление и гибкие навыки. К последним относят:

- познавательные (критическое и клиническое мышление, умение решать нестандартные задачи, способность к самообучению и саморазвитию);
- коммуникативные (общение с пациентами, способность работать в коллективе, навыки публичных выступлений, ведение дискуссии и аргументация);
- личностные (умение распознавать и управлять своими эмоциями, понимать и учитывать эмоции других, устойчивость к стрессу и адаптивность, умение планировать время и организованность, ответственность и этичность);
- цифровые (умение использовать современные технологии и инструменты для решения профессиональных задач — графические редакторы, платформы для совместной работы, базы данных);
- управленческие (планирование, реализация и контроль задач в рамках деятельности).

В данном подходе интеллект-карта может выступать инструментом моделирования клинической картины заболевания — карта строится на основе истории болезни пациента, а не отдельной темы раздела; развития диагностической поступательности — ветви карты отражают этапы дифференциальной диагностики; коллективной работы и представления решений — карта

служит наглядной схемой для обсуждения и ознакомления с тактикой лечения пациента.

Синтез обоих подходов в обучении раздела «Биомеханика жевательного аппарата (гнатология)» предполагает применение интеллект-карты в качестве инструмента от первичного структурирования теоретического материала до решения комплексных клинических задач.

ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ

В начале обучающемуся предлагается ознакомление с выпиской из истории болезни пациента с патологией ВНЧС и жевательных мышц (табл. 1).

Этап 1. Создание основы карты – глоссария

1) Отбор терминов, понятий. Обучающийся осуществляет поиск и анализ учебной и научной литературы по соответствующей теме раздела дисциплины с учетом данных выписки истории болезни пациента. Далее он проводит отбор терминов, качество которых отражает уровень эрудиции и концептуального осмысления раздела обучающимся. Перечень понятий должен содержать значимые, не дублирующие друг друга термины. В его состав могут войти как отдельные слова, так и словосочетания (не менее 10).

2) Описание каждого термина, понятия. На основе аналитического чтения литературы обучающимся даются трактовки значения отобранных терминов и терминосочетаний. Объем каждого словарного описания должен составить не менее ¼ страницы печатного текста. В конце каждого словарного описания необходимо привести литературный источник, в котором встречается данный термин.

3) Создание глоссария. Глоссарий представляет собой объединение всех выбранных единиц в единую структуру на основе причинно-следственных и логических связей между ними. При построении глоссария рекомендуется соблюдать принцип иерархичности понятий, оформить условные обозначения в легенду или примечание. Для его создания возможно использование доступных электронных графических редакторов.

Для осуществления первых двух пунктов рекомендуется применить метод канбан. Он заключается в планировании и реализации проекта с многозадачной и многоуровневой структурой. Все задачи подразделяются на 3 категории: нужно сделать, в процессе и сделано [11]. Такое планирование позволит контролировать обучающемуся объемы выполненных и невыполненных задач. Поскольку возможны изменения содержания глоссария, словаря в процессе работы над

Таблица 1. Пример выписки из истории болезни

Table 1. Sample extract from a medical record

Параметр	Описание
Пациент	Мужчина, 23 года.
Жалобы	На ограничение открывания рта, усталость и напряжение жевательной мускулатуры, особенно после пробуждения, асимметрию лица.
Анамнез заболевания	Симптомы усилились в течение последней экзаменационной сессии (3 месяца назад). До этого эпизодически замечал напряжение в мышцах при концентрации на учебе. Обращался к врачу-терапевту с жалобами на головную боль, рекомендованы легкие седативные средства с временным эффектом.
Анамнез жизни	Со слов пациента, считает себя здоровым. Аллергологический анамнез не отягощен.
Данные осмотра	При внешнем осмотре определяется асимметрия лица. При пальпации височно-нижнечелюстного сустава щелканья и боли не отмечается. Зигзагообразное открывание рта с амплитудой 37 мм. Пальпация жевательных мышц болезненная, отмечается гипертония собственно жевательных и латеральных крыловидных мышц. В полости рта: разлитая повышенная стираемость жевательных бугорков боковых зубов и режущих краев передних зубов, I степени. При боковых сдвигах нижней челюсти определяется групповая направляющая. При выдвигении челюсти в переднюю окклюзию отмечается контакт между зубами 2.1 и 2.2 с зубами 3.2 и 3.3. Наблюдаются отпечатки зубов на боковых поверхностях языка.
Задание обучающимся (индивидуальное или групповое)	Выделите облигатные (ключевые) симптомы и свяжите их с возможными этиологическими факторами (окклюзионные, миогенные, психосоматические). Сформулируйте и обоснуйте предварительный диагноз с указанием кода по МКБ-10. Перечислите дополнительные методы обследования и обоснуйте их необходимость. Предложите поэтапный план лечения, составьте прогноз, указать возможные осложнения при отсутствии лечения.

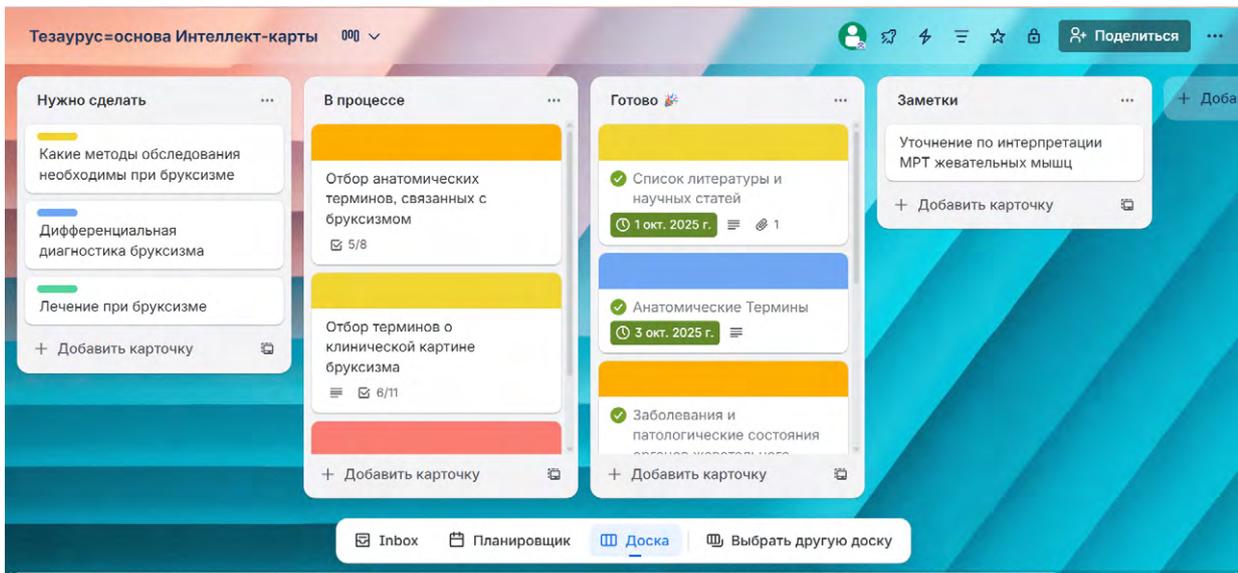


Рис. 1. Пример использования платформы Трэлло для организации выполнения задач
 Fig. 1. An example of using the Trello platform for task organization

модулем в целях сокращения временных затрат и удобства предлагается использование технологического ресурса — платформы Трэлло или его аналогов (рис. 1, 2).

