

DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_108

[М.В. Кузнецов,](#)ассистент кафедры стоматологии
последипломного образования[М.В. Софронов,](#)к.м.н., доцент кафедры стоматологии
последипломного образования[С.И. Буланов,](#)д.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии
последипломного образования[Е.Г. Зарубина,](#)д.м.н., профессор, зав. кафедрой медико-
биологических дисциплин[Д.Н. Лысов,](#)к.м.н., доцент кафедры стоматологии
последипломного образованияМедицинский университет
«РЕАВИЗ», 443001, Самара, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Кузнецов М.В., Софронов М.В., Буланов С.И., Зарубина Е.Г., Лысов Д.Н. Показатели костного гомеостаза и микроциркуляторных параметров в послеоперационном периоде дентальной имплантации с использованием разных типов навигационных шаблонов у пациентов с диабетом 1 типа. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 26 (4): 108—115. DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_108

[M.V. Kuznetsov,](#)assistant at the Postgraduate education
in dentistry Department[M.V. Sofronov,](#)PhD in Medical sciences, associate professor
of the Postgraduate education in dentistry
Department[S.I. Bulanov,](#)PhD in Medical Sciences, full professor
of the Postgraduate education in dentistry
Department

Показатели костного гомеостаза и микроциркуляторных параметров в послеоперационном периоде дентальной имплантации с использованием разных типов навигационных шаблонов у пациентов с диабетом 1 типа

Реферат. Разработка новых методов установки дентальных имплантатов с меньшей травматизацией тканей ротовой полости сужает противопоказания к ортопедической коррекции у пациентов со сложной соматической патологией, к числу которой можно отнести и диабет тяжелого течения. **Цель исследования** — сравнить показатели костного и микроциркуляторного гомеостаза у пациентов с диабетом при использовании различных типов навигационных хирургических шаблонов и техник дентальной имплантации. **Материалы и методы.** У 41 пациента с диабетом 1-го типа тяжелого течения проведена одномоментная дентальная имплантация (с протезированием в день операции по типу «все на 4-х» или «все на 6»): 21 человек составили I группу (основная) и 20 пациентов были отнесены во II (контрольную) группу. В I группе имплантацию проводили с применением виртуально смоделированного разборного навигационного шаблона (патент № 2796749, действ. с 13.09.2022) без отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов по разработанному методу (патент 2794843, действ. с 01.08.2022). В контрольной II группе имплантацию выполняли по стандартному протоколу, с наложением швов и с использованием шаблона Мало. До имплантации, на 1-е, 3-е, 10-е и 30-е сутки после операции оценивали динамику микроциркуляторных показателей в области имплантатов. Контроль костного гомеостаза проводился до операции, через 1, 2 и 3 месяца по данным КЛКТ, а также по динамике активности тартрат-резистентной кислотой (TRAP5b) и щелочной фосфатазы в ротовой жидкости. **Результаты.** Использование нового метода дентальной имплантации привело к активизации микроциркуляции в зоне кровотока, что подтверждалось повышением перфузии на 47,3%, коэффициента удельного потребления кислорода (U) на 32,6% и эффективности микрокровоотока почти в 3 раза при снижении индекса перфузионной сатурации кислорода (SOm) в 2 раза, чего не наблюдалось у пациентов контрольной группы. Улучшение микроциркуляторных параметров у пациентов I группы сопровождалось более быстрой положительной динамикой костного гомеостаза по сравнению с пациентами II группы. В I группе повышенный уровень TRAP5b сохранялся на протяжении 1-го месяца после операции, а у пациентов II группы к концу 2-го месяца оставался выше исходных значений наблюдения на 16—20%, что свидетельствовало о превалировании остеокластических процессов. Через 3 месяца после установки дентальных имплантатов плотность костной ткани по шкале Хаунсфилда в I группе выросла по сравнению с исходными значениями у мужчин на 19,0%, у женщин — на 14,1%. Во II группе даже через 3 месяца после имплантации не происходило восстановления плотности кости до исходного уровня. **Заключение.** Использование нового разборного навигационного шаблона и операции без отслаивания слизисто-надкостничного лоскута позволяет сохранить микроциркуляторное русло и дает возможность организму полностью использовать регенераторный потенциал, направленный на активизацию кислородного обмена и повышение эффективности метаболизма в тканях.

Ключевые слова: дентальная имплантация, микроциркуляция, костный гомеостаз, навигационный хирургический шаблон, диабет, остеоинтеграция

Indicators of bone homeostasis and microcirculatory parameters in the postoperative period of dental implantation using different types of navigation templates in patients with type I diabetes

Abstract. The development of new methods and techniques of dental implants placement with less traumatization of oral tissues narrows the contraindications to orthopedic correction in patients with complex somatic pathology, which includes severe diabetes. **The aim of the study** is to compare the parameters of bone and microcirculatory homeostasis in diabetic patients using

E.G. Zarubina,

PhD in Medical Sciences, full professor
of the Biomedical sciences Department

D.N. Lysov,

PhD in Medical sciences, associate professor
of the Postgraduate education in dentistry
Department

Medical University "REAVIZ",
443001, Samara, Russia

FOR CITATION:

