

DOI: 10.37988/1811-153X_2025_4_132

[М.С. Малых](#)¹,

челюстно-лицевой хирург

[В.В. Садовский](#)^{2,3},к.м.н., директор; доцент кафедры
обезболивания в стоматологии[Р.В. Меллин](#)^{1,4},к.м.н., зав. отделением челюстно-лицевой
и пластической хирургии; ассистент
кафедры клинической стоматологии[И.Н. Усманова](#)⁵,д.м.н., профессор кафедры
терапевтической стоматологии[И.А. Лакман](#)⁶,к.т.н., доцент кафедры биомедицинской
инженерии, зав. лабораторией исследования
социально-экономических проблем регионов[А.П. Акопян](#)⁵,к.м.н., доцент кафедры неврологии
и нейрореабилитации[Ю.Л. Васильев](#)^{7,8},д.м.н., профессор кафедры оперативной
хирургии и топографической анатомии;
профессор базовой кафедры «Инженерии
клеточных систем»¹ Республиканская клиническая
больница, 655012, Абакан, Россия² АО «Национальный институт
исследования и адаптации
маркетинговых стратегий
(НИИАМС)», 125047, Москва, Россия³ Российский университет медицины,
127006, Москва, Россия⁴ Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, Нижний Новгород, Россия⁵ БашГМУ, 450000, Уфа, Россия⁶ Уфимский университет науки
и технологий, 450076, Уфа, Россия⁷ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,
119048, Москва, Россия⁸ РТУ МИРЭА, 119454, Москва, Россия

Опыт восстановления функций нижнеальвеолярного нерва при лечении перелома нижней челюсти с полным разрывом сосудисто-нервного пучка

Реферат. Для восстановления нижнечелюстного нерва при его травматических повреждениях, в частности в практике стоматолога-хирурга и челюстно-лицевого хирурга, существует множество методик и врачебных тактик, одной из которых является имплантация микрочастиц сшитой фракции коллагена. **Цель исследования** — оценить клиническую эффективность применения геля внеклеточного матрикса (ВКМ) при лечении травматической парестезии как следствия тотального разрыва нижнеальвеолярного нерва. **Материалы и методы.** Пациенты были разделены на 2 группы: сравнения, где выполнялось стандартное лечение, и основную группу, в которой в дополнение вводили 1 мл биоимплантата, и еще по 0,5 мл на 7-й и 15-й дни. Для оценки восстановления чувствительности кожи подбородка и нижней губы применяли эстезиометр с конусовидным жестким наконечником диаметром 0,5—0,8 см. Дозированное раздражение проводили по линии от здоровой половины лица к травмированной с шагом 1 мм, отмечали зоны отсутствия чувствительности. Измерения осуществлялись до лечения, на 7-й и 15-й дни после операции. Для оценки состояния нерва применяли ультразвуковой аппарат с линейным высокоплотным датчиком с частотой 5—18 МГц. Исследование проводили в режиме спектральной доплерографии с оценкой спектра артериального и венозного кровотока для исключения сосудистого компонента. **Результаты.** Применение «Сферо®ГЕЛЯ» оказалось значимо снижающим интенсивность боли независимо от влияния других факторов: на 1,38 балла к 7-му дню после операции и на 1,67 балла к 15-му дню ($p < 0,05$). У пациентов основной группы к 15-му дню наблюдения отмечалось сокращение площади гипестезии в среднем на 62,5%, что существенно превышает результаты в группе сравнения (37,1%). По данным ультразвукового исследования изучены показатели площади поперечного сечения подбородочного нерва: к 15-му дню во II группе площадь повреждения снизилась до 1,2 мм², что также значительно отличалось от средних 2,5 мм² в группе сравнения. **Заключение.** Восстановления болевой и тактильной чувствительности показывают результативность предложенной сочетанной векторной техники с болюсным введением гетерогенного имплантируемого геля «Сферо®ГЕЛЬ» («БИОМИР сервис», Москва) при тотальных разрывах сосудисто-нервного пучка в клинике челюстно-лицевой травмы независимо от срока давности поражения по схеме: 1 мл препарата, на 7-е сутки — 0,5 мл и на 15-е сутки — 0,5 мл.

Ключевые слова: биоимплантат, внеклеточный матрикс, Сферо®ГЕЛЬ LIGHT, челюстно-лицевая травма, парестезия, электроодонтодиагностика, перелом челюсти

[M.S. Malykh](#)¹,

maxillofacial surgeon

[V.V. Sadovskij](#)^{2,3},PhD in Medical Sciences, director; associate
professor of the Pain management
in dentistry Department[R.V. Mellin](#)^{1,4},PhD in Medical Sciences, head of the maxil-
lofacial and plastic surgery ward; assistant
professor of the Clinical dentistry Department[I.N. Usmanova](#)⁵,Doctor of Science in Medicine, professor
of the Therapeutic dentistry Department

Restoration of inferior alveolar nerve function in the treatment of mandibular fracture with complete neurovascular bundle transection

Abstract. Numerous techniques and treatment approaches exist for the restoration of the mandibular nerve following traumatic injuries, particularly in the practice of oral and maxillofacial surgeons. One of these is the implantation of microparticles of a cross-linked collagen fraction. **Objective.** To evaluate the clinical efficacy of an extracellular matrix (ECM) biomimetic in the treatment of traumatic paresthesia following a total rupture of the inferior alveolar nerve. **Materials and methods.** An esthesiometer with a cone-shaped rigid tip (0.5—0.8 cm in diameter) was used

I.A. Lakman⁶,

PhD in Engineering, assistant professor of the Biomedical engineering Department, head of the Scientific Lab for the study of socio-economic problems of regions

A.P. Akopyan⁵,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Neurology and neurorehabilitation Department

Yu.L. Vasil'ev^{7,8},

Doctor of Science in Medicine, professor of the Operative surgery and topographic anatomy Department; senior researcher at the Antimicrobial Photodynamic Therapy Lab

¹ Republican Clinical Hospital, 655012, Abakan, Russia

² "National Institute for Research and Adaptation of Marketing Strategies (NIAMS)" JSC, 125047, Moscow, Russia

³ Russian University of Medicine, 127006, Moscow, Russia

⁴ Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 603022, Nizhny Novgorod, Russia

⁵ Bashkir State Medical University, 450000, Ufa, Russia

⁶ Ufa University of Science and Technology, 450076, Ufa, Russia

⁷ Sechenov University, 119048, Moscow, Russia

⁸ MIREA — Russian Technological University, 119454, Moscow, Russia

ВВЕДЕНИЕ

Научные публикации последних лет убедительно указывают на возрастающую частоту травм нижней челюсти (НЧ), при которых нередко наблюдается повреждение нижнего альвеолярного нерва (НАН), особенно в случаях полного разрыва сосудисто-нервного пучка [1]. Частота стойких сенсорных нарушений в данном случае варьирует от 0,4 до 13% случаев [2].