Этап 2. Создание интеллект-карты

Задача данного этапа — создание интеллект-карты на основе проектного подхода с формированием и/или развитием клинического мышления. Интеллект-карта строится как диагностически-лечебный протокол. Центром является «Пациент Н., 30 лет». Основными ветвями могут служить: «Жалобы и анамнез», «Данные обследования», «Дифференциальная диагностика», «План дополнительной диагностики», «Варианты плана лечения» (рис. 3).

Таким образом, применяются три подхода к формированию клинического мышления. Первый, гипотетико-дедуктивный подход — обучающийся собирает всю информацию по пациенту, а затем отсеивает второстепенное, лишнее, выстраивая карту вокруг наиболее вероятных гипотез. Второй, схематический подход — обучающийся сначала выбирает готовый диагностический протокол (схему) и индивидуализирует его, наполняя его данными конкретного пациента. Третий подход — распознавание моделей — при наличии опыта у обучающегося, он определяет типичную, знакомую клиническую картину и быстро активирует соответствующую мыслительную модель (тактику диагностики и лечения).

Этап 3. Публичная защита и размышления (рефлексия) (на основе проектного обучения)

На данном этапе завершенная интеллект-карта по выписке из истории болезни пациента становится основой для мини-проекта. Обучающийся или группа защищают свой диагностический и лечебный план перед коллективом и преподавателем, используя карту как наглядное пособие. Тема карты-проекта может быть связана

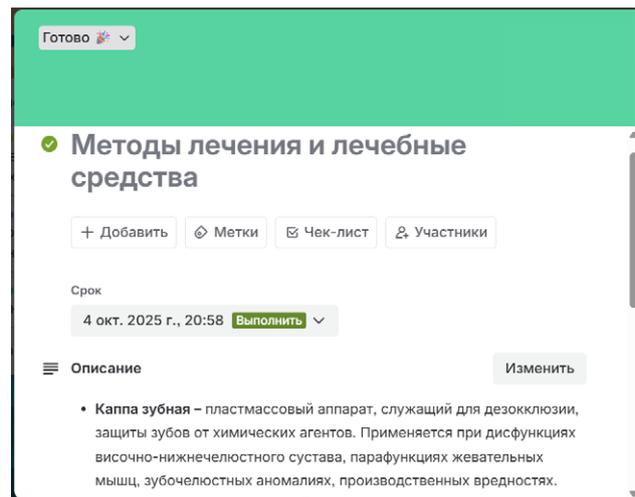


Рис. 2. Пример карточки из колонки «Готово»
 Fig. 2. An example of a card from the “Done” column

с конкретным этапом лечебного процесса, например обследование пациента с целью постановки диагноза при лечении пациента с синдромом болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (K07.60). Результатом этапа является развитие навыков представления (презентации), аргументации и коллективной работы.

ДИДАКТИЧЕСКАЯ ИГРА В ОБУЧЕНИИ

В основу планирования дидактической игры положена методика, предложенная И.В. Тельнюк и В.А. Худиком [12]. Она включает последовательные этапы анализа потребностей обучающихся, постановку цели и задач, моделирование содержания и оценку эффективности. Содержательная основа игры разработана на базе клинических рекомендаций по диагностике и лечению заболеваний ВНЧС [7]. Применялись также методы теоретического анализа педагогической и специальной медицинской литературы, моделирования