Kuznetsov M.V., Sofronov M.V., Bulanov S.I., Zarubina E.G., Lysov D.N. Indicators of bone homeostasis and microcirculatory parameters in the postoperative period of dental implantation using different types of navigation templates in patients with type I diabetes. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 26 (4): 108—115 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2023_4_108

different types of navigational surgical templates and dental implantation techniques. **Materials and methods.** One-stage dental implantation (with prosthetics on the day of surgery according to the type "all on 4" or "all on 6") was performed in 41 patients with severe type 1 diabetes: 21 patients made up Group I (main group) and 20 patients were assigned to group II (control). In group I the implantation was performed using a virtually modeled collapsible navigation template (patent № 2796749, effective from 13.09.2022) without peeling of the mucosal-adjacent flaps according to the developed method (patent 2794843, effective from 01.08.2022). In the control group the implantation was performed according to the standard protocol, with suturing and using the Malo template. Before implantation, on the 1st, 3rd, 10th and 30th days after implantation the dynamics of microcirculatory parameters in the implant area was evaluated. Bone homeostasis control was carried out before the operation, in 1, 2 and 3 months according to the CBCT data, as well as by the dynamics of tartrate-resistant acidic (TRAP5b) and alkaline phosphatase activity in the oral fluid. **Results.** The use of the new method of dental implantation led to the activation of microcirculation in the blood flow zone, which was confirmed by the increase of perfusion by 47.3%, the coefficient of specific oxygen consumption (U) by 32.6% and the efficiency of microcirculation almost 3 times with the decrease of perfusion oxygen saturation index (SOM) by 2 times, which was not observed in the patients of the control group. Improvement of microcirculatory parameters in group I patients was accompanied by faster positive dynamics of bone homeostasis compared to group II patients. In group I the increased level of TRAP5b remained during the 1st month after surgery, and in group II patients by the end of the 2nd month it remained 16—20% higher than the initial observation values, which indicated the prevalence of osteoclastic processes. In 3 months after the placement of dental implants the bone tissue density according to the Hounsfield scale in group I increased in comparison with the initial values in men by 19.0%, in women — by 14.1%. In group II even 3 months after implantation there was no restoration of bone density to the initial level. **Conclusion.** The use of a new collapsible navigation template and surgery without peeling off the mucosal-adjacent flap allows preserving the microcirculatory channel and enables the organism to fully use the regenerative potential aimed at activation of oxygen exchange and increasing the efficiency of metabolism in tissues.

Key words: dental implantation, microcirculation, bone homeostasis, navigational surgical template, diabetes, osseointegration

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время дентальная имплантация, ставшая амбулаторным методом, по праву заняла одно из ведущих мест в комплексе методов восстановления зубных рядов, повышающих качество жизни пациентов. Однако при дентальной имплантации большинство практикующих врачей в настоящее время сталкивается с существенной проблемой — коморбидной патологией, ограничивающей активное внедрение хирургических вмешательств. К числу наиболее часто встречающихся фоновых заболеваний относится и диабет, который может осложнить послеоперационный период и даже привести к отторжению имплантатов [1]. Это связано с воздействием основных механизмов патогенеза диабета на организм, включая хроническое нарушение обмена веществ, микро- и макроангиопатии, нейропатии и снижение иммунного ответа [2, 3].

Международная федерация диабета зарегистрировала более 415 млн человек с диабетом в мире с прогнозом роста числа пациентов с данной патологией к 2040 г. до 642 млн чел. [4]. Результаты масштабного российского эпидемиологического исследования (NATION) показывают, что реальная численность пациентов с диабетом в РФ в настоящее время не менее 9 млн человек, что составляет около 6% населения, и около 54% из них нуждаются в ортопедической стоматологической помощи. При этом основным видом ортопедического лечения в большинстве стоматологических клиник РФ остается съемное протезирование [5].

Согласно данным современной медицины, диабет приводит к генерализованным изменениям в организме человека. В ротовой полости это выражается в обеднении кровотока, приводящего к гипоксии и энергодефициту в тканях, снижению иммунной защиты и ускоренному развитию атеросклеротических изменений в сосудах. Все это может способствовать появлению или прогрессированию заболеваний пародонта из-за нарушения пластических и регенеративных процессов в пародонтальных тканях, снижающих устойчивость и резистентность пародонтального комплекса к воздействиям механического и инфекционного характера [6].

Важным аспектом, ограничивающим установку дентальных имплантатов у пациентов с диабетом, являлись морфологические изменения в этой области, характеризующиеся неравномерной деминерализацией костной ткани и атрофией альвеолярных гребней челюстей (выраженные в большей степени в тех участках, где отмечались наиболее значимые нарушения микроциркуляции). Данные изменения подтверждались повышенной активностью остеокластов. Воспалительные и деструктивные процессы в тканях пародонта на фоне угнетения иммунной системы усугубляют деструкцию. Клинические наблюдения подтверждали, что пациенты с плохо контролируемым диабетом чаще страдают периимплантитом в постимплантационный период, а частота потери имплантатов в долгосрочной перспективе выше, чем у здоровых людей в среднем на 17—27% [7—9].

В этих условиях ортопедическое лечение на ден- тальных имплантатах у пациентов с диабетом еще 20 лет назад представляло довольно сложную задачу. Это приводило к тому, что большинство авторов и кли- нические рекомендации по имплантологии рекомендо- вали проводить протезирование у пациентов с диабетом исключительно с помощью съемных конструкций без использования ден- тальных имплантатов. Установка ден- тальных имплантатов у пациентов с диабетом пра- ктикуется минимум последние 20 лет, это при самом скромном анализе литературы. Однако подобное про- тезирование тоже имело ряд недостатков, поскольку съемные зубные протезы даже для пациентов без обще- соматических патологий имеют ряд побочных действий за счет ухудшения гигиены полости рта, раздражающего действия фиксирующих элементов и базиса протеза, а также происходят негативные изменения в составе микробиоты рта, что в дальнейшем может приводить к появлению или прогрессированию заболеваний пародон- та [5]. Нарушение микроциркуляции тканей протезно- го ложа у пациентов с диабетом, функции слюноот- деления и факторов местного иммунитета полости рта еще больше усугубляет ситуацию.