В силу особенностей анатомической локализации этот нерв легко доступен для повреждения при травмах и хирургических вмешательствах. Травматическая невралгия НАН и его ветви подбородочного нерва (ПН) сопровождается болевым синдромом, стойким нарушением чувствительности с неприятным ощущением онемения кожи подбородка, нижней губы, зубов, затруднением приема пищи и нарушением дикции, что приводит к значительному снижению качества жизни пациентов.

По данным Всемирной организации здравоохранения, травмы челюстно-лицевой области составляют до 15% всех травматологических случаев, а переломы НЧ регистрируются в 36–70% всех переломов лицевого скелета [3]. Согласно данным отечественных и зарубежных авторов, повреждения НАН выявляются в диапазоне от 5,7 до 58,5% случаев переломов НЧ, причем тяжелые формы с полным разрывом сосудисто-нервного пучка встречаются у 10–15% пострадавших с подобной травмой. Более 60% таких пациентов отмечают персистирующие расстройства чувствительности в зоне иннервации даже спустя год после травмы и хронический болевой синдром, что затрудняет восстановление нормальных функций жевательного аппарата [4].

В настоящее время вопросы восстановления функций НАН недостаточно изучены, а результаты лечения часто бывают неудовлетворительными. Поиск новых

подходов к восстановлению нерва и анализ эффективности существующих методик представляют собой важную задачу для повышения реабилитационного потенциала пациентов с тяжелыми травмами НЧ.

К наиболее распространенным относятся прямой шов нерва, использование аутогенных нервных трансплантатов (например, малоберцового нерва), а также применение синтетических и биологических направляющих для регенерации нервной ткани. В ряде случаев дополнительно назначают медикаментозную терапию, включающую витамины группы В, нестероидные противовоспалительные препараты, нейротропные препараты и физиотерапию.

Выбор метода лечения зависит от характера и тяжести повреждения, возраста пациента, давности травмы и общего состояния здоровья. Прямой шов нерва чаще всего выполняется при небольшом дефекте и хорошей сопоставимости концов, тогда как при значительном промежутке между концами нерва используют трансплантаты или искусственные направляющие, в том числе при операциях в челюстно-лицевой области [5–8].

Key words: bioimplant, extracellular matrix, SpheroGEL LIGHT, maxillofacial trauma, paresthesia, EPT, jaw fracture

Prognosis of restoration of functions depends on the number of factors. At the same time, the results of reconstruction of optimal results will be achieved in one-third of patients, in whom partial or complete restoration of sensitivity and motor function in the zone of innervation. At the same time, when applying for medical help or in case of extensive damage to the nerve, neurologic disorders can be preserved.

One of the ways to eliminate nerve damage is the application of bioactive biopolymeric hydrogels, imitating the properties of the extracellular matrix (ECM), which stimulate regeneration

to assess the restoration of sensation in the skin of the chin and lower lip. Graduated stimulation was applied along a line from the healthy side of the face to the injured side, in 1 mm increments; areas of numbness were marked with a marker. Measurements were taken before treatment and on days 7 and 15 after the procedure. A Hitachi Aloka Noblus ultrasound system (Hitachi, Japan) equipped with a high-density linear transducer with a frequency of 5–18 MHz was used to assess the nerve condition. The study was performed in spectral Doppler mode, evaluating the spectrum of arterial and venous blood flow to exclude vascular components. **Results.** The use of "SPHEROGel" significantly reduced pain intensity by 1.38 points by day 7 and 1.67 points by day 15 post-operation. Patients in the main group showed a 62.5% reduction in the area of hypoesthesia by day 15, markedly greater than the 37.1% reduction in the comparison group. Ultrasound assessment confirmed superior nerve recovery, with the cross-sectional area of the mental nerve decreasing to 1.2 mm² versus 2.5 mm² in the control group. **Conclusions.** Restoration of pain and tactile sensitivity demonstrates the effectiveness of the proposed combined vector technique with bolus administration of the composition of the heterogeneous gel Sphero®GEL LIGHT for total ruptures of the vascular-nerve bundle in maxillofacial trauma clinics, regardless of the injury duration, according to the following schedule: 1 ml of the drug, 0.5 ml on day 7, and 0.5 ml on day 15.

Одним из способов устранения повреждений нервов является применение биоактивных биополимерных гидрогелей, имитирующих свойства внеклеточного матрикса (ВКМ), которые стимулируют регенерацию

поврежденных тканей [9, 10]. В литературе приводятся примеры уменьшения плотности и размера глиально-соединительнотканного барьера, а также роста отдельных нервных волокон через область травмы спинного мозга после введения многокомпонентных биополимерных гидрогелей [11].

Цель исследования — оценить клиническую эффективность применения геля на основе внеклеточного матрикса при лечении травматической невропатии после полного разрыва нижнеальвеолярного нерва.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2022 по 2025 г. в отделении челюстно-лицевой и пластической хирургии с диагнозом «перелом нижней челюсти» (S02.6) было госпитализировано 137 человек. Из них 103 (75%) в возрасте от 18 до 45 лет, 8 — до 18 лет, 26 — старше 45 лет. Чаще перелом нижней челюсти встречался у мужчин.

Критерии включения в исследование: возраст от 18 до 80 лет, травматическое поражение костной ткани НЧ, признаки дегенеративных изменений по данным КЛКТ или УЗИ, признаки парестезии в зоне иннервации 3-й ветви тройничного нерва, неиспользование влияющих на реконструкцию костной и нервной ткани препаратов, отсутствие вредных привычек.

Критерии исключения: нарушения свертываемости крови, аутоиммунные заболевания, декомпенсированные формы сахарного диабета, онкологические заболевания на этапе лучевой терапии, недавно перенесенные инфекционные и социально значимые заболевания, обострение хронических заболеваний, аллергические

реакции на компоненты препарата, дерматозы и склонность к келоидным рубцам, беременность и лактация, вредные привычки, прием препаратов, которые могут повлиять на результаты исследования, психическое или умственное расстройство.

В исследование приняли участие 20 пациентов обоего пола в возрасте 18–80 лет (средний возраст — $59,5 \pm 8,5$ года), находившихся на лечении и реабилитации по поводу перелома НЧ в отделении челюстно-лицевой и пластической хирургии РКБ им. Г.Я. Ремишевской (Абакан).

Дизайн исследования представлен на рис. 1.

Пациенты были распределены на 2 группы:

- I — 8 пациентов, которые после остеосинтеза получали стандартную терапию (группа сравнения);
- II — 12 пациентов, которым после остеосинтеза, помимо стандартной терапии, по переходной складке в области максимальной утраты болевой и тактильной чувствительности вводили 1 мл биоимплантата и еще по 0,5 мл на 7-й и 15-й дни (основная группа).

Стандартная послеоперационная в обеих группах терапия состояла в инъекциях витаминов группы В для ускорения миелинизации нервных волокон, а также физиолечение (магнито- и лазеротерапия) для уменьшения отека и воспаления.

Во II группе применяли гетерогенный имплантируемый гель «Сферо®ГЕЛЬ» из линии препаратов для челюстно-лицевой хирургии и стоматологии «СФЕРОДЕНТ®» («Биомир сервис», Москва).

Для сравнения клинической эффективности послеоперационного лечения оценивали выраженность болевого синдрома по ВАШ [12] и на ультразвуковом исследовании измеряли площадь поперечного сечения подбородочного нерва.