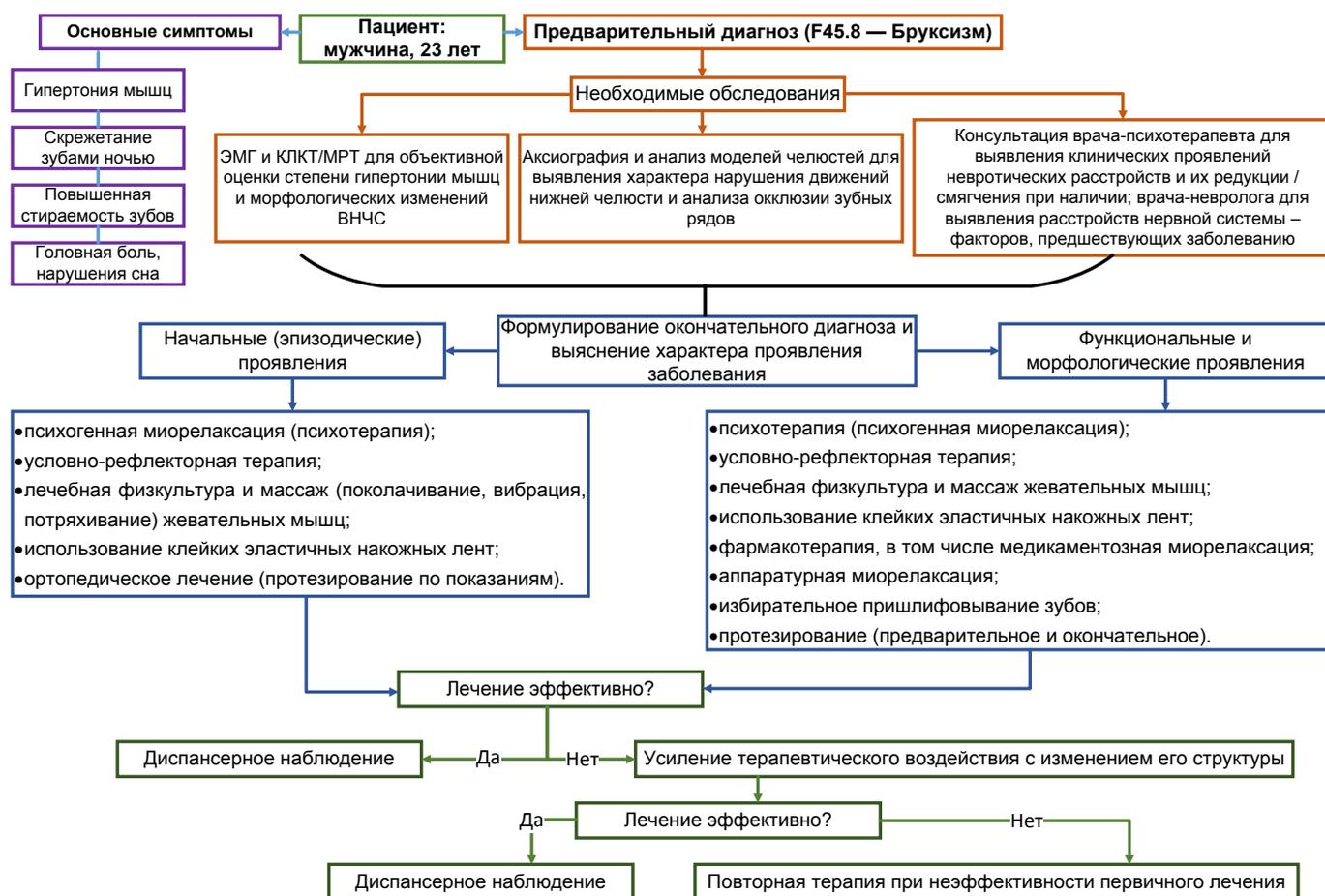


Рис. 3. Пример интеллект-карты с упором на диагностически-лечебный протокол (ЭМГ — электромиография, КЛКТ — конусно-лучевая компьютерная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография)

Fig. 3. An example of a mind map emphasizing the diagnostic-treatment algorithm

педагогического процесса, проектирования учебных ситуаций. Ниже представлены этапы данной методики [12] в развернутом виде.

1. Анализ потребностей целевой аудитории

Целевая аудитория — ортопеды-стоматологи, ортодонты. Выявлена потребность в формировании навыков проведения клинических и параклинических методов обследования пациентов, дифференциальной диагностики и составления плана лечения пациентов с расстройствами ВНЧС и жевательных мышц.

2. Постановка цели и задач игры

Цель — формирование готовности к диагностике заболеваний ВНЧС и жевательных мышц на основе анализа данных методов обследования. Задачи:

- закрепить знания по этиологии, клинической картине заболеваний ВНЧС и жевательных мышц;
- развить умение выявлять облигатные (ключевые) симптомы (боль, щелканье, тризм, гипертония мышц) и устанавливать причинно-следственные связи;
- сформировать навык проведения дифференциальной диагностики между бруксизмом и другими

мышечными парафункциями, а также синдромом болевой дисфункции ВНЧС (синдром Костена), «щелкающей» челюстью, остеоартрозом, рецидивирующим (привычным) вывихом нижней челюсти;

- отработать показания к использованию дополнительных методов исследования (аксиография, рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, электромиография);
- способствовать развитию сферы общения (коммуникативных навыков) и коллективного взаимодействия.

3. Моделирование игрового содержания и правил

Разработана дидактическая игра «Диагностика расстройств ВНЧС и жевательных мышц». Ее формат — коллективная (3–4 человека) деятельность. Каждая группа получает набор выписок из историй болезни пациентов с различными нозологическими формами. Правила предполагают последовательное прохождение этапов: анализ выписки, постановка предварительного диагноза, защита решения перед экспертной комиссией (преподаватель и представители рабочих групп).

4. Подбор инструментария и материалов

В комплект материалов входят:

- стандартизированные карты пациентов с описанием жалоб, анамнеза, данных осмотра (см. табл. 1);
- опорные описания для дифференциальной диагностики;
- бланки для заполнения (предполагаемый диагноз, обоснование, план обследования и лечения);
- наглядные материалы (рентгенограммы, фотографии зубных рядов, изображения компьютерной и магнитно-резонансной томограммы).

5. Организация размышлений и обратной связи

После представления решений проводится коллективное обсуждение. Преподаватель выступает в роли председателя, акцентируя внимание на корректности использования терминологии, логике рассуждений, полноте дифференциального диагноза. Группы проводят самоанализ, выделяя успешные решения и ошибки.

6. Практическая реализация и ожидаемые результаты игры

Проведение игры планируется в рамках занятия продолжительностью 2 академических часа. Ожидается, что в результате участия в игре обучающиеся продемонстрируют более высокий уровень сформированности профессиональных действий по сравнению с традиционными формами контроля. Игра способствует активизации познавательной деятельности, создает условия для переноса теоретических знаний в практическую плоскость, формирует клиническое мышление, основанное на доказательном анализе симптомов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

В исследовании были анализированы данные о результатах итоговой аттестации по программам обучения за 2024/2025 учебный год. Первая группа ($n=31$) включала результаты обучающихся по программе с применением интеллект-карт. Вторая группа ($n=27$) состояла из оценок, полученных по итогам образовательной программы с использованием дидактической игры. Третья группа ($n=34$) была сформирована из вариационного ряда оценок после освоения программы с интеллект-картами в сочетании с дидактической игрой (табл. 2).

По результатам итоговой аттестации более 80% обучающихся по программам повышения квалификации

Таблица 2. Результаты итоговой аттестации по программе с использованием интеллект-карт и/или дидактических игр

Table 2. Final assessment results for the program using mind maps and/or didactic games

Способ оценки	Отлично		Хорошо		Удовлетворительно	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Интеллект-карта (ИК)	16	52	13	42	2	6
Дидактическая игра (ДИ)	10	37	14	52	3	11
ИК и ДИ	23	68	11	32	0	0

защищают свои итоговые аттестационные работы на «отлично» и «хорошо», что свидетельствует об очень высоком качестве применения интеллект-карт и дидактических игр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило целесообразность и эффективность внедрения интерактивных методов обучения, в частности технологии графического проектирования (интеллект-карты) и дидактической игры, в процесс освоения сложного раздела «Биомеханика жевательного аппарата (гнатология)» в рамках дополнительного профессионального образования по специальности «Стоматология ортопедическая».

Применение интеллект-карт продемонстрировало свою многофункциональность, выступая как инструмент структурирования теоретического материала (глоссария), так и средство моделирования клинической картины для формирования диагностического и лечебного алгоритма. Синтез фундаментального и ориентированных на практику подходов в работе с интеллект-картами способствует развитию системного клинического мышления, абстрактно-логических способностей и гибких навыков, включая коммуникативные, управленческие и цифровые компетенции.