Однако по мере накопления опыта установки ден- тальных имплантатов, разработки новых импланта- ционных систем, методик их установки [10] и методов профилактики осложнений, а также систем контроля состояния костного гомеостаза и гомеостаза ротовой полости [11] произошла смена парадигмы в отношении протезирования на имплантатах у пациентов с диабетом. Появились сообщения о том, что при контроле основ- ного заболевания результаты протезирования на им- плантатах у пациентов с диабетом стали приближаться к таковым у условно здоровых лиц [12, 13]. Помимо это- го, реабилитация полости рта, основанная на лечении с использованием ден- тальных имплантатов, улучшает качество жизни пациентов по сравнению со съемными конструкциями, благоприятно влияя на жевательную функцию, предотвращая развитие заболеваний желу- дочно-кишечной сферы и больше соответствуя эстети- ческим потребностям пациентов [2].

Дальнейшее повышение качества установки ден- тальных имплантатов и отдаленных результатов про- веденной ортопедической коррекции во многом свя- зано с определением точек на челюсти для установки ден- тальных имплантатов и угла наклона, под которым они устанавливаются. На современном уровне развития ортопедической стоматологии это обеспечивается при- менением хирургических шаблонов [10]. По данным литературы, применение навигационных шаблонов при ден- тальной имплантации позволяет не только повысить точность установки имплантатов и сократить время операции, но и снизить травматичность при создании доступа к операционному полю (отсутствие разрезов и скелетирования) [14].

Цель исследования — сравнить показатели кост- ного и микроциркуляторного гомеостазов у пациентов с диабетом при использовании различных типов навига- ционных хирургических шаблонов и техник ден- тальной имплантации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января 2022 г. по сентябрь 2022 г. проводили про- тезирование на ден- тальных имплантатах 41 пациенту (20 мужчин и 21 женщина) с диабетом 1-го типа в воз- расте от 44 до 75 лет и длительностью заболевания не менее 25 лет. У всех пациентов причиной обраще- ния являлось отсутствие большей части зубов на одной из челюстей, при этом оставшиеся зубы имели показан- ния к удалению.

Пациенты допускались до лечения после консуль- тации с эндокринологом и достижения целевого уровня HbA1c (<7,5% для лиц среднего возраста, <8,0% для лиц пожилого возраста), согласно клиническим рекомен- дациям «Диабет 1-го типа у взрослых» (2022) на фоне соответствующей сахароснижающей терапии.

После удаления несостоятельных зубов зубные ря- ды восстанавливали по принципу «все на 4» или «все на 6» имплантатах одного производителя. В зависи- мости от метода ден- тальной имплантации пациентов поделили на 2 группы:

- I — 21 пациент (9 мужчин и 12 женщин), средний возраст — $60,2 \pm 4,7$ года, страдающие диабетом в тяжелой фор- ме, для которых применяли виртуально смоделиро- ванный разборный навигационный шаблон (патент № 2796749, действ. с 13.09.2022), без отслаивания слизисто-надкостничных лоскутов по собственному методу (патент № 2794843, действ. с 01.08.2022);
- II — 20 пациентов (11 мужчин и 9 женщин), средний воз- раст — $58,9 \pm 4,7$ года, которым имплантаты устанавливали по стандартному протоколу [15], с отслаивани- ем слизисто-надкостничных лоскутов и наложением швов, с использованием шаблона Мало [16].

Отличия предложенного в I группе метода — отсут- ствие дополнительных разрезов и швов, наличие циф- рового протокола и виртуальных технологий создания навигационного хирургического шаблона (табл. 1).

Перед одномоментной установкой имплантатов уда- ляли от 4 до 8 несостоятельных зубов (табл. 2). Импланта- цию проводили под инфильтрационной анестезией 4%-ным раствором артикаина с эпинефрином 1: 200 000.

Протезирование проводилось в день операции. Чаще протезировалась верхняя челюсть, 57 и 55% в I и во II группе соответственно (табл. 3).

Аналогичное количество удаленных зубов, а так- же количество и места установки имплантатов в обеих группах делают их статистически однородными в плане дооперационного состояния и позволяют в дальнейшем сравнивать результаты ортопедической коррекции при использовании различных методов ее проведения.

До имплантации и на 1-е, 3-и, 10-е и 30-е сутки после имплантации измеряли среднее значение перфу- зии (ПМ), сатурацию смешанной капиллярной (S_{O_2} , %) и артериальной крови (Sp_{O_2} , %), относительный объ- ем фракции эритроцитов (V_r , %). Вычисляли индексы перфузионной сатурации кислорода (S_{om}) в микрокро- вотоке и удельного потребления кислорода (U) в тка- ни [17–20], которые рассчитывались по формулам:

$$S_{om} = S_{O_2} / ПМ, \quad U = Sp_{O_2} / S_{O_2}.$$

Таблица 1. Различия при использовании шаблонов в I и во II группе

Table 1. Differences in the use of templates in groups I and II of patients with type I diabetes