Для исследования болевой и тактильной чувствительности кожи подбородка, нижней губы и оценки ее восстановления применяли соответственно заостренный предмет (зубочистка) и эстезиометр с конусовидным жестким наконечником диаметром 0,5–0,8 см. Дозированное раздражение проводилось по линии от здоровой половины лица к участкам парестезии с шагом 1 мм, зоны анестезии, гиперестезии и гипестезии отмечались маркером. Измерения проводили до операции и на 1-й, 7-й и 15-й день после операции.

Оценку состояния подбородочного нерва как наиболее доступного для периферического наблюдения выполняли путем исследования мягких тканей в области подбородочного отверстия с применением ультразвукового аппарата Hitachi Aloka Noblus (Япония). Аппарат обеспечен линейным высокоплотным датчиком с частотой 5–18 МГц. Исследование проводили в режиме спектральной доплерографии с оценкой спектра артериального и венозного кровотока для исключения сосудистого компонента. Измерялась площадь поперечного сечения ПН, которая с клинической точки зрения представляла наибольший интерес для сравнения (рис. 2). Подтверждением визуализации нерва является отсутствие предела Найквиста на области визуализации.

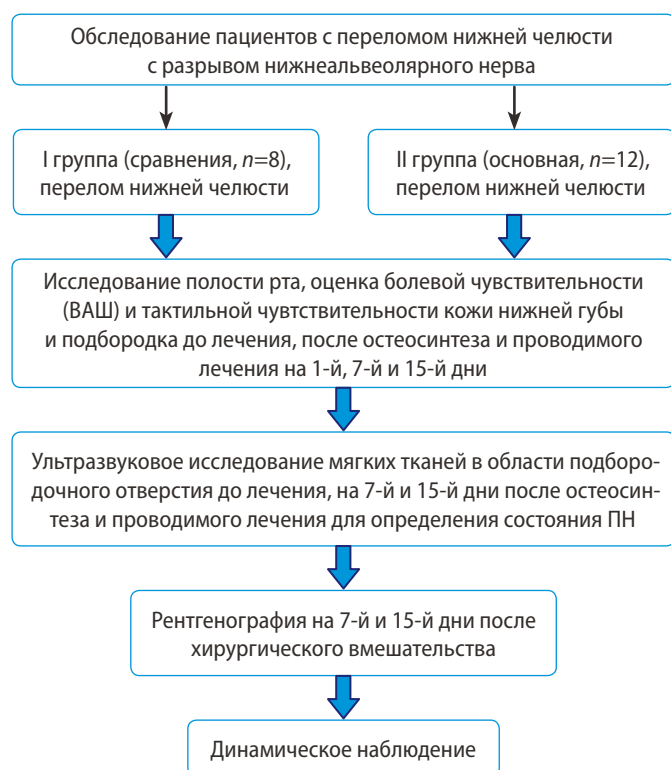


Рис. 1. Дизайн исследования
Figure 1. Research design

Временные рамки и перечень обследований, производимых пациентам в обязательном порядке, представлены на рис. 3.

При статистической обработке данных для парных межгрупповых сравнений показателей использовали критерий Манна—Уитни. Для внутригруппового сравнения изменений исследуемых показателей применяли критерий Вилкоксона.

Для оценки истинного влияния применения «Сферо®ГЕЛЯ» на изменение уровня интенсивности боли в зоне НАН, не подверженного смещению за счет возможных различий в группах, и различий, обусловленных периодом заживления, использовали модели DiD (Difference-in-Difference):

$$PI = \alpha + \beta \cdot Gr + \gamma \cdot Period + \delta \cdot Gr \cdot Period + \theta \cdot FT,$$

где PI — разница интенсивности боли между значением в 1-е сутки после операции и на 7-е и 15-е сутки после операции, Gr — тип группы (0 — стандартное лечение, 1 — с применением геля ВМК), $Period$ — срок измерения интенсивности боли (0 — 1-е сутки после операции, 1 — 7-е и 15-е сутки), FT — тип перелома НЧ (0 — с неполным разрывом сосудисто-нервного пучка, 1 — с полным разрывом), α — свободный член, β , γ , δ и θ — регрессионные коэффициенты, подлежащие оценке, δ — эффект применения «Сферо®ГЕЛЯ».

Для оценки эффекта влияния каждого из рассмотренных факторов на изменение интенсивности уровня боли проводили тест Вальда с нулевой гипотезой

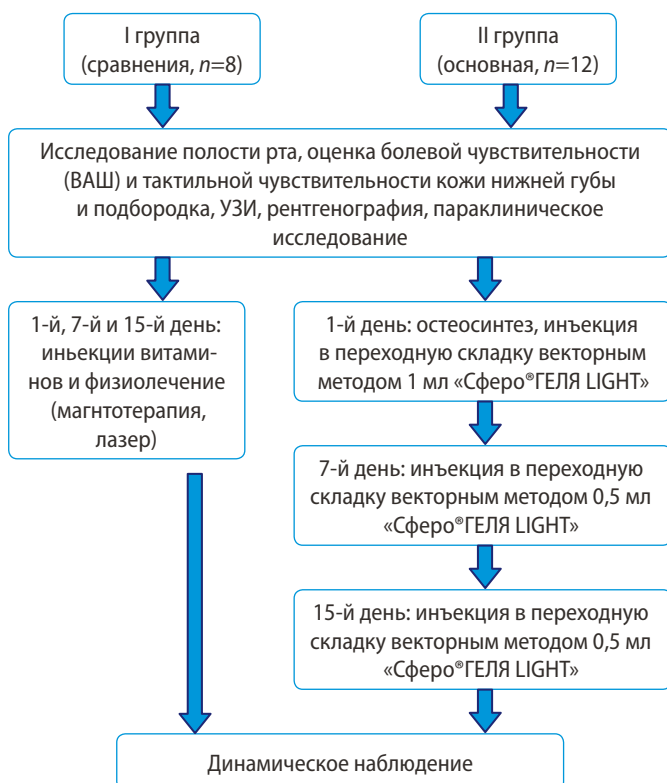


Рис. 3. Временные рамки и перечень обследований, производимых пациентам в обязательном порядке
Fig. 3. Time frames and list of examinations performed on patients on a mandatory basis

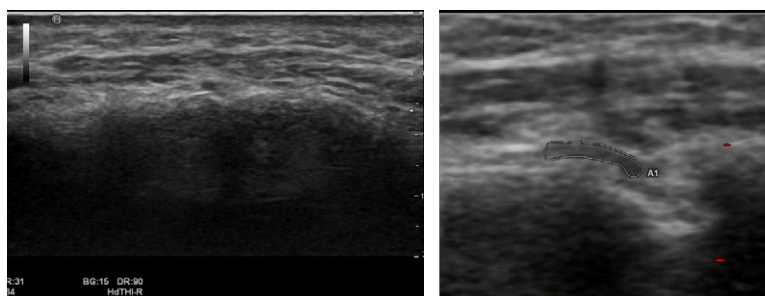


Рис. 2. Ультразвуковое исследование мягких тканей в области подбородочного отверстия. Измерение площади поперечного сечения подбородочного нерва
Fig. 2. Ultrasound examination of soft tissues in the area of the mental foramen. Measurement of the cross-sectional area of the mental nerve (in mm²)

о равенстве нулю регрессионного коэффициента при факторе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Различий в возрасте пациентов в группах не было: $36,5 \pm 10,5$ года в I группе и $37,3 \pm 6,4$ года во II группе. Различий в половом составе также не выявлено: в обеих группах преобладали мужчины — $\frac{3}{4}$ и $\frac{5}{6}$ количества участников I и II группы соответственно. Перелом нижней челюсти с неполным разрывом сосудисто-нервного пучка в I группе был у 5 пациентов, во II группе — у 1 пациента, что значительно различалось ($p=0,01$).