Дидактическая игра, построенная на документальном моделировании реальных пациентов, обеспечила активное вовлечение обучающихся в процесс дифференциальной диагностики и планирования лечения заболеваний ВНЧС и жевательных мышц. Данный метод доказал свою эффективность в развитии навыков командной работы, аргументации и принятия решений в условиях приближенных к профессиональной деятельности.

Очень высокие результаты итоговой аттестации (более 80% оценок «отлично» и «хорошо») при комбинированном использовании обоих методов объективно свидетельствуют о повышении качества усвоения материала и уровня формирования профессиональных компетенций у слушателей программ повышения квалификации.

Таким образом, реализация интерактивных методов обучения, основанных на принципах активности, практической ориентированности, размышлений и развития гибких навыков, отвечает современным требованиям компетентностного подхода в медицинском образовании. Их внедрение способствует подготовке высококвалифицированных специалистов, способных к комплексному анализу клинической картины, принятию обоснованных решений и эффективной индивидуальной и коллективной работы в условиях многопрофильного взаимодействия. Перспективным направлением дальнейших исследований является адаптация данных методов для других сложных разделов стоматологического образования и оценка их долгосрочного влияния на качество профессиональной деятельности врачей-стоматологов.

Поступила/Received: 23.01.2026

Принята в печать/Accepted: 02.02.2026

Л И Т Е Р А Т У Р А :

1. Трезубов В.Н. Предложения по использованию современной международной терминологии в области дентальной имплантологии. — *Стоматология*. — 2019; 5: 104—107. [eLibrary ID: 41314064](#)
2. Трезубов В.Н., Щербак А.С., Мишнев Л.М. Методологические основы проведения практических занятий по ортопедической стоматологии на амбулаторном приеме. — СПб: Человек, 2019. — 68 с.
3. Розов Р.А., Трезубов В.Н., Ураков А.Л., Азарин Г.С., Решетников А.П., Копылов М.В. Критериальная система оценки реальных компетенций врачей-стоматологов, занимающихся дентальной имплантологией. Результаты анализа 43 портфолио молодых врачей-стоматологов. — *Стоматология*. — 2019; 3: 4—11. [eLibrary ID: 39131023](#)
4. Пинчук Т.В., Орлова Н.В. Интерактивные методы обучения в высшем медицинском образовании (аналитический обзор). — *Медицинское образование и профессиональное развитие*. — 2020; 3 (39): 102—117. [eLibrary ID: 44034332](#)
5. Мальцева А.Н. Современные методы в учебном процессе медицинского вуза. — *Современные проблемы науки и образования*. — 2019; 4: 94. [eLibrary ID: 39251263](#)
6. Абдуллаева М.Э. Актуальные проблемы выбора методики обучения на основе современных интерактивных технологий в медицинском образовании. — *Universum: психология и образование*. — 2025; 10 (136): 13—16. [eLibrary ID: 83031860](#)
7. Трезубов В.Н., Булычева Е.А., Трезубов В.В., Булычева Д.С. Лечение пациентов с расстройствами височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц: клинические рекомендации. — 2-е изд. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. — С. 51, 70—73.
8. Чупрова Д.В., Стародубцева К.А. Применение технологии графического проектирования в процессе подготовки будущих врачей: методический аспект. — *Общество: социология, психология, педагогика*. — 2020; 8 (76): 98—106. [eLibrary ID: 43977049](#)
9. Кобякова О.С., Ходакова О.В., Сенотрусова Ю.Е. Опыт использования проектного обучения при реализации программ дополнительного профессионального образования по специальности «Организация здравоохранения и общественное здоровье». — *Методология и технология непрерывного профессионального образования*. — 2024; 3 (19): 15—22. [eLibrary ID: 80063545](#)
10. Булавская Т.В. Применение пассивных, активных и интерактивных методов обучения в современном образовании. — В: сб. статей VI Международной научно-практической конференции «Непрерывная система образования „Школа — университет“. Инновации и перспективы». — Минск: БНТУ, 2022. — С. 75—78. <https://rep.bntu.by/handle/data/123790>
11. Пустохина И.В., Аленичев П.П. Опыт использования технологии kanban в офисе. — В: сб. тр. конф. «Актуальные проблемы развития экономики, прикладной информатики, конфликтологии, рекламы и социально-культурных технологий в цифровую эпоху». — М.: АТиСО, 2020. — С. 176—181. [eLibrary ID: 43953657](#)
12. Тельнюк И.В., Худик В.А. Проектирование дидактической игры при освоении курса «Педагогика» ординаторами медицинского вуза. — *Вестник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института педагогики и психологии высшего образования*. — 2025; 3 (15): 67—76. [eLibrary ID: 82945839](#)

R E F E R E N C E S :

1. Trezubov V.N. Recommendations for usage of modern international dental implantological terminology. *Stomatology*. 2019; 5: 104—107 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat201998051104](#)
2. Trezubov V.N., Shcherbakov A.S., Mishnev L.M. Methodological basics to run practical classes on orthopedic dentistry during outpatient visits. St. Petersburg: Human, 2019. 68 p (In Russian).
3. Rozov R.A., Trezubov V.N., Uraikov A.L., Azarin G.S., Reshetnikov A.P., Kopylov M.V. Criterion assessment system of the actual level of expertise of dental professionals practicing implant dentistry. *Stomatology*. 2019; 3: 4—11 (In Russian). [DOI: 10.17116/stomat2019980314](#)
4. Pinchuk T.V., Orlova N.V. Interactive training methods in graduate medical education (analytical review). *Medical Education and Professional Development*. 2020; 3 (39): 102—117 (In Russian). [eLibrary ID: 44034332](#)
5. Maltseva A.N. Modern methods in the educational process of medical students. *Modern Problems of Science and Education*. 2019; 4: 94 (In Russian). [eLibrary ID: 39251263](#)
6. Abdullayeva M.E. Actual problems of choosing teaching methods based on modern interactive technologies in medical education. *Universum: Psychology and Education*. 2025; 10 (136): 13—16 (In Russian). [eLibrary ID: 83031860](#)
7. Trezubov V.N., Bulycheva E.A., Trezubov V.V., Bulycheva D.S. Treatment of patients with disorders of the temporomandibular joint and masticatory muscles: clinical recommendations. 2nd edition. Moscow: GEOTAR-Media, 2024. Pp. 51, 70—73 (In Russian).
8. Chuprova D.V., Starodubtseva K.A. Application of Graphic Design Technology in the Preparation of Future Doctors: Methodological Aspect. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogics*. 2020; 8 (76): 98—106 (In Russian). [DOI: 10.24158/spp.2020.8.17](#)
9. Kobyakova O.S., Khodakova O.V., Senotrusova Yu.E. Experience of using project-based learning in implementing continuing professional education programs in the specialty of “Organizing healthcare and public health”. *Methodology and Technology of Continuous Professional Education*. 2024; 3 (19): 15—22 (In Russian). [eLibrary ID: 80063545](#)
10. Bulavskaya T.V. The use of passive, active and interactive teaching methods in modern education. In: collection of articles of VI conference “Continuous education system ‘School University’. Innovations and Prospects”. Minsk: Belarusian National Technical University, 2022. Pp. 75—78 (In Russian). <https://rep.bntu.by/handle/data/123790>
11. Pustokhina I.V., Alenichev P.P. Experience with kanban technology in the office. In: proceedings of the conference “Current issues in the development of economics, applied informatics, conflict studies, advertising, and socio-cultural technologies in a digital era”. Moscow: Academy of Labour and Social Relations, 2020. Pp. 176—181 (In Russian). [eLibrary ID: 43953657](#)
12. Telnyuk I.V., Khudik V.A. Designing Didactic Game for Learning the Course “Pedagogics” by Residents of Medical Universities. *Bulletin of the St. Petersburg research institute of pedagogy and psychology of higher education*. 2025; 3 (15): 67—76 (In Russian). [eLibrary ID: 82945839](#)



САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Стоматологическому образованию Самарского государственного медицинского университета 60 лет

Н.В. Попов, С.В. Винник, Л.Ш. Розакова

2026 г., год 60-летия стоматологического образования в Самарском государственном медицинском университете, по праву можно назвать знаковым для всей системы стоматологического образования. В этот период в Самарском государственном медицинском университете завершилось формирование принципиально нового образовательного формата — единого стоматологического пространства. Его центральным элементом стал Институт стоматологии, который за время своего существования сумел не только встроиться в структуру вуза, но и занять в ней особое место. Сегодня это полноправное мощное подразделение университета с самобытной историей, богатыми традициями и четко выстроенной системой подготовки высококвалифицированных специалистов всех уровней высшего образования.

Стоматологический факультет в нашем вузе был открыт ректором Куйбышевского медицинского института профессором И.В. Сидоренковым (приказ МЗ РСФСР № 32 от 5 февраля 1966 г.). За это время было подготовлено более 14 000 гражданских и военных врачей-стоматологов, которые трудятся в различных городах нашей великой Родины и за рубежом. И отовсюду приходят добрые отзывы, слова благодарности и признания. Основатели факультета — известные ученые: профессора А.М. Аминев, М.А. Макиенко, академик РАМН, профессор А.Ф. Краснов. Они

создали крепкий фундамент для подготовки врача-стоматолога, разработали стройную систему обучения. Большая работа по организации и работе факультета и института проделана деканами и директорами Э.Э. Бурше, Г.И. Юрасовым, И.М. Федяевым, Д.И. Тельчаровым, Ю.В. Петровым, В.П. Потаповым, Д.А. Труниным.

На сегодняшний день Институт стоматологии возглавляет д.м.н., доцент Н.В. Попов, а его заместителем является к.м.н., доцент С.В. Винник, а руководителем образовательной программы по специальности «Стоматология» — к.м.н. Л.Ш. Розакова.

До открытия стоматологического факультета в области и в городе насчитывалось не более 10 человек с высшим стоматологическим образованием. В первые два десятилетия (1960–1970-е гг.) шло становление факультета, насыщение нашей области собственными кадрами, а последующие десятилетия были направлены на подготовку кадров высшей квалификации.

В университете, а ранее в Куйбышевском медицинском институте им. Д.И. Ульянова работали профессора В.И. Куцевляк, В.Ф. Куцевляк, С.Н. Федотов, Е.П. Карманов, В.Д. Архипов. Выпускниками университета являются ведущие ученые страны: профессора академик РАН А.А. Кулаков, М.И. Садыков, М.Н. Шакиров, Г.И. Ронь, В.П. Болонкин, Д.А. Трунин, А.В. Шумский, А.И. Богатов, член-корреспондент РАН И.М. Байриков, В.П. Тлустенко,



Профессорско-преподавательский состав стоматологического факультета (1976 г.). Слева направо: 1-й ряд — И.М. Федяев, М.Г. Кочеткова, И.Р. Быстрова, профессор М.А. Макиенко, Д.И. Тельчаров, В.В. Миронова; 2-й ряд — В.И. Куцевляк, Л. П. Белова, С.С. Степанова, А.И. Лихацкая, В.И. Дорофеев, Н.В. Еремеева, Л.М. Грекова, В.И. Щербаха; 3-й ряд — В.Н. Ширяева, Т.А. Киселева, Г.К. Бурда, В.М. Зотов, В.П. Бережной, Ю.С. Привалов; 4-й ряд — В.К. Филатов, Н.М. Гриценко, В.В. Бережнов, В.Д. Архипов, А.Ф. Петров, П.Ю. Столяренко

А.М. Хамадеева, Э.М. Гильмияров, Г.В. Степанов, В.П. Потапов, С.И. Буланов, В.В. Кравченко, Л.Ю. Островская, В.Ю. Никольский, Т.В. Брайловская, А.М. Нестеров, М.А., Постников, Н.В. Попов; доктора медицинских наук А.В., Пономарев, М.В. Воробьев, К.М. Шипкин, А.В. Иващенко, О.В. Слесарев, С.С. Комлев, А.В. Архипов. Большой вклад в подготовку студентов внесли доценты Н.В. Еремеева, Т.М. Ткач, В.П. Кириллова, Т.А. Киселева, П.Ю. Столяренко, В.Г. Ковалев, Г.К. Бурда, Г.Н. Беланов, М.Г. Самуткина, О.Е. Симановская, О.А. Багдасарова и многие другие.

На первом курсе нашего университета, в то время – института, учился будущий академик РАН, научный руководитель ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России, заслуженный деятель науки РФ, профессор А.А. Кулаков; профессора М.И. Садыков, А.И. Богатов; доценты Т.А. Киселева, А.Н. Карпов, Т.М. Ткач, В.П. Кириллова; ассистенты З.А. Винокурова, В.В. Бережнов.

