

© Team of authors, 2025 / © Коллектив авторов, 2025

3.1.2. Maxillofacial surgery, 3.1.25. Radiation diagnostics / 3.1.2. Челюстно-лицевая хирургия, 3.1.25. Лучевая диагностика

Digital protocol application in the treatment of mandibular fractures

Z.E. Gorodkov^{1,2}, A.I. Pytkov^{1,2}, P.I. Golavskii³

¹Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kemerovo, Russia

²Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev, Kemerovo, Russia

³Astana Medical University, Astana, Republic of Kazakhstan

Contacts: Zhan Evgenievich Gorodkov – e-mail: zhan-gorodkov@yandex.ru

Применение цифрового протокола при лечении переломов нижней челюсти

Ж.Е. Городков^{1,2}, А.И. Пылков^{1,2}, П.И. Головский³

¹ФГБОУ ВО Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Кемерово, Россия

²ГБУЗ «Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева», Кемерово, Россия

³НАО Медицинский университет Астана, Астана, Республика Казахстан

Контакты: Городков Жан Евгеньевич – e-mail: zhan-gorodkov@yandex.ru

下颌骨骨折治疗中的数字化方案应用

Z.E. Gorodkov^{1,2}, A.I. Pytkov^{1,2}, P.I. Golavskii³

¹俄罗斯联邦卫生部克麦罗沃国立医科大学, 克麦罗沃, 俄罗斯

²以S.V. Belyaev命名的库兹巴斯州临床医院, 克麦罗沃, 俄罗斯

³阿斯塔纳医科大学, 阿斯塔纳, 哈萨克斯坦共和国

联系方式: Zhan Evgenievich Gorodkov – 邮箱: zhan-gorodkov@yandex.ru

Objective: To evaluate the effectiveness of a digital osteosynthesis protocol using patient-specific surgical guides in the treatment of mandibular fractures.

Material and Methods. This prospective cohort study included 275 patients with unilateral linear mandibular fractures involving displacement at the level of the mandibular canal. All patients underwent treatment at the Department of Maxillofacial Surgery of the S.V. Belyaev Clinical Hospital (GAUZ “KOKB”) between 2020 and 2024. Patients were divided into two groups: in Group I (n=142), osteosynthesis was performed using a conventional protocol, while in Group II (n=133), a digital protocol was applied. The digital approach involved preoperative 3D modeling, virtual repositioning of bone fragments, and the design of patient-specific surgical guides (PSSG), which were fabricated using 3D printing. Fixation was achieved with titanium plates placed on the bone surface. The incidence of the following complications was analyzed: mandibular canal injury, dental root and periodontal tissue damage, nonunion, and postoperative wound infection. Statistical analysis included descriptive statistics, comparison of complication rates between groups, calculation of relative risk (RR), and 95% confidence intervals (CIs).

Results. The use of the digital osteosynthesis protocol significantly reduced the risk of mandibular canal injury ($p<0.001$), with an RR of 8.74 (95% CI 3.90–19.61) in the conventional protocol group. A statistically significant reduction in the incidence of dental root and periodontal tissue damage was also observed in the digital protocol group, with an RR=5.62 (95% CI 1.28–24.64; $p=0.019$). No statistically significant differences were found between the groups in terms of nonunion ($p=0.828$) and postoperative infection rates ($p=1.000$).

Conclusion. The study demonstrated the high effectiveness of the digital osteosynthesis protocol using patient-specific surgical guides in the management of mandibular fractures. This approach significantly reduces the incidence of complications such as mandibular canal and dental root injury and improves surgical accuracy.

Keywords: mandibular fractures, osteosynthesis, digital protocol, patient-specific surgical guides, 3D modeling

Conflicts of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. The paper was done without sponsorship.

For citation: Gorodkov Z.E., Pytkov A.I., Golavskii P.I. Digital protocol application in the treatment of mandibular fractures. Head and neck. Russian Journal. 2025;13(3):35–42

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.35-42

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Цель исследования: оценка эффективности применения цифрового протокола остеосинтеза с использованием индивидуальных хирургических шаблонов у пациентов при лечении переломов нижней челюсти (НЧ).

Материал и методы. В проспективное когортное исследование были включены 275 пациентов с односторонними линейными переломами НЧ со смещением отломков на уровне канала НЧ (КНЧ), проходивших лечение в отделении челюстно-лицевой хирургии ГАУЗ «КОКБ им. С.В. Беляева» в 2020–2024 гг. Пациенты были распределены в 2 группы: в I группе (n=142) остеосинтез выполнялся по стандартному протоколу, во II (n=133) – с применением цифрового протокола, предусматривающего предоперационное 3D-моделирование, виртуальную репозицию фрагментов челюсти и проектирование индивидуальных хирургических шаблонов, которые изготавливались на 3D-принтере. Фиксация костных фрагментов осуществлялась с применением наkostных титановых пластин. В ходе наблюдения анализировалась частота следующих осложнений: повреждение КНЧ, повреждение корней зубов и тканей периодонта, несращение перелома и инфицирование послеоперационной раны. Статистический анализ включал описательную часть, сравнение частоты осложнений между группами, расчет относительного риска (ОР) и 95% доверительных интервалов (ДИ).