Все пациенты отмечали жалобы на онемение в зубах нижней челюсти, нижней губе и в области подбородка. При неврологическом осмотре нарушения чувствительности в виде гипестезии болевой и тактильной чувствительности различной площади и выраженности определялись в области кожи нижней челюсти, нижней губы, подбородка. Не отмечалось наличие триггерных точек в области челюстей. Средняя интенсивность болевого синдрома в состоянии покоя при поступлении в стационар равнялась $7,5 \pm 1,3$ балла в I группе и $7,75 \pm 1,05$ балла во II группе ($p=0,801$).

Зависимость интенсивности боли от провоцирующих факторов исследовалась последовательно в 1-й, 7-й и 15-й день пребывания в стационаре. На 1-е сутки после остеосинтеза и проводимого лечения при оценке уровня интенсивности боли в нижней челюсти, затрудняющей разговор, прием пищи, при повороте головы и тела, при проведении индивидуальной гигиены в двух клинических группах превалирует сильная интенсивность боли, различий в интенсивности боли в группах не выявлено (табл 1.).

На 7-е сутки после лечения уровень интенсивности орофациальной боли в нижней челюсти, затрудняющей разговор, прием пищи, при повороте головы и тела, при проведении индивидуальной гигиены значительно снизился в обеих группах ($p<0,05$). При этом на фоне водимого биоимплантата интенсивность боли соответствует умеренной, по сравнению с группой со стандартным лечением ($p<0,05$).

Интенсивности боли на 15-е сутки после введения биоимпланта соответствует критерию слабой боли, в группе со стандартным лечением интенсивность боли сохраняется на уровне умеренной боли.

Таблица 1. Средние показатели интенсивности орофациальной боли у больных с переломом нижней челюсти по визуально-аналоговой шкале, баллы

Жалобы	I группа со стандартным лечением (n=8)					II группа с введением биоимплантата (n=12)					p_1	p_7	p_{15}
	1-е сутки	7-е сутки	p_7	15-е сутки	p_{15}	1-е сутки	7-е сутки	p_7	15-е сутки	p_{15}			
Боль в нижней челюсти, затрудняющая разговор, прием пищи	7,75±1,17	6,13±0,86	0,110	3,50±0,48	0,004*	7,87±1,71	4,00±0,61	0,021*	1,92±0,68	<0,001*	0,813	0,014*	0,005*
Боль при повороте головы и тела	7,12±1,33	4,38±0,81	0,012*	3,0±0,32	0,001*	7,63±0,50	3,84±0,91	0,009*	1,86±0,74	<0,001*	0,762	0,205	0,009*
Боль при проведении индивидуальной гигиены	7,63±1,43	5,25±0,85	0,043*	3,25±0,58	0,003*	7,75±0,95	4,16±1,23	0,011*	2,16±1,04	<0,001*	0,792	0,024*	0,034*
В среднем	7,50±1,31	5,13±0,83	0,041*	3,25±0,46	0,004*	7,75±1,05	4,00±0,95	0,010*	1,98±0,82	<0,001*	0,801	0,048*	0,008*

Примечание. Статистическая достоверность значимости различий: p_1 — между группами на 1-е сутки, p_7 — между показателями на 1-е и 7-е сутки, p_{15} — между показателями на 1-е и 15-е сутки, * — $p < 0,05$.

Таким образом, все пациенты отмечали постепенное восстановление чувствительности как внутри рта, так и кожи нижней трети лица, однако во II группе отмечался выраженный характер восстановления чувствительности согласно данным шкалы ВАШ.

Для измерения эффекта от введения «Сферо®ГЕЛЯ» на интенсивность боли, не подвергнувшегося смещению за счет влияния разницы в отборах групп или естественному уменьшению болевого синдрома со временем были построены две DiD-модели для сравнения уровня боли в 1-й и в 15-й день, и в 1-й и 7-й день после лечения. Результаты моделирования в виде эффектов влияния (коэффициентов регрессии DiD), их доверительные интервалы с надежностью 95% и достоверность значимости (p) отклонения нулевой гипотезы об их равенстве нулю представлены в табл. 2.

Результаты моделирования показали, что на изменение интенсивности боли в динамике не оказывает влияния случай полного разрыва СНП и отбор пациентов в группы. При этом время, прошедшее после лечения, значимо влияет на интенсивность боли, снижая ее к 7-му дню в среднем на 2,38 балла, а к 15-му дню — в среднем на 4,25 балла ($p < 0,001$). Применение «Сферо®ГЕЛЯ» оказалось значимо снижающим интенсивность боли независимо от влияния других факторов: на 1,38 балла к 7-му дню после операции и на 1,67 балла к 15-му дню ($p < 0,05$). Наглядно эффект влияния введения «Сферо®ГЕЛЯ» представлен на рис. 4: видно,

Table 1. Average orofacial pain intensity in patients with mandibular fractures using the visual analogue scale

что у пациентов II группы интенсивность боли к 7-му и 15-му дню снизилась резче, чем у пациентов группы сравнения.

Восстановление чувствительности кожи подбородка и нижней губы происходило быстрее и в большей степени у пациентов II группы, получавших лечение с применением «Сферо®ГЕЛЯ», по сравнению с пациентами, получавшими стандартную терапию (I группа).