К сожалению, ушли из жизни наши корифеи: М.А. Макиенко, М.Г. Кочеткова, Д.И. Тельчаров, В.И. Дорофеев, В.И. Щербача, Р.И. Хуснутдинов, А.И. Лихацкая, А.И. Богатов, Ю.В. Петров, В.П. Бережнов, В.В. Кравченко, Т.А. Киселева, В.В. Миронова, М.Н. Шакиров, В.П. Кириллова, В.Д. Архипов.

Такой научный потенциал позволил внедрить новые подходы в подготовке специалистов для здравоохранения. В медицинскую практику внедряются новые лечебные и диагностические технологии, отрабатываются стратегические направления развития здравоохранения. Сегодня среди важнейших приоритетов развития – внедрение новых методик и инновационных решений в образовательную среду, ясное видение перспектив в организации научной деятельности, повышение доступности и качества медицинской помощи для населения страны.

Почетный профессор СамГМУ, заслуженный врач РФ, профессор И.М. Федяев является не только одним из основателей факультета, но и основателем научной школы стоматологов Самарской области, заложенной профессором М.А. Макиенко. И.М. Федяев более 30 лет возглавлял научное общество стоматологов Самарской (Куйбышевской) области, а в последующем создал ассоциацию стоматологов Самарской области и с 2011 г. является почетным президентом Стоматологической ассоциации Самарской области.

Впервые в Российской Федерации в 1999 г. по инициативе почетного ректора СамГМУ, академика РАН, профессора Г.П. Котельникова и заслуженного врача РФ, почетного профессора СамГМУ, профессора И.М. Федяева был открыт Стоматологический институт, в котором проводилась подготовка студентов по очной форме обучения, в том числе по индивидуальному плану (на внебюджетной основе). Директором Стоматологического института с 1999 по 2009 г. работал профессор И.М. Федяев, а с 2009 по 2024 г. – профессор Д.А. Трунин.

При Д.А. Трунине шла координация не только стоматологических, но и общемедицинских дисциплин. В тесном сотрудничестве работали профессор Ю.А. Панфилов, Б.В. Аникандров, Р.А. Галкин, доценты Н.В. Левашов, И.Р. Быстрова. В 2009 г. директором Стоматологического института был назначен профессор Д.А. Трунин, а в состав института вошли стоматологический факультет и стоматологический центр практических навыков. Д.м.н., доцент В.П. Потапов с 2006 г. являлся деканом факультета, с 2009 г. – заместителем директора Стоматологического института по очной форме обучения, с 2021 г. – заместителем директора Института стоматологии. Исполняющим обязанности заместителя директора по очно-заочной форме обучения с 2004 по 2011 г. являлся профессор И.М. Байриков, а с 2011 по 2019 г. должность заместителя директора Стоматологического института исполнял доцент А.В. Пономарев. С 2019 г. заместителем директора Института стоматологии назначен д.м.н., доцент Н.В. Попов. В 2021 г. была проведена реорганизация в Институт стоматологии, в 2024 г. – введена должность руководителя образовательной программы по специальности «Стоматология»,

на которую назначена к.м.н., доцент Л.А. Каменева, в 2025 году ее сменила к.м.н. Л.Ш. Розакова.

В 2019/2020 учебном году был 50-й выпуск специалистов с высшим стоматологическим образованием. 88% врачей-стоматологов Самарской области являются выпускниками СамГМУ. Институт готовит кадры не только для нашего региона, но и в Оренбургскую, Пензенскую, Ульяновскую области, в другие регионы Российской Федерации и зарубежья.

В стоматологическом пространстве СамГМУ на сегодняшний день работают 20 докторов медицинских наук и более 60 кандидатов медицинских наук, 1 член-корреспондент РАН, 2 лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники, 2 заслуженных работника высшей школы РФ, 2 заслуженных врача РФ.

Образовательный процесс проводится на следующих стоматологических кафедрах: челюстно-лицевой хирургии и стоматологии (зав. кафедрой – член-корреспондент РАН, заслуженный работник высшей школы РФ, лауреат премии правительства РФ, профессор И.М. Байриков), терапевтической стоматологии с курсом остеопатии (зав. кафедрой – профессор М.А. Постников), ортопедической стоматологии (зав. кафедрой – профессор А.М. Нестеров), стоматологии детского возраста и ортодонтии (зав. кафедрой – д.м.н., доцент Н.В. Попов). В настоящее время под руководством докторов наук, доцентов Т.Ю. Владимировой и И.В. Губаревой в формировании профессиональных компетенций молодых специалистов активно участвуют кафедры нестоматологического профиля.

Сотрудники стоматологических кафедр обладают высоким научным потенциалом, что позволило за последние 5 лет сделать качественный рывок в проведении научных исследований и грантовой политики. Ученые степени в настоящее время имеют 94% преподавателей кафедр стоматологического профиля, а в 2008 г. данный показатель составлял всего 76%.

В 2014 г. 22–24 мая в рамках празднования 95-летия СамГМУ впервые в истории Российской Федерации в Самаре проведено совещание деканов стоматологических факультетов России с участием проректоров по учебной работе, заведующих кафедрами стоматологического профиля образовательных учреждений Минздрава России и деканов медицинских (стоматологических) факультетов государственных университетов Минобрнауки РФ. Создан Стоматологический научно-образовательный медицинский кластер Минздрава России, в который входят 68 участников, включая наш университет. В ноябре 2016 г. впервые в Российской Федерации на базе Самарского государственного медицинского университета состоялось выездное совместное заседание профильной комиссии по специальности «Стоматология» и Стоматологического научно-образовательного кластера Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В 2022 г. 6–7 июня впервые в Российской Федерации в СамГМУ состоялся I Съезд челюстно-лицевых хирургов с международным участием «Травмы челюстно-лицевой области и их последствия», в рамках которого прошло заседание Профильной комиссии Министерства здравоохранения Российской Федерации по направлению «Челюстно-лицевая хирургия», участие в ней приняли более 90 ведущих ученых РФ.

В Институте стоматологии ведется работа по 2 комплексным темам:

- 1) совместно с ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (ректор академик РАН, профессор О.О. Янушевич);
- 2) совместно с ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России (директор член-корреспондент РАН, профессор Ф.Ф. Лосев). Руководителем комплексных тем является директор Института стоматологии д.м.н., доцент Н.В. Попов.

Диссертационный Совет в институте работает с 1992 г. Профессора И.М. Байриков, В.П. Тлустенко, М.И. Садыков, Д.А. Трунин, В.П. Потапов, Г.В. Степанов, М.А. Постников, А.В. Золотарев,

В.М. Малов, Е.Б. Ерошевская, Е.С. Милюдин, Т.Г. Каменских, Е.В. Карлова, Л.Ю. Островская, В.С. Стебнев, С.Д. Стебнев, Р.Г. Хафизов, А.М. Нестеров, Н.В. Попов — члены диссертационного совета Д.208.085.02 при Самарском государственном медицинском университете. За это время со стороны ВАК не поступило ни одного замечания по его работе.