Результаты. Применение цифрового протокола остеосинтеза снижает риск повреждения КНЧ ($p < 0,001$). ОР данного осложнения в группе без цифрового планирования составил 8,74 (95% ДИ 3,90–19,61). Также выявлено статистически значимое снижение частоты повреждения корней зубов и тканей периодонта в группе с применением цифрового протокола (ОР=5,62, 95% ДИ 1,28–24,64; $p=0,019$). Различия в частоте несращения перелома ($p=0,828$) и инфицирования послеоперационной раны ($p=1,000$) между группами не достигли уровня статистической значимости.

Заключение. Исследование подтвердило высокую эффективность цифрового протокола остеосинтеза с использованием индивидуальных хирургических шаблонов при лечении переломов НЧ. Применение данного подхода позволяет значительно снизить частоту послеоперационных осложнений, связанных с повреждением корней зубов и нижнего альвеолярного нерва, а также повысить точность хирургического вмешательства.

Ключевые слова: переломы нижней челюсти, остеосинтез, цифровой протокол, индивидуальные хирургические шаблоны, 3D-моделирование

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Городков Ж.Е., Пылков А.И., Голавский П.И. Применение цифрового протокола при лечении переломов нижней челюсти. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2025;13(3):35–42

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.35-42

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

目的：评估在下颌骨骨折治疗中使用患者特异性手术导板的数字化骨接合方案的有效性。

材料与方法：本前瞻性队列研究纳入275例合并下牙槽管水平移位的单侧线性下颌骨骨折患者。所有患者于2020—2024年在S.V. Belyaev临床医院（FSAHI KRCH）颌面外科接受治疗。患者分为两组：I组（n=142）采用常规方案行骨接合，II组（n=133）采用数字化方案。数字化方法包括术前三维建模、骨折块虚拟复位以及患者特异性手术导板的设计，并通过3D打印制造。固定采用置于骨表面的钛板完成。分析的并发症包括：下牙槽管损伤、牙根与牙周组织损伤、不愈合及术后切口感染。统计学分析包括描述性统计、组间并发症发生率比较、相对危险度（RR）及其95%置信区间（CI）的计算。

结果：数字化骨接合方案的使用显著降低了下牙槽管损伤风险（ $p < 0.001$ ），常规方案组的RR为8.74（95% CI 3.90–19.61）。在数字化方案组同样观察到牙根与牙周组织损伤发生率的统计学显著下降，RR=5.62（95% CI 1.28–24.64; $p=0.019$ ）。两组在不愈合（ $p=0.828$ ）与术后感染率（ $p=1.000$ ）方面无统计学差异。

结论：本研究证明，采用患者特异性手术导板的数字化骨接合方案在下颌骨骨折处理中的高效性。该方法可显著降低下牙槽管与牙根损伤等并发症的发生，并提高手术精确性。关键词：下颌骨骨折，骨接合，数字化方案，患者特异性手术导板，三维建模。

关键词：肾细胞癌；头颈部肿瘤；颌骨肿瘤；鼻旁窦肿瘤；甲状腺肿瘤

利益冲突声明：作者声明不存在利益冲突。

资助声明：本研究由作者团队资助。

引用格式: Gorodkov Z.E., Pylkov A.I., Golavskii P.I. Digital protocol application in the treatment of mandibular fractures. Head and neck. Russian Journal. 2025;13(3):35–42

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.35-42

作者声明: 作者对所提供数据的原创性及插图 (表格、图片、患者照片) 的发表合法性负责。

Введение

Переломы нижней челюсти (НЧ) являются одной из наиболее распространенных травм в челюстно-лицевой области. Они составляют значительный процент от общего числа травматических повреждений лицевого скелета [1, 2]. Исследования показывают, что данная проблема затрагивает людей всех возрастных групп, но наибольшее число случаев зарегистрировано среди молодого населения в возрасте от 18 до 44 лет [3]. Это связано с высоким уровнем физической активности у данной возрастной группы [4, 5]. Временная нетрудоспособность, а также значительные материальные затраты на лечение и реабилитацию пациентов с повреждениями костей лицевого скелета делают эту проблему особенно актуальной в социально-экономическом плане [6–8].