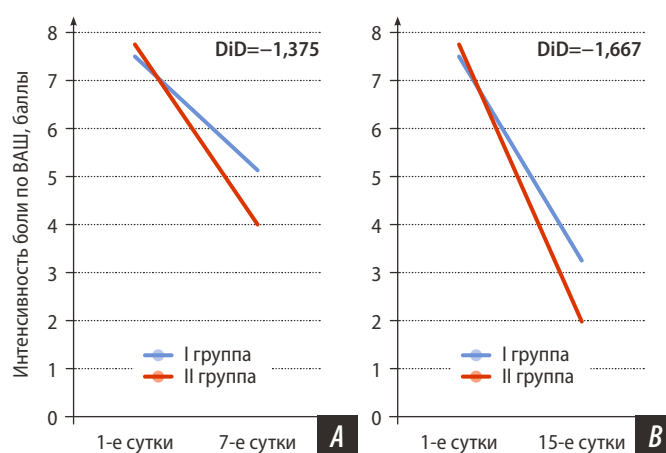


Рис. 4. Влияние применения «Сферо®ГЕЛЯ» на изменение среднего значения интенсивности боли: А — на 7-е сутки после операции, В — на 15-е сутки после операции

Fig. 4. The effect of the use of "Sphero®GEL" on the change in the average value of pain intensity: A — on the 7th day after surgery, B — on the 15th day after surgery

Таблица 2. Влияние факторов на интенсивность боли через 7 и 15 дней после операции по результатам DiD-моделирования, баллы

Фактор	7-й день			15-й день		
	Эффект	95% ДИ	p	Эффект	95% ДИ	p
Функционал восстановлен (α)	7,69	7,20; 8,09	<0,001**	7,64	7,17; 8,01	<0,001**
Принадлежность к группе (Gr)	0,81	0,16; 1,46	0,220	0,63	0,02; 1,23	0,311
Срок измерения интенсивности боли ($Period$)	-2,38	-2,90; -1,86	<0,001**	-4,25	-4,73; -3,77	<0,001**
Полный разрыв сосудисто-нервного пучка (FT)	-0,75	-1,35; -0,16	0,217	-0,50	-1,06; 0,06	0,376
Применение «Сферо®ГЕЛЯ» (δ)	-1,38	-2,05; -0,71	0,047*	-1,67	-2,29; -1,05	0,011*

Примечание. Эффект значимо отличается от нуля: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,001$.

Table 2. the effect of various factors on pain intensity on day 7 and day 15 after surgery based on difference-in-differences (DiD) modeling, scores

Уже на 7-й день после начала лечения в основной группе отмечалось уменьшение зон парестезии и увеличение восприятия тактильного раздражения. К 15-му дню границы зоны снижения чувствительности значительно сокращались у всех пациентов II группы, в то время как у пациентов I группы динамика была менее выраженной. В среднем уменьшение площади гипестезии в основной группе составило 62,5% к 15-му дню против 37,1% в группе сравнения ($p<0,001$), что соответствовало уменьшению в среднем с 5,0 до 1,2 см² к 15-у дню во II группе против снижения с 5,2 до 3,3 см² в I группе ($p<0,001$). На 7-й день у пациентов II группы отмечалось существенное уменьшение зоны онемения до 2,3 см², что свидетельствовало о более выраженном восстановлении тактильной и болевой чувствительности.

При помощи ультразвукового исследования были изучены показатели площади поперечного сечения подбородочного нерва в динамике: сразу при поступлении в отделение, через 7 и 15 дней госпитализации. Анализ полученных данных демонстрирует статистически значимое преимущество применения «Сферо®ГЕЛЯ» в процессе восстановления тканей ($p<0,05$). На 7-е сутки во II группе площадь поперечного сечения визуализации нервной ткани составила 3,6 мм², тогда как в группе сравнения этот показатель составлял 4,8 мм² ($p=0,054$). К 15-му дню во II группе площадь повреждения снизилась до 1,2 мм², что также значительно отличалось от средних 2,5 мм² в группе сравнения ($p<0,05$; табл. 3).

Таблица 3. Площадь поперечного сечения подбородочного нерва, мм²

Table 3. Estimated cross-sectional area of the mental nerve, mm²

	1-е сутки	7-е сутки	15-е сутки
I группа со стандартным лечением (n=8)	6,6±0,4	4,8±0,3*	2,5±0,3*
II группа с введением биоимплантата (n=12)	6,4±0,5	3,6±0,4*	1,2±0,2*
<i>p</i>	0,845	0,054	0,045**

Примечание. Статистическая достоверность значимости различий: * — $p<0,001$; ** — $p<0,05$.

Большинство пациентов основной группы отмечали полное исчезновение или значительное ослабление симптомов парестезии и восстановление болевой чувствительности, тогда как в группе сравнения у части больных сохранялись симптомы онемения. Нами не выявлено местных или системных нежелательных явлений, связанных с введением «Сферо®ГЕЛЯ» за весь период исследования. Все пациенты переносили лечение удовлетворительно, без осложнений, связанных с инфицированием или аллергическими реакциями.



Рис. 5. КТ костей черепа при поступлении
Fig. 5. CT of the skull bones on admission

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациент С., 67 лет, обратился в приемный покой Республиканской клинической больницы Абакана, после осмотра дежурным челюстно-лицевым хирургом госпитализирован в отделение челюстно-лицевой и пластической хирургии.

Со слов пациента травма получена 29.12.2024 после случайного удара в область нижней челюсти. Сознание не терял. Тошноты или рвоты не было. Находился в оториноларингологическом отделении ММБ г. Минусинска с 30.12.2024 по 03.01.2025, лечение не проводилось. Ввиду отсутствия стоматолога-хирурга и челюстно-лицевого хирурга в Минусинской больнице 03.01.2025 самостоятельно обратился в приемный покой РКБ Абакана.

После осмотра дежурным челюстно-лицевым хирургом и КТ лицевого скелета госпитализирован по экстренным показаниям.

При внешнем осмотре выявлено нарушение конфигурации лица за счет отека в щечной области справа. Кожные покровы синюшного цвета, не напряжены. Симптом нагрузки на нижнюю челюсть справа. Пальпаторно из-за выраженного отека костные ступеньки не определяются. Гипестезия болевой и тактильной чувствительности щечной области, нижней губы справа. Открывание рта несколько щадит из-за болезненности. Интенсивность боли по ВАШ в состоянии покоя соответствует 7,7 балла. В полости рта вторичная частичная адентия верхней челюсти, компенсированная мостовидными протезами, на нижней челюсти сохранены зубы 3.3, 3.4 и 3.5, разрыв слизистой в проекции отсутствующих зубов 4.4 и 4.5.

На КТ определяется косой перелом нижней челюсти справа в области отсутствующих зубов 4.3 и 4.4 с небольшим смещением, прилежащие мягкие ткани утолщены за счет отека. Височно-нижнечелюстные суставы конгруэнтны, суставные щели не сужены. Головки нижней челюсти с ровными четкими контурами, структура обычная (рис. 5). На ультразвуковом доплеровском исследовании измерено поперечное сечение подбородочного нерва: 6 мм² на поврежденной и 1 мм² на здоровой стороне (рис. 6).

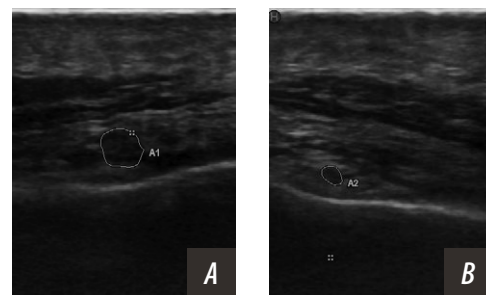


Рис. 6. Ультразвуковое доплеровское исследование мягких тканей подбородочных областей. Измерение поперечного сечения подбородочного нерва: А — на поврежденной стороне (6 мм²); В — на здоровой стороне (1 мм²)
Fig. 6. Ultrasound Doppler examination of the soft tissues of the mental regions. Measurement of the cross-sectional area of the mental nerve: A — on the damaged side (6 mm²); B — on the healthy side (1 mm²)

Предварительный диагноз: перелом нижней челюсти по телу справа со смещением отломков, частичная вторичная адентия верхней и нижней челюсти.