Приказом министра здравоохранения и социального развития России Т.А. Голиковой № 414 от 20 мая 2011 г. Д.А. Трунин назначен главным специалистом-стоматологом Приволжского федерального округа, А.М. Хамадеева — главным детским специалистом стоматологом Приволжского федерального округа. На сегодняшний день главными внештатными специалистами Самарской области по стоматологии являются д.м.н., профессор А.М. Нестеров; по челюстно-лицевой хирургии — член-корреспондент РАН, профессор И.М. Байриков; по стоматологии детского возраста — доцент М.Б. Хайкин; по детской челюстно-лицевой хирургии — доцент А.С. Серегин.

Студенты всех профильных кафедр стоматологического института занимаются научными исследованиями — это позволило завоевать призовые места на всероссийских конкурсах научных работ, проходящих в рамках международной программы профилактики заболеваний. Избавлять людей от боли, возвращать им способность улыбаться, дарить уверенность в себе — все это задачи врача-стоматолога. На всех стоматологических и непрофильных кафедрах ведется активная работа СНК, 60% студентов занимаются в студенческих научных кружках разных кафедр нашего университета. Ежегодно общее число докладов по стоматологии на итоговой студенческой научной конференции составляет от 24 до 46. Наши студенты принимают участие в различных конференциях и симпозиумах, занимая призовые места, что подтверждается дипломами и сертификатами. Заседания СНК на регулярной основе проходят не только в межкафедральном формате, но и с участием других ведущих медицинских вузов страны и зарубежья.

С целью формирования системы международных обменов в стоматологическом пространстве университета заключены договоры о сотрудничестве с Белорусским государственным медицинским университетом, Ташкентским государственным медицинским университетом, медицинскими университетами Инсбрука и Северной Македонии.

В 2005 г. открыт и оснащен центр практических навыков, который в 2011 г. расширен в учебно-симуляционный центр обучения по специальности стоматология, реконструирован и переоснащен. В 2016 г. он переоборудован и обеспечен в соответствии с требованиями к проведению аккредитации специалиста. В 2019 г. для отработки практических навыков и улучшения образовательного процесса внедрен 3D-симулятор и места

для отработки мануальных навыков, переоснащен современным цифровым оборудованием.

С 2023 г. по инициативе ректора СамГМУ, член-корреспондента РАН, заслуженного деятеля науки РФ А.В. Колсанова на протяжении двух лет команда университета совместно с Центром трансформации образования Московской школы управления «Сколково» разрабатывала Концепцию высшего медицинского образования и проект полной пересборки образовательных программ университета, в том числе по специальности «Стоматология».

Основная задача, которая ставилась в процессе разработки проекта, — создать полностью отвечающий требованиям времени, эффективный обучающий продукт для всех направлений специалитета. Уже с 2024/2025 учебного года запущена принципиально новая образовательная программа по специальности «Стоматология», соответствующая всем мировым тенденциям в медицинском и стоматологическом образовании, включающая ядерную часть (I–III курсы), где проходит погружение в профессиональную деятельность и трековую (IV–V курсы), позволяющую более углубленно изучить дисциплины по стоматологическим специальностям. Сквозным процессом идет формирование компетенций в сфере ИТ-медицины, управления качеством медицинской помощи, бережливым технологиям, а также развитие коммуникативных навыков. Проект реализован в рамках Корпоративного университета СамГМУ и участия вуза в программе «Приоритет-2030».

В 2025 г. открыл свои двери новый межкафедральный блок Института стоматологии. Это новое образовательное пространство для симуляционного обучения студентов Института стоматологии с I по V курс. Центр оборудован стоматологическими симуляторами, на которых одновременно можно разместить 4 группы студентов по 12 человек, и цифровой лабораторией, инструментами, тренажерами и аппаратами, которые позволят студентам овладеть актуальными профессиональными навыками и бесшовно погрузиться в практическое здравоохранение.

Студенты познают профессию на современном отечественном и зарубежном оборудовании с применением новых технологий.

Все стоматологические поликлиники г. Самары являются базами университета, а главные врачи — известными выпускниками нашего факультета: доцент Ю.А. Шухорова, доцент М.Б. Хайкин, профессор А.М. Нестеров, доцент А.Е. Морозов, к.м.н. Е.А. Макарова, к.м.н. Г.А. Оганесян, А.А. Трунин, А.А. Емелин, Д.И. Дмитриев.

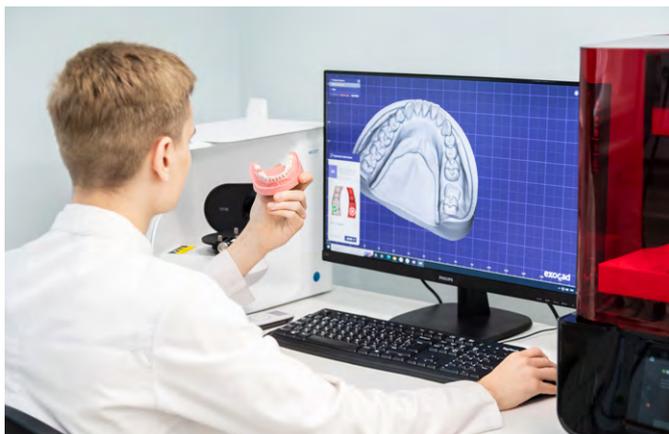
В 2024 г. открыла свои двери учебная часть Центра цифровой стоматологии СамГМУ, знаменуя начало новой эры в обучении и профессиональном развитии стоматологов Самарского региона. Уже в марте 2024 г. были успешно проведены первые



Завершение 2-летнего цикла по трансформации образовательной программы



Открытие межкафедрального блока Института стоматологии



Учебная и лечебная работа в Центре цифровой стоматологии

мастер-классы, охватывающие важнейшие направления современной стоматологии: «Навигационная имплантологическая хирургия» и «Анатомия головы и шеи». Эти тематические сессии стали знаковыми событиями, объединив образовательные усилия ведущих экспертов и практиков.