Процедура	I группа Разборный навигационный шаблон	II группа Шаблон Мало
Разрезы и скелетирование костной ткани	Не требуются	Требуются
Редукция альвеолярного гребня	Не требуется, так как операция проводится без скелетирования костной ткани, а также ортопедическая конструкция без искусственной десны	Требуются
Позиционирование	В заранее спланированное в CAD-программе положение, в том числе с ограничением по глубине введения	На глаз, путем проведения биссектрисы, на шаблоне Мало, установленном в полости рта
Определение центрального соотношения и межальвеолярной высоты	До операции при проведении функциональной диагностики (аксиография, ТЭНС, миография)	Анатомо-физиологическим методом после установки имплантатов
Изготовление ортопедической конструкции	Планируется в CAD-программе до операции с учетом выхода шахт имплантатов. Позиционирование происходит при помощи хирургического навигационного шаблона	Изготавливается после операции
Наложение швов	Не требуется	Требуются
Осмотр/снятие швов на 7-й день	Осмотр со снятием протеза для динамического контроля зоны операции/снятие швов не требуется	Снятие швов со снятием протеза

Измерения проводили на диагностическом комплексе «ЛАКК-М» (Россия) в изолированном помещении при комнатной температуре $23 \pm 3^\circ\text{C}$ после адаптации к условиям помещения. Измерения осуществляли на слизистой десны в зоне имплантации с соблюдением правил асептики и антисептики. Пальцевой датчик пульсоксиметра фиксировали на втором пальце левой кисти пациента. Пациенты воздерживались от приема лекарственных препаратов, алкогольных и кофеинсодержащих напитков.

Кроме этого рассчитывали показатель эффективности кислородного обмена (ЭКО):

$$\text{ЭКО} = M \cdot U \cdot A_{\text{НАДН}} / A_{\text{флавины}}$$

где M — среднее значение перфузии (показатель микроциркуляции), U — индекс удельного потребления кислорода, $A_{\text{НАДН}}$ — амплитуда излучения флуоресценции восстановленного кофермента никотинамидадениндинуклеотида, $A_{\text{флавины}}$ — амплитуда излучения флуоресценции окисленных флавопротеидов (рассчитывались в автоматическом режиме).

Через 1, 2 и 3 месяца после операции по данным КЛКТ измеряли минеральную плотность костной ткани (МПКТ) вокруг имплантатов по шкале Хаунсфильда.

Таблица 2. Распределение пациентов по количеству удаленных зубов

Table 2. Distribution of patients by the number of teeth removed

Количество зубов	I группа		II группа	
	абс.	%	абс.	%
4	3	14,3	2	10,0
5	5	23,8	5	25,0
6	6	28,6	6	30,0
7	5	23,8	5	25,0
8	2	9,5	2	10,0
Итого	21	100	20	100

На 1-е, 3-и, 5-е, 10-е, 20-е и 30-е сутки после имплантации в ротовой жидкости определяли концентрацию тартрат-резистентной кислой фосфатазы (TRAP5b) — показатель резорбции костной ткани, а также активность щелочной фосфатазы как показатель формирования костной ткани. Концентрацию TRAP5b измеряли кинетическим колориметрическим методом в соответствии с модифицированной реакцией Хилмана на биохимическом анализаторе Labline-80 (Австрия) с использованием коммерческих тест-систем фирмы «Ольвекс Диагностикум» (Россия). Активность щелочной фосфатазы измеряли кинетическим оптимизированным методом по рекомендациям Германского общества клинической (DGKS).

При статистической обработке данных для межгруппового сравнения использовали критерий Стьюдента. Достоверными считались показатели при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уже в 1-е сутки после операции у пациентов I группы на нижней челюсти в зоне имплантации происходило повышение активности кислородного обмена, что подтверждалось достоверным снижением $S_{\text{ом}}$ ($p < 0,001$)

Таблица 3. Количество и место расположения установленных имплантатов

Table 3. The number and location of the installed implants

Количество имплантатов	I группа (n=21)				II группа (n=20)			
	Верхняя челюсть		Нижняя челюсть		Верхняя челюсть		Нижняя челюсть	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
4	7	58,3	5	55,6	6	54,5	5	55,5
6	5	41,6	4	44,4	5	45,5	4	44,5
Итого в группе	12	57,1	9	42,9	11	55,0	9	45,0

и повышением U ($p < 0,01$). Максимальные изменения возникали с 3-го дня и продолжались до конца 1-го месяца после операции с последующей стабилизацией параметров на дооперационном уровне (табл. 4). При этом закономерно в эти же сроки повышалась эффективность кислородного обмена в области имплантации — с $37,9 \pm 0,9$ до $111,8 \pm 2,7$ ед. (в 2,9 раза, $p < 0,001$). На верхней челюсти эта динамика была еще более выраженной, возможно, это обусловлено анатомо-физиологическими особенностями кровотока. Так, например, ЭКО на 10-е сутки после имплантации возросла в зоне ее проведения в 3,1 раза ($p < 0,001$), а $S_{O_{2m}}$ снижалась на 46,7% ($p < 0,001$; табл. 5).

Наблюдаемая динамика показателей микроциркуляторного русла позволяет предположить, что у данной группы пациентов оперативное вмешательство привело к активизации микроциркуляции в зоне кровотока и повышению ее эффективности почти в 3 раза. Таким изменениям способствовал щадящий режим операции

из-за использованного разработанного навигационного шаблона и связанная с ним техника установки дентальных имплантатов без отслаивания слизисто-надкостничного лоскута. Подобные изменения должны неизбежно способствовать активизации репаративных и обменных процессов в зоне операции.