Под эндотрахеальным наркозом в асептических условиях выполнен разрез длиной 5 см в подчелюстной области справа параллельно краю нижней челюсти и отступив от него на 2 см. Послойно рассечены мягкие ткани: кожа, подкожная жировая клетчатка, платизма. Поочередно выделены и лигированы лицевые артерия и вена, рассечена челюстно-подъязычная мышца. После обнажения тела нижней челюсти определяется перелом

в области подбородочного отверстия с полным разрывом нижнечелюстного нерва со смещением костных отломков (рис. 7А) Отломки репонированы в правильное положение (рис. 7В) под контролем прикуса и фиксированы титановой пластиной. Рана ушита послойно и дренирована перчаточным выпускником.

Послеоперационный диагноз: перелом нижней челюсти по телу справа со смещением отломков, полный разрыв нижнечелюстного нерва справа, частичная вторичная адентия верхней и нижней челюсти.

Пациенту был назначен челюстной стол и проведена медикаментозная терапия: «Цефтриаксон» 2 г 1 р/д в/в, 7 дней; «Кеторол» 1мл 2 р/д по потребности, 3 дня; 12,5% «Этамзилат» 2 мл 4 р/д в/м, 5 дней. На 3-и сутки было назначено физиотерапевтическое лечение — воздействие электрическим полем ультравысокой частоты на послеоперационную область мощностью 20–30 Вт по 10 минут, 7 ежедневных процедур. Через сутки после операции в проекции подбородочного отверстия справа проведена инъекция 1 мл «Сферо®ГЕЛЯ» согласно рекомендации производителя. Далее, на 7-е и 15-е сутки вводили еще по 0,5 мл препарата.

На контрольной КТ смещение устранено, стояние отломков удовлетворительное.

В 1-е сутки после операции ввиду частичной вторичной адентии верхней и нижней челюстей пациенту наложена теменно-подбородочная повязка из эластичного бинта. Динамика изменения интенсивности уровня боли имеет тенденцию к изменению от сильной (9 баллов по ВАШ) в день госпитализации до умеренной (4 балла) на 15-е сутки (рис. 8).

Швы сняты на 8-е сутки после операции. Пациент выписан на 11-е сутки для дальнейшего амбулаторного долечивания.

ОБСУЖДЕНИЕ

Травма является наиболее распространенной причиной различных челюстно-лицевых повреждений, в том числе костей скелета, зубов и мягких тканей [13–15].

В исследовании Р.В. Кämmerer и соавт. (2024) приведены критерии диагностического процесса касаемого клиническим наблюдениям за категорией пациентов с травматическими повреждениями нижнего альвеолярного нерва. Травматические повреждения часто приводят к гипо-/анестезии и проявлением невропатической боли, оказывая психологическое и социальное воздействие на данную категорию пациентов. Диагностика включает тщательный сбор анамнеза, клинико-неврологическое обследование и рентгенографию. Степень тяжести клинического течения травматического повреждения нижнего альвеолярного нерва может варьировать, что позволяет проводить как консервативные, так и хирургические вмешательства. При наличии обратимых причин рекомендуется немедленное вмешательство, в то время как хирургические методы лечения, такие как декомпрессия, реадaptация или реконструкция, дают благоприятные результаты. Консервативное лечение, включающее местную анестезию, капсаицин и системные препараты (трициклические

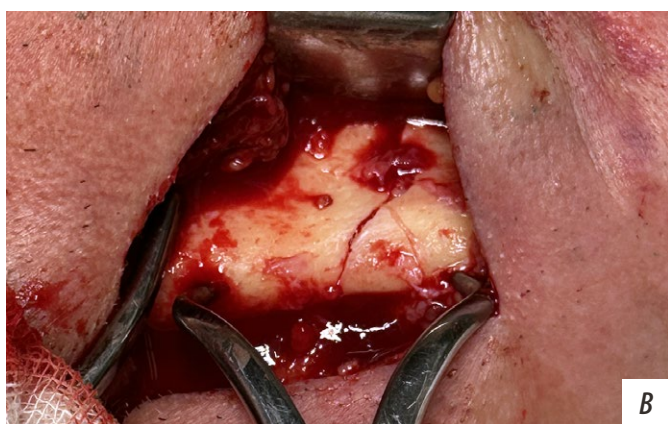


Рис. 7. Операционное поле: А — перелом тела нижней челюсти со смещением и полным разрывом нижнечелюстного нерва; В — отломки нижней челюсти репонированные в анатомическое положение
Fig. 7. Surgical field: A — fracture of the body of the mandible with displacement and complete rupture of the mandibular nerve; B — fragments of the lower jaw reduced to anatomical position



Рис. 8. Зона изменения чувствительности: А — на 7-е сутки перед первой инъекцией «Сферо®ГЕЛЯ», В — на 14-е сутки перед инъекцией «Сферо®ГЕЛЯ». Площадь 18 см² (указана красным), площадь 8 см² (указана синим)
Figure 8. Sensitivity change zone: A — on the 7th day before the first injection of «Sphero®GEL», B — on the 14th day before the injection of «Sphero®GEL». Area 18 cm² (indicated in red), area 8 cm² (indicated in blue)

антидепрессанты, нейролептики и ингибиторы обратного захвата серотонина и норадреналина), оказывается эффективным при невропатической боли [16], что всецело подтверждает алгоритм проводимого нами исследования и методы выбора лечения.

Поданным Т.У. Хан и соавт. (2022), частота повреждений нерва была тесно связана с переломом нижней челюсти [17]. С другой стороны, разрыв нижнечелюстного канала может способствовать более частому возникновению парестезии у пациентов с послеоперационным переломом нижней челюсти [18, 19]. Считается, что прямое повреждение подбородочного нерва может привести к необратимым изменениям и более серьезным послеоперационным клиническим симптомам, чем непрямые повреждения, вызванные разрывом СНП или фиксацией эндооссального имплантата [20].

Травмы в области нижней челюсти также могут привести к нарушению сенсорного восприятия в пораженных областях лица, полностью разрывают нервные волокна, что приводит к значительному нарушению чувствительности в пораженных областях [21], что подтверждает полученные нами данные методом клинического наблюдения.

Пациенты с клиническими симптомами перелома нижней челюсти с полным разрывом сосудисто-нервного пучка зачастую испытывают не только первичный сенсорный дефицит, такой как анестезия, гипестезия или парестезии, но и невропатическую боль, характеризующуюся дизестезией, аллодинией или гипералгезией. Невропатическая боль, определяемая как боль, возникающая в результате повреждения соматосенсорной системы, придает сложный характер клиническим проявлениям повреждений нервов [22].

В дополнение к положительным сенсорным симптомам, дефицит чувствительности, связанный с полным разрывом нижнего альвеолярного нерва, может привести к функциональным нарушениям, включая неконтролируемое слюноотделение, прикусывание губ и трудности с речью. Кроме того, повреждение нижнеальвеолярного нерва может быть связано с дополнительными осложнениями, такими как потеря вкуса, прикусывание языка, трудности с артикуляцией и проблемы с контролем пищи во время приема пищи [23], что подтверждает данные нашего исследования.