Для обеспечения высокого уровня образовательного процесса в центр привлекаются топовые спикеры не только из Самарской области, но и из других регионов Российской Федерации. Такой подход гарантирует доступ к передовым знаниям и инновационным методикам лечения, что способствует постоянному профессиональному росту врачей. Особое внимание уделяется практическим навыкам: центр оснащен уникальным учебным оборудованием, включающим фантомные стоматологические установки производства фирмы KaVo (Германия). Это оборудование позволяет врачам отрабатывать сложные технологические приемы в условиях, максимально приближенных к реальной клинической практике.

Непрерывное развитие и расширение возможностей центра продолжилось в декабре 2024 г. с открытием отделения цифровой стоматологии клиник СамГМУ. Новое отделение оборудовано по последнему слову техники: здесь применяются стоматологические микроскопы, лазеры, внутривитальные сканеры, КТ-аппарат, 3D-принтеры и фрезерные станки. Это позволяет предоставлять пациентам полный спектр современных стоматологических услуг на высоком профессиональном уровне.

Открытие учебной части Центра цифровой стоматологии и отделения цифровой стоматологии клиник СамГМУ стало весомым вкладом для региона, объединяя инновации и качество в сфере медицинского образования и практики. Сегодня

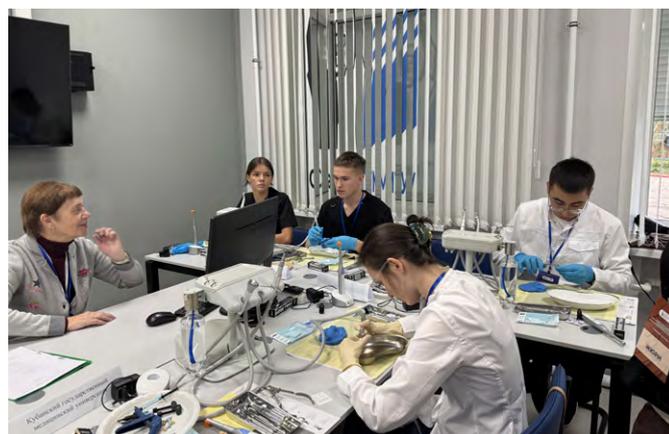


Центр — это платформа для обмена опытом и повышения квалификации стоматологов, а также современный лечебно-диагностический комплекс, способствующий улучшению здоровья и качества жизни пациентов.

Это важное звено образовательной программы: именно здесь студенты, обучающиеся по специальности «Стоматология», и ординаторы получают возможность оттачивать мануальные навыки в реальных клинических условиях, работая с пациентами.

Прошло уже более полувека с того момента, когда первый абитуриент начал свой путь в новой для нашего вуза специальности — стоматологии. В то время никто из выбравших эту специальность не мог предвидеть, что на его плечи ляжет ответственность за развитие стоматологического образования, за будущее нашей школы стоматологии. Именно эти люди: И.М. Федяев, М.Г. Кочеткова, В.В. Миронова, М.И. Садыков, И.М. Байриков, В.П. Тлустенко, Д.И. Тельчаров, А.М. Хамадеева, Т.А. Киселева, В.Д. Архипов, В.П. Бережной, Н.В. Еремеева, Ю.В. Петров, В.П. Болонкин, Г.В. Степанов, Д.А. Трунин, В.П. Потапов, Э.М. Гильмияров, Г.К. Бурда, В.П. Кириллова, Т.М. Ткач, П.Ю. Столяренко — стояли у истоков, последовательно создавая то сильное и именитое настоящее, которое существует в Институте стоматологии Самарского государственного медицинского университета сейчас.

Сегодня мы по праву гордимся нашей школой стоматологии, студентами и выпускниками, ставшими врачами и учеными, которые передали будущее стоматологического образования в СамГМУ в надежные руки своих учеников (Н.В. Попов, М.А. Постников, А.М. Нестеров, С.С. Комлев, О.В. Слесарев). Сохраняя традиции предшественников, создаем инновации в стоматологии и медицине будущего!



II Всероссийская научно-практическая олимпиада с международным участием «Прямые реставрации постоянных и временных зубов» (СамГМУ, 2025 г.)

БЕЛОДЕЗ

двухкомпонентный набор

«Белодез» жидкость 3% –
раствор гипохлорита натрия
для антисептической обработки
корневых каналов

«Белодез активатор» или «Белодез
активатор плюс» – раствор
для понижения поверхностного
натяжения жидкости

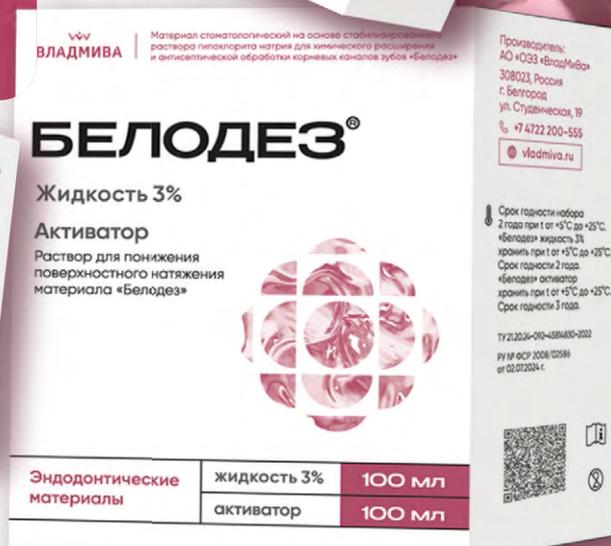
Новая форма выпуска наборов

жидкость 30 100 мл

активатор 30 100 мл

жидкость 30 100 мл

активатор плюс 5 10 мл



НОВИНКА • НОВИНКА



на правах рекламы

на правах рекламы

ДЕНТЛАЙТ-

ВЛАДМИВА

терапия



Материал универсальный стоматологический наногибридный реставрационный

Преимущества:

высокая степень наполненности (до 85%)

быстро полируется

образует прочную связь с адгезивом

минимальная усадка и максимальная прочность

Теперь без ЭДТА

500

МИЛЛИОНОВ
ИНЪЕКЦИЙ
В ГОД
ПО ВСЕМУ
МИРУ

pH
ВЫШЕ



Septanest®



**ЕДИНСТВЕННЫЙ
АНЕСТЕТИК**
ДВОЙНОГО
ЦИКЛА
СТЕРИЛИЗАЦИИ

**БОЛИ
НЕТ**



ОДОБРЕН В 170 СТРАНАХ

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ SEPTODONT В РОССИИ
123182, Москва, ул. Щукинская, 2, тел./факс: (495) 780-5245/46
бесплатный многоканальный телефон: 8-800-333-0646
www.stident.ru, mail@stident.ru

S.T.I.
DENT®