У пациентов II группы динамика параметров микроциркуляции на нижней челюсти отличалась от описанной выше. В 1–3-и сутки наблюдали ухудшение микроциркуляции со снижением ПМ ($p < 0,05$) и повышением $S_{O_{2m}}$ ($p \leq 0,001$), что свидетельствовало о снижении усвоения кислорода тканями и развитии гипоксии. Это подтверждалось снижением в области имплантации на 3-и сутки ЭКО до $37,1 \pm 1,5$ ед. (на 3,5% ниже, чем до операции), в то время как в I группе отмечали увеличение ЭКО до $75,7 \pm 1,5$ ед. — почти в 2 раза больше, чем до операции. У пациентов II группы значимые улучшения показателей микроциркуляции наступили лишь через 10 дней после операции. Например, ЭКО увеличилась в 2,1 раза

Таблица 4. Показатели микроциркуляции крови до и после дентальной имплантации на нижней челюсти

Table 4. Indicators of blood microcirculation before and after dental implantation on the lower jaw

Срок обследования	Перфузия, перф. ед.	$S_{O_2}, \%$	$Sp_{O_2}, \%$	$S_{O_{2m}}$	U	ЭКО
I группа (n=9)						
До операции	16,7±0,3	68,7±0,1	97,3±0,1	4,11±0,02	1,41±0,03	37,9±0,9
1-е сутки	17,7±0,1*†	64,1±0,1*†	97,3±0,2	3,62±0,04*†	1,51±0,02*†	46,0±1,0*†
3-и сутки	20,8±0,2*†	59,3±0,2*†	97,5±0,1	2,85±0,01*†	1,64±0,02*†	75,7±1,5*†
10-е сутки	24,6±0,2*†	51,9±0,3*†	97,4±0,1	2,11±0,01*†	1,87±0,02*†	111,8±2,7*†
1 месяц	20,3±0,1**	60,1±0,2*†	97,3±0,2	2,96±0,02*†	1,62±0,01*†	65,1±1,6*†
II группа (n=9)						
До операции	16,4±0,2	68,5±0,1	97,5±0,3	4,17±0,04	1,42±0,03	38,2±1,2
1-е сутки	15,7±0,2*	69,2±0,1#	97,4±0,2	4,40±0,02#	1,40±0,03	36,7±1,5
3-и сутки	15,9±0,2	69,1±0,1	97,4±0,2	4,43±0,02	1,42±0,03	37,1±1,5
10-е сутки	21,7±0,3#	56,2±0,3#	97,4±0,3	2,59±0,01#	1,73±0,02#	83,0±1,7#
1 месяц	19,5±0,3#	65,2±0,1	97,4±0,2	3,34±0,02#	1,49±0,01#	51,1±1,6#

Примечание. Различия статистически достоверно значимы: * — по сравнению с предыдущим сроком ($p < 0,05$); # — по сравнению с предыдущим сроком ($p \leq 0,001$); † — по сравнению со II группой ($p \leq 0,001$); ‡ — по сравнению со II группой ($p < 0,05$).

Таблица 5. Показатели микроциркуляции крови до и после дентальной имплантации на верхней челюсти

Table 5. Indicators of blood microcirculation before and after dental implantation on the upper jaw

Срок обследования	Перфузия, перф. ед.	$S_{O_2}, \%$	$Sp_{O_2}, \%$	$S_{O_{2m}}$	U	ЭКО
I группа (n=12)						
До операции	18,5±0,1	69,7±0,1	97,3±0,3	3,77±0,03	1,40±0,01	42,7±1,1
1-е сутки	20,9±0,1*†	61,1±0,2*†	97,3±0,2	2,92±0,02*†	1,59±0,01*†	58,1±1,2*†
3-и сутки	22,4±0,2*†	55,3±0,1*†	97,2±0,3	2,46±0,02*†	1,75±0,01*†	86,6±2,3*†
10-е сутки	26,7±0,1*†	47,7±0,2*†	97,3±0,3	2,01±0,01*†	2,04±0,02*†	132,6±3,5*†
1 месяц	22,1±0,1*†	59,1±0,1*†	97,4±0,1	2,67±0,03*†	1,65±0,01*†	73,7±2,4*†
II группа (n=11)						
До операции	18,1±0,2	67,3±0,3	97,4±0,2	3,72±0,04	1,40±0,02	38,2±1,2
1-е сутки	17,9±0,2	68,1±0,2#	97,3±0,3	3,80±0,02	1,43±0,02	36,9±1,5
3-и сутки	18,1±0,2	67,9±0,3	97,3±0,3	3,78±0,02	1,47±0,02#	37,2±1,5
10-е сутки	23,3±0,2*	53,3±0,1*	97,3±0,3	2,29±0,02*	1,82±0,02*	83,0±1,7*
1 месяц	20,4±0,1*	62,3±0,4*	97,1±0,2	3,05±0,03*	1,56±0,01*	51,1±1,6*

Примечание. Различия статистически достоверно значимы: * — по сравнению с предыдущим сроком ($p < 0,05$); # — по сравнению с предыдущим сроком ($p \leq 0,001$); † — по сравнению со II группой ($p \leq 0,001$).

по сравнению с исходным значением ($p<0,001$), тогда как в I группе в 2,9 раза. Через месяц после установки имплантатов в I группе ЭКО оставалась выше исходных значений почти на 72%, а во II группе лишь на 34% ($p<0,001$). Аналогичная динамика показателей микрокровотока была зафиксирована и при протезировании верхней челюсти (см. табл. 5).

В I группе у 17 (81%) пациентов все наружные признаки воспаления проходили в течение первых 3–5 дней (рис. 1А). Во II группе реактивное воспаление держалось дольше, у 17 (85%) пациентов признаки воспаления сохранялись до 10 дней, слизистая оболочка в области имплантации была отечной и гиперемированной также более 7 суток (рис. 1В), отмечалась незначительная синюшность (гипоксия тканей). У 5 (25%) пациентов отмечалась лихорадочная реакция с температурой свыше $37,5^{\circ}\text{C}$ до 3-х суток.