Диаметр подбородочного нерва по данным А.Б. Шехтера и А.В. Кузина (2012) в среднем составляет 1 мм [24], что всецело согласуется с данными полученными как российскими [25–27], так и зарубежными исследователями [28, 29] и всецело согласуется с нашими данными.

Тем не менее в литературе отсутствуют сведения предельных форм отека подбородочного нерва, поэтому полученные нами данные реабилитации к 15-му дню наблюдений поперечного сечения подбородочного нерва $1,2 \pm 0,2$ мм могут считаться коррелирующими с литературными данными, которые отражают норму.

Согласно данным нашего исследования у пациентов на 7-е сутки в основной группе отмечено значительное уменьшение зоны онемения и гипестезии (до $2,3 \text{ см}^2$), что свидетельствовало о восстановлении как тактильной, так и болевой чувствительности у большинства

пациентов. К 15-му дню площадь нарушенной чувствительности снизилась в среднем на $62,5\%$ (с $5,0$ до $1,2 \text{ см}^2$), тогда как в группе сравнения этот показатель составил лишь $37,1\%$ (с $5,2$ до $3,3 \text{ см}^2$; $p < 0,001$). Существенная разница в темпах регенерации свидетельствует о целенаправленном действии биоимплантата на процессы репарации нервных окончаний и окружающих тканей.

Наши данные согласуются с результатами предыдущих клинических и экспериментальных работ, где сообщается о регенеративных возможностях гидрогелевых имплантатов и их способности стимулировать восстановление периферических нервов [1, 30]. Полученный статистически значимый эффект восстановления чувствительности через 15 дней позволяет рассматривать «Сферо®ГЕЛЬ» как предпочтительный компонент комплексной терапии пациентов с аналогичной патологией.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о высокой эффективности использования «Сферо®ГЕЛЯ» в раннем восстановлении чувствительности кожи подбородка и нижней губы после повреждения. Динамика сокращения зоны гипестезии у пациентов, получавших данное лечение, была более выраженной по сравнению с группой стандартной терапии, что подтверждается как объективными измерениями площади измененной чувствительности, так и субъективной оценкой выраженности парестезий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение «Сферо®ГЕЛЯ» может рассматриваться в качестве эффективного и безопасного метода ускорения восстановительных процессов после повреждений мягких тканей и периферических нервов, в частности, при переломах нижней челюсти путем векторного введения вблизи области повреждения.

Данные ультразвукового исследования в режиме спектральной доплерографии показали уменьшение отека периферических ветвей подбородочного нерва до нормальных пределов.

В среднем уменьшение площади гиперестезии на фоне введения «Сферо®ГЕЛЯ» составило $62,5\%$ к 15-му дню против $37,1\%$ в группе лиц получавших стандартную терапию ($p < 0,001$), что соответствовало уменьшению с площади гиперестезии соответственно с $5,0$ до $1,2 \text{ см}^2$ и с $5,2$ до $3,3 \text{ см}^2$ ($p < 0,001$).

Таким образом, полученные нами данные помогут практикующим врачам, занимающимся диагностикой и лечением пациентов с переломом нижней челюсти с полным разрывом сосудисто-нервного пучка. Проведение таких исследований является критерием разработки и внедрения практических рекомендаций, основанных на фактических данных, которые помогут усовершенствовать протоколы диагностики и внедрить их в клиническую практику, повысить общее качество медицинской помощи, оказываемой данной категории пациентов.