Современные методы остеосинтеза, такие как использование титановых пластин, значительно повысили эффективность лечения и уменьшили время реабилитации. Важно отметить, что несмотря на успехи хирургического лечения риск осложнений остается достаточно высоким [9, 10]. Особого внимания заслуживают осложнения, связанные с некорректным положением на костных фиксаторов, при котором происходит повреждение винтами корней зубов и тканей периодонта, нижнего альвеолярного нерва, а также нестабильность фиксирующих элементов, приводящая к несращению перелома с последующим нарушением прикуса [11–14].

В сложившейся обстановке актуальность и настоятельную необходимость приобретают исследования в направлении усовершенствования протокола остеосинтеза НЧ, связанные с повышением точности позиционирования титановых мини-пластин у пациентов с переломами НЧ, и, как следствие, на снижение частоты послеоперационных осложнений.

В связи с этим был разработан цифровой протокол остеосинтеза НЧ с применением индивидуальных хирургических шаблонов (ИХШ). Оригинальность данного протокола подтверждена двумя патентами на изобретение и двумя патентами на полезную модель [15–18]. В данном исследовании представлены результаты применения остеосинтеза НЧ с использованием цифрового протокола.

Цель исследования. Оценить эффективность применения цифрового протокола остеосинтеза с использованием ИХШ у пациентов при лечении переломов НЧ.

Материал и методы

В настоящее проспективное когортное исследование были включены 275 пациентов на базе ГАУЗ «Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева» отделения челюстно-лицевой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии, находившихся на лечении в период 2020–2024 гг. с диагнозом МКБ-10: «S02.6 – переломы НЧ».

Критерии включения в исследование: односторонние линейные переломы НЧ со смещением на уровне канала НЧ (КНЧ), сохранение смещения костных фрагментов НЧ после ортопедических методов лечения. Критериями исключения являлись:

возраст пациента менее 18 лет, психические заболевания, беременность, хронические заболевания в стадии декомпенсации, отказ от участия в исследовании. Этическое одобрение для проведения исследования было получено от комитета ФГБОУ ВО Кемеровский государственный медицинский университет №332 от 25.02.2020.

Пациенты были распределены в 2 группы: в I группе (n=142) во время остеосинтеза выбор расположения фиксирующих титановых пластин и винтов осуществлял хирург во время операции по стандартному протоколу; во II группу (n=133) вошли пациенты, которым выполнялся цифровой протокол остеосинтеза с позиционированием фиксирующих элементов во время операции с помощью ИХШ, который спроектирован с учетом анатомических особенностей расположения внутрикостных структур пациента в предоперационном этапе. Накостное позиционирование пластин во всех группах происходило с учетом «идеальных» линий остеосинтеза Champy [19] и основных принципов остеосинтеза по AO/ASIF [20].

Всем пациентам в день поступления проводили физикальное обследование, комплексное клинико-лабораторное и рентгенологическое обследования, иммобилизацию костных фрагментов шинами Тигерштедта, ортодонтическими винтами или теменно-подбородочной пращей (в зависимости от целостности зубного ряда, характера и локализация перелома). Оперативное лечение проводили в объеме остеосинтеза с применением на костных титановых пластин производства ООО «КОНМЕТ» (Россия).

Пациентам II группы, где использовался цифровой протокол остеосинтеза, применение ИХШ выполняли по следующему алгоритму: перед оперативным вмешательством пациенту проводили мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ), полученные данные в формате DICOM загружали в программу InVesalius 3.1 (CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Бразилия), с помощью которой была получена объемная модель с расширением STL. Данная программа широко применяется в медицине в области диагностики и планирования [21–24].

Полученный файл цифровой трехмерной модели лицевого скелета импортировали в программу Autodesk Meshmixer (Autodesk Inc., США), которая используется для 3D моделирования в медицинской сфере, в т.ч. и челюстно-лицевой хирургии [25–29]. В программе проводили сегментирование и виртуальную репозицию фрагментов НЧ в области перелома в правильное положение. Корректность репозиции цифровых моделей фрагментов НЧ определяли по верхним (A1, A2) и нижним (B1, B2) точкам виртуальной линии перелома (рис. 1а, б) и КНЧ (рис. 1в).

После сопоставления указанных точек, восстановления контура КНЧ и отсутствия диастаза фрагментов модели НЧ проводили позиционирование виртуальных прототипов на костных пластин с учетом архитектоники НЧ и требования к стабильному остеосинтезу (рис. 1г). Далее проектировали ИХШ, который полностью повторял полученный рельеф НЧ с моделями пластин в области перелома, с формированием ложа для правильного позиционирования титановых пластин (рис. 1д). Указанные