Поскольку поддержание костного гомеостаза требует больших затрат энергии (особенно остеобластическая активность), активизация микрокровотока в зоне операции является важным аспектом успешной остеоинтеграции установленных дентальных имплантатов.

Установлено, что костная ткань реагирует на хирургическое вмешательство. У всех пациентов через 1 месяц после имплантации МПКТ в периимплантатной зоне снижалась: у мужчин — на 11,0 и 15,4% в I и во II группе соответственно, у женщин — на 13,3 и 17,9% в I и во II группе соответственно ($p<0,05$). Видимо, это соответствовало усилению остеокластической активности на фоне повреждения. Через 3 месяца после установки имплантатов МПКТ в I группе выросла по сравнению с исходными значениями у мужчин на 19,0%, у женщин на 14,1% ($p<0,05$). Во II группе даже через 3 месяца после имплантации не происходило восстановления МПКТ до исходного уровня, что, на наш взгляд, снижало эффективность реабилитационных ортопедических мероприятий в дальнейшем. У мужчин показатели были хуже первоначальных значений в среднем на 4%, у женщин — почти на 10% (табл. 6). На основании полученных данных можно предположить, что плотность костной ткани у женщин была подвержена большим колебаниям, чем у мужчин,

Таблица 6. Динамика плотности костной ткани относительно показателей до операции (в %)

Table 6. Dynamics of bone density relative to indicators before surgery (in %)

Срок наблюдения	I группа (n=21)		II группа (n=20)	
	муж.	жен.	муж.	жен.
Через 1 месяц	-11,0	-13,3	-15,4	-17,9
Через 2 месяца	+22,7	+17,5	-4,0	-15,4
Через 3 месяца	+19,0	+14,2	-4,2	-9,9

и восстанавливалась медленнее, что автоматически повышает риски неблагоприятного исхода имплантации независимо от наличия или отсутствия у них диабета.

В I группе повышенный уровень TRAP5b сохранялся на протяжении 1-го месяца и не превышал в среднем 165% как для женщин, так и для мужчин, что свидетельствовало о менее выраженных процессах альтерации костной ткани. Через 2 месяца после операции у пациентов I группы содержание фермента в ротовой жидкости снижалось ниже исходных значений, что может свидетельствовать о двух процессах, идущих параллельно: прекращение резорбции кости и некоторое истощение репаративных процессов на местном уровне.

У пациентов II группы уже на 1-е сутки после операции отмечалось повышение уровня TRAP5b в ротовой жидкости, где этот показатель для мужчин составлял 175,7 и 179,4% для женщин относительно исходных значений. К 10-м суткам он увеличивался почти в 3 раза и оставался выше исходных значений к концу 2-го месяца наблюдения на 16–20%. Повышенное по сравнению с уровнем до операции содержание фермента отмечалось у них до 3-го месяца после операции (рис. 2).

Уровень щелочной фосфатазы в ротовой жидкости больных изменялся в меньшей степени, чем TRAP5b. В обеих группах активность щелочной фосфатазы повышалась начиная с 1-го месяца после операции, достигая своего максимума к концу 2-го месяца. При этом прирост активности фермента в I группе составлял 49,4%, а во II не превышал 15,1%, что свидетельствовало о меньшей интенсивности репаративных процессов.



Рис. 1. Состояние полости рта на 7-й день после установки имплантов: А — пациент I группы; В — пациент II группы (отек и гиперемия в области имплантов)



Fig. 1. Oral cavity condition on the 7th day after the implant placement: A — patient of group I; B — patient of group II (edema and hyperemia in the implant area)

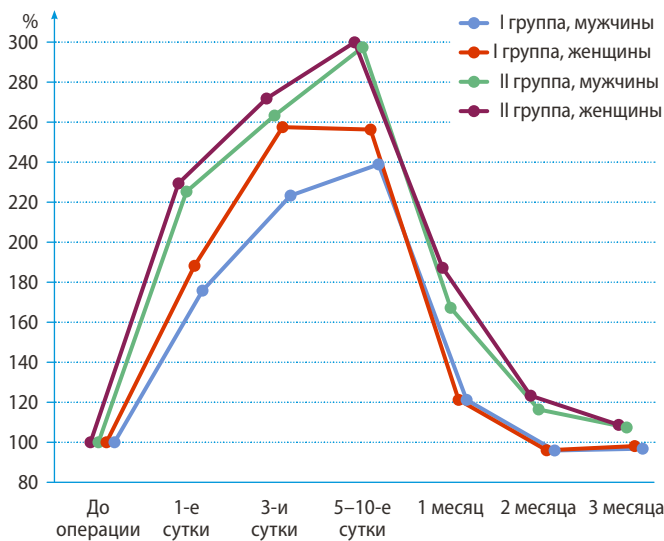


Рис. 2. Динамика концентрации тартрат-резистентной кислой фосфатазы (TRAP5b) в ротовой жидкости у пациентов по сравнению с исходными значениями, %

Fig. 2. Dynamics of tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP5b) concentration in oral fluid in patients compared to baseline values, %

Подобная динамика активности фермента может свидетельствовать о том, что через 2 месяца после повреждения процессы синтеза костной ткани начинают превалировать над процессами ее резорбции. При этом ни у одного пациента не зарегистрировано явлений простатита или аденомы простаты, а повышение уровня щелочной фосфатазы по времени совпадало с оперативным вмешательством (табл. 7).