Поступила/Received: 29.09.2025

Принята в печать/Accepted: 29.11.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Малых М.С., Садовский В.В., Меллин Р.В., Романов П.В., Кутин Е.С., Дарауше Х.М.С., Васильев Ю.Л. Клиническая эффективность использования композиции гетерогенного коллагенсодержащего геля при повреждении сосудисто-нервного пучка разной степени в клинике челюстно-лицевой травмы. Часть 1. Оценка восстановления болевой и тактильной чувствительности. — *Клиническая стоматология*. — 2025; 2: 88—94 [Malykh M.S., Sadovskij V.V., Mellin R.V., Romanov P.V., Kutin E.S., Darawsheh H.M.S., Vasil'Ev Yu.L. Clinical efficacy of using a heterogeneous collagen-containing gel composition for rupture of the vascular-nerve bundle of varying degrees in the clinic of maxillofacial trauma. Part 1. Evaluation of restoration of pain and tactile sensitivity. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2025; 2: 88—94 (In Russian)]. [eLibrary ID: 82672680](#)
2. Kushnerev E., Yates J.M. Evidence-based outcomes following inferior alveolar and lingual nerve injury and repair: a systematic review. — *J Oral Rehabil.* — 2015; 42 (10): 786—802. [PMID: 26059454](#)
3. Чжан Ш., Петрук П.С., Медведев Ю.А. Переломы нижней челюсти в области тела и угла: структура, эпидемиология, принципы диагностики. Часть I. — *Российский стоматологический журнал*. — 2017; 2: 100—103. [Chzhan Sh., Petruk P.S., Medvedev Yu.A. Fractures of the mandible at the body and angle region: patterns, epidemiology, diagnostic principles. Part I. — *Russian Journal of Dentistry*. — 2017; 2: 100—103 (In Russian)]. [eLibrary ID: 29115823](#)
4. Васильев Е.А., Иванов С.Ю., Терещук С.В., Сухарев В.А. Повреждение нижнего альвеолярного нерва и методы восстановления чувствительности нижней губы в зоне его иннервации: обзор литературы. — *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. — 2025; 3: 91—99. [Vasiliev E.A., Ivanov S.Yu., Tereshchuk S.V., Sukharev V.A. Inferior alveolar nerve injury and sensory rehabilitation of the lower lip. — *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. — 2025; 3: 91—99 (In Russian)]. [eLibrary ID: 82970257](#)
5. Shibahara T., Noma H., Takasaki Y., Nomura T. Repair of the inferior alveolar nerve with a forearm cutaneous nerve graft after ablative surgery of the mandible. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2000; 58 (7): 714—7; discussion 717—8. [PMID: 10883685](#)
6. Ayache A., Langer M.F., Cavalcanti Kußmaul A., Unglaub F. [Microsurgical nerve repair]. — *Oper Orthop Traumatol.* — 2024; 36 (6): 343—353 (In German). [PMID: 39556212](#)
7. Lee J.M., Chung J.W., Jeong N.Y., Jung J., Kim S.S., Jeong S.J., Yeo S.G. Effect of forward and reverse suturing on nerve regeneration following facial nerve axotomy. — *Biomedicine*. — 2024; 12 (11): 2531. [PMID: 39595096](#)
8. Kulkarni V., Sahoo N.K., Roy I.D., Ghosh S. Neurosensory evaluation of inferior alveolar nerve following mandibular fracture fixation using modified Zuniga and ESSICK'S protocol. — *Advances in Oral and Maxillofacial Surgery*. — 2021; 4: 100171. [DOI: 10.1016/j.adoms.2021.100171](#)
9. Sun Z., et al. Recent advance in bioactive hydrogels for repairing spinal cord injury: material design, biofunctional regulation, and applications. — *J Nanobiotechnology*. — 2023; 21 (1): 238. [PMID: 37488557](#)
10. Nazerian Y., Nazerian A., Mohamadi-Jahani F., Sodeifi P., Jafarian M., Javadi S.A.H. Hydrogel-encapsulated extracellular vesicles for the regeneration of spinal cord injury. — *Front Neurosci.* — 2023; 17: 1309172. [PMID: 38156267](#)
11. Song P., Han T., Wu Z., Fang H., Liu Y., Ying W., Wang X., Shen C. Transplantation of neural stem cells loaded in an IGF-1 bioactive supramolecular nanofiber hydrogel for the effective treatment of spinal cord injury. — *Adv Sci (Weinh)*. — 2024; 11 (17): e2306577. [PMID: 38441409](#)
12. Petrocchi M., Ruggiero F., Feraboli L., Allegri D., Cutrupi S., Baietti AM, Salzano G, Prucher G, Maremonti P, Vaira LA. The evolution of the epidemiology of facial fractures before, during and after the covid-19 pandemic. — *Maxillofac Oral Surg.* — 2025 Feb; 24 (1): 130—136. [PMID: 32584284](#)
13. Alharbi F.A., Makrami A.M., Ali F.M., Maghdi A.A. Patterns and etiology of maxillofacial fractures: A 5-year retrospective study. — *J Contemp Dent Pract.* — 2020; 21 (4): 445—452. [PMID: 39902422](#)
14. Zamboni R.A., et al. Epidemiological study of facial fractures at the Oral and Maxillofacial Surgery Service, Santa Casa de Misericórdia Hospital Complex, Porto Alegre — RS — Brazil. — *Rev Col Bras Cir.* — 2017; 44 (5): 491—497. [PMID: 29019579](#)
15. Bonavolontà P., et al. The epidemiological analysis of maxillofacial fractures in Italy: The experience of a single tertiary center with 1720 patients. — *J Craniomaxillofac Surg.* — 2017; 45 (8): 1319—1326. [PMID: 28606439](#)
16. Kämmerer P.W., Heimes D., Hartmann A., Kesting M., Khoury F., Schiegnitz E., Thiem D.G.E., Wiltfang J., Al-Nawas B., Kämmerer W. Clinical insights into traumatic injury of the inferior alveolar and lingual nerves: a comprehensive approach from diagnosis to therapeutic interventions. — *Clin Oral Investig.* — 2024; 28 (4): 216. [PMID: 38488908](#)
17. Khan T.U., et al. Etiology and pattern of maxillofacial trauma. — *PLoS One*. — 2022; 17 (9): e0275515. [PMID: 36174089](#)
18. Sahoo N.K., Vashisht S., Vaswani H., Pandey S. Relation of mandibular canal discontinuity and IAN paresthesia in operated cases of mandibular fracture. — *J Craniofac Surg.* — 2024; 35 (7): e603-e605. [PMID: 38710041](#)
19. Soliman L., King V., Yeoh M.S., Woo A.S. Update on ladder plates for mandibular angle fractures. — *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2023; 31 (4): 209—214. [PMID: 36977126](#)
20. Chhikara D., Singh V., Bhagol A., Dahiya A. Mental nerve shielding from possible injury during mandibular surgical procedures: technical note. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2023; 52 (10): 1071—1073. [PMID: 36621345](#)
21. Korczeniewska O.A., Kohli D., Benoliel R., Baddireddy S.M., Eliav E. Pathophysiology of post-traumatic trigeminal neuropathic pain. — *Biomolecules*. — 2022; 12 (12): 1753. [PMID: 36551181](#)
22. Finnerup N.B., et al. Neuropathic pain: an updated grading system for research and clinical practice. — *Pain*. — 2016; 157 (8): 1599—1606. [PMID: 27115670](#)
23. Ramadorai A., Tay A.B.G., Vasanthakumar G., Lye W.K. Nerve injury after surgical excision of mandibular third molars under local anesthesia: An audit. — *J Maxillofac Oral Surg.* — 2019; 18 (2): 307—313. [PMID: 30996556](#)
24. Шехтер А.Б., Кузин А.В. Анатомо-топографическое и рентгенологическое обоснование дополнительного пути иннервации фронтальных зубов нижней челюсти. — *Институт стоматологии*. — 2012; 1 (54): 114—117. [Schechter A.B., Kuzin A.V. Anatomic-topographical and radiography study of additional innervation ways of anterior mandible teeth. — *The Dental Institute*. — 2012; 1 (54): 114—117 (In Russian)]. [eLibrary ID: 17994831](#)

25. Кудрявцева Ю.С., Седов Ю.Г. Анализ распространенности внутрикостной подбородочной ветви нижнеальвеолярного сосудисто-нервного пучка по данным КЛКТ. — *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. — 2015; 2: 31—32. [Kudryavtseva J.S., Sedov Y.G. Frequency analysis of incisive loop detection according to CBCT. — *Health and Education Millennium*. — 2015; 2: 31—32 (In Russian)]. [eLibrary ID: 23239243](#)
26. Рабинович С.А., Васильев Ю.Л., Кузин А.Н. Анатомическое обоснование клинической эффективности проводниковой анестезии внутрикостной части подбородочного нерва. — *Стоматология*. — 2018; 2: 41—43. [Rabinovich S.A., Vasil'ev Yu.L., Kuzin A.N. Anatomic rationale for clinical efficacy of intraosseous mental nerve anesthesia. — *Stomatology*. — 2018; 2: 41—43 (In Russian)]. [eLibrary ID: 34956501](#)
27. Сирак С.В., Копылова И.А. Анатомия и топография нижнечелюстного канала. — *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. — 2010; 2: 126—127. [Sirak S.V., Kopilova I.A. Anatomy and topography of the low jaw canal. — *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. — 2010; 2: 126—127 (In Russian)]
28. Asghar A., Priya A., Ravi K.S., Iwanaga J., Tubbs R.S., Naaz S., Panchal P. An evaluation of mandibular canal variations: a systematic review and meta-analysis. — *Anat Sci Int*. — 2023; 98 (2): 176—184. [PMID: 36038792](#)
29. Toure G. Mental nerves in the lower lip: Anatomical basis for the recovery of sensation following inferior alveolar nerve damage. — *Plast Reconstr Surg*. — 2023; 152 (2): 413—420. [PMID: 36727775](#)
30. Севастьянов В.И., Перова Н.В., Басок Ю.Б., Немец Е.А. Биомиметики внеклеточного матрикса в тканевой инженерии и регенеративной медицине для травматологии и ортопедии. — *Opinion Leader*. — 2020; 6 (35): 36—46. [Sevastianov V.I., Perova N.V., Basok Yu.B., Nemets E.A. Biomimetics of extracellular matrix in tissue engineering and regenerative medicine for traumatology and orthopedics. — *Opinion Leader*. — 2020; 6 (35): 36—46 (In Russian)]. [eLibrary ID: 44084998](#)