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод о том, что после установки зубных имплантатов происходит каскад взаимосвязанных, следующих друг за другом патофизиологических процессов, носящих адаптивный, защитный характер, направленных

Таблица 7. Динамика активности щелочной фосфатазы в ротовой жидкости (в ед./л)

Table 7. Dynamics of alkaline phosphatase activity in oral fluid (in units/liter)

Срок	I группа (n=21)	II группа (n=20)
До операции	81,9±3,5	82,3±3,8
1—10-е сутки	72,8±3,7*	62,1±3,2
Через 1 месяц	95,5±3,4#	68,4±3,6
Через 2 месяца	122,3±3,5#	94,7±3,8
Через 3 месяца	88,1±3,1	84,3±3,0

Примечание. Различия по сравнению со II группой статистически достоверно значимы: * — $p < 0,05$; # — $p < 0,001$.

на репарацию поврежденных в ходе операции тканей и приводящих к остеоинтеграции имплантатов в челюстную кость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование нового разборного навигационного шаблона и операции без отслаивания слизисто-надкостничного лоскута позволяет сохранить микроциркуляторное русло и дает возможность организму полностью использовать регенераторный потенциал, направленный на активизацию кислородного обмена и повышение эффективности метаболизма в тканях.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 21.06.2023 **Принята в печать:** 09.11.2023

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
Received: 21.06.2023 **Accepted:** 09.11.2023

ЛИТЕРАТУРА:

- Singh K., Rao J., Afsheen T., Tiwari B. Survival rate of dental implant placement by conventional or flapless surgery in controlled type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review. — *Indian J Dent Res.* — 2019; 30 (4): 600—611. PMID: 31745060
- Wagner J., Spille J.H., Wiltfang J., Naujokat H. Systematic review on diabetes mellitus and dental implants: an update. — *Int J Implant Dent.* — 2022; 8 (1): 1. PMID: 34978649
- Schimmel M., Srinivasan M., McKenna G., Müller F. Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. — *Clin Oral Implants Res.* — 2018; 29 Suppl 16: 311—330. PMID: 30328186
- Тарасенко Н.А. Сахарный диабет: действительность, прогнозы, профилактика. — *Современные проблемы науки и образования.* — 2017; 6: 34. eLibrary ID: 32390314
- Игнатъев С.В. Съёмное протезирование больных сахарным диабетом на основе параметров локального клеточного иммунитета слизистой оболочки рта: дис. ... к.м.н. — Владивосток, 2021. — 117 с.

REFERENCES:

- Singh K., Rao J., Afsheen T., Tiwari B. Survival rate of dental implant placement by conventional or flapless surgery in controlled type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review. *Indian J Dent Res.* 2019; 30 (4): 600—611. PMID: 31745060
- Wagner J., Spille J.H., Wiltfang J., Naujokat H. Systematic review on diabetes mellitus and dental implants: an update. *Int J Implant Dent.* 2022; 8 (1): 1. PMID: 34978649
- Schimmel M., Srinivasan M., McKenna G., Müller F. Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29 Suppl 16: 311—330. PMID: 30328186
- Tarasenko N.A. Diabetes: reality, forecasts, prevention. *Modern Problems of Science and Education.* 2017; 6: 34 (In Russian). eLibrary ID: 32390314
- Ignatiev S.V. Removable prosthetics of patients with diabetes mellitus based on the parameters of local cellular immunity of the oral mucosa: master's thesis. Vladivostok: Far eastern Federal University, 2021. 117 p. (In Russian).

6. Полушкина Н.В., Вечеркина Ж.В., Примачева Н.В., Смолина А.А. Оценка ортопедического лечения съемными зубными протезами больных с патологией пародонта на фоне сахарного диабета. — *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. — 2022; 1: 25—30. [eLibrary ID: 48052333](#)
7. Горобец С.М., Романенко И.Г. и др. Факторы риска развития воспалительных осложнений дентальной имплантации. — *Таврический медико-биологический вестник*. — 2017; 2-1: 208—214. [eLibrary ID: 29900435](#)
8. Лепилин А.В., Захарова Н.Б., Шалина М.Ю., Фищев С.Б., Севастьянов А.В. Профилактика воспалительных осложнений при операции немедленной дентальной имплантации. — *Пародонтология*. — 2019; 3: 236—242. [eLibrary ID: 40548064](#)
9. Тунева Н.А., Богачева Н.В., Тунева Ю.О. Проблемы дентальной имплантации. — *Вятский медицинский вестник*. — 2019; 2 (62): 86—93. [eLibrary ID: 38213976](#)
10. Bell C.K., Sahl E.F., et al. Accuracy of implants placed with surgical guides: Thermoplastic versus 3D printed. — *Int J Periodontics Restorative Dent*. — 2018; 38 (1): 113—119. [PMID: 29240212](#)
11. Гришин П.Г., Калинин Е.А. и др. Влияние макро- и микро-структуры поверхности имплантатов на процессы остеоинтеграции и стабилизации. — *Вятский медицинский вестник*. — 2020; 4 (68): 44—48. [eLibrary ID: 44292592](#)
12. Товмасын А.М., Панин А.М. и др. Использование дентальных имплантатов у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и остеопеническим синдромом. — *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2009; 2: 242—244. [eLibrary ID: 12516064](#)
13. Рожко П.Д., Деньга О.В., Вербицкая Т.Г. Исследование полиморфизма генов Col1A1-1997G/T, MMP1-1607insG, MMP9 A-8202G, TIMP1C536T у пациентов с сахарным диабетом 2 типа, направленных на дентальную имплантацию. — *Colloquium-Journal*. — 2020; 19-1 (71): 27—30. [eLibrary ID: 43845236](#)
14. Тарасенко С.В., Загорский С.В. Использование навигационных хирургических шаблонов при дентальной имплантации у пациентов с частичной вторичной адентией. — *Клиническая стоматология*. — 2018; 4 (88): 18—21. [eLibrary ID: 36517608](#)
15. Кондратьева А.А. Реабилитация пациентов при полной адентии челюстей с использованием дентальных имплантатов по протоколу all-on-4. — *Вестник Новгородского государственного университета*. — 2016; 1 (92): 77—80. [eLibrary ID: 26084020](#)
16. Maló P., Rangert B., Nobre M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. — *Clin Implant Dent Relat Res*. — 2003; 5 Suppl 1: 2—9. [PMID: 12691645](#)
17. Kouadio A.A., Jordana F., et al. The use of laser Doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: A review. — *Arch Oral Biol*. — 2018; 86: 58—71. [PMID: 29182953](#)
18. Рогаткин Д.А. Физические основы лазерной клинической флуоресцентной спектроскопии *in vivo*. — *Медицинская физика*. — 2014; 4 (64): 78—96. [eLibrary ID: 22863433](#)
19. Ha B., Liang K., et al. Real-time optical oximetry during FLASH radiotherapy using a phosphorescent nanoprobe. — *Radiother Oncol*. — 2022; 176: 239—243. [PMID: 35964762](#)
20. Wojtkiewicz S., Wojcik-Sosnowska E., et al. Assessment of speed distribution of red blood cells in the microvascular network in healthy volunteers and type 1 diabetes using laser Doppler spectra decomposition. — *Physiol Meas*. — 2014; 35 (2): 283—95. [PMID: 24434915](#)
6. Polushkina N.A., Vecherkina Zh.V., Primacheva N.V., Smolina A.A. Evaluation of orthopedic treatment with removable dentures in patients with periodontal pathology on the background of diabetes mellitus. *Journal of New Medical Technologies, EEdition*. 2022; 1: 25—30 (In Russian). [eLibrary ID: 48052333](#)
7. Gorobets S.M., Romanenko I.G., Dzhereley A.A., Bobkova C.A., Kryuchkov D.Y., Gorobets O.V. Risk factors inflammatory complication of dental implantation. *Tavrisheskiy Mediko-Biologicheskij Vestnik*. 2017; 2-1: 208—214 (In Russian). [eLibrary ID: 29900435](#)
8. Lepilin A.V., Zakharova N.B., Shalina M.Y., Fishchev S.B., Sevastyanov A.V. Prophylaxis of inflammatory complications after an immediate dental implant surgery. *Parodontologiya*. 2019; 3: 236—242 (In Russian). [eLibrary ID: 40548064](#)
9. Tuneva N.A., Bogacheva N.V., Tuneva I.O. Problems of dental implantation. *Medical Newsletter of Vyatka*. 2019; 2 (62): 86—93 (In Russian). [eLibrary ID: 38213976](#)
10. Bell C.K., Sahl E.F., Kim Y.J., Rice D.D. Accuracy of implants placed with surgical guides: Thermoplastic versus 3D printed. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018; 38 (1): 113—119. [PMID: 29240212](#)
11. Grishin P.G., Kalinnikova E.A., Savransky F.Z., Chigarina S.E., Khai-kin M.B. The influence of the macro- and microstructure of the implant surface on the processes of osseointegration and stabilization. *Medical Newsletter of Vyatka*. 2020; 4 (68): 44—48 (In Russian). [eLibrary ID: 44292592](#)
12. Tovmasjan D.R., Panin A.M., Mkrumjan A.M., Kozlova M.V. Dental implants as Treatment Option in Patients With Osteopenic Syndrome and Type II Diabetes. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2009; 2: 242—244 (In Russian). [eLibrary ID: 12516064](#)
13. Rozhko P.D., Denga O.V., Verbitskaya T.G. Study of Col1A1—1997G/T, MMP1-1607insG, MMP9 A-8202G, TIMP1C536T genes polymorphism in patients with 2 type diabetes planned for dental implantation. *Colloquium-Journal*. 2020; 19-1 (71): 27—30 (In Russian). [eLibrary ID: 43845236](#)
14. Tarasenko S.V., Zagorsky S.V. Use of navigation surgical templates for dental implantation in patients with partial secondary adentia. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2018; 4 (88): 18—21 (In Russian). [eLibrary ID: 36517608](#)
15. Kondratjeva A.A. Treatment of patients with completely edentulous jaws using dental implants following the all-on-4 protocol. *Vestnik NovSU*. 2016; 1 (92): 77—80 (In Russian). [eLibrary ID: 26084020](#)
16. Maló P., Rangert B., Nobre M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2003; 5 Suppl 1: 2—9. [PMID: 12691645](#)
17. Kouadio A.A., Jordana F., Koffi N.J., Le Bars P., Soueidan A. The use of laser Doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: A review. *Arch Oral Biol*. 2018; 86: 58—71. [PMID: 29182953](#)
18. Rogatkin D.A. Physical foundations of laser clinical fluorescence spectroscopy *in vivo*. *Medical Physics*. 2014; 4 (64): 78—96 (In Russian). [eLibrary ID: 22863433](#)
19. Ha B., Liang K., et al. Real-time optical oximetry during FLASH radiotherapy using a phosphorescent nanoprobe. *Radiother Oncol*. 2022; 176: 239—243. [PMID: 35964762](#)
20. Wojtkiewicz S., Wojcik-Sosnowska E., Jasik M., Maniewski R., Karnafel W., Liebert A. Assessment of speed distribution of red blood cells in the microvascular network in healthy volunteers and type 1 diabetes using laser Doppler spectra decomposition. *Physiol Meas*. 2014; 35 (2): 283—95. [PMID: 24434915](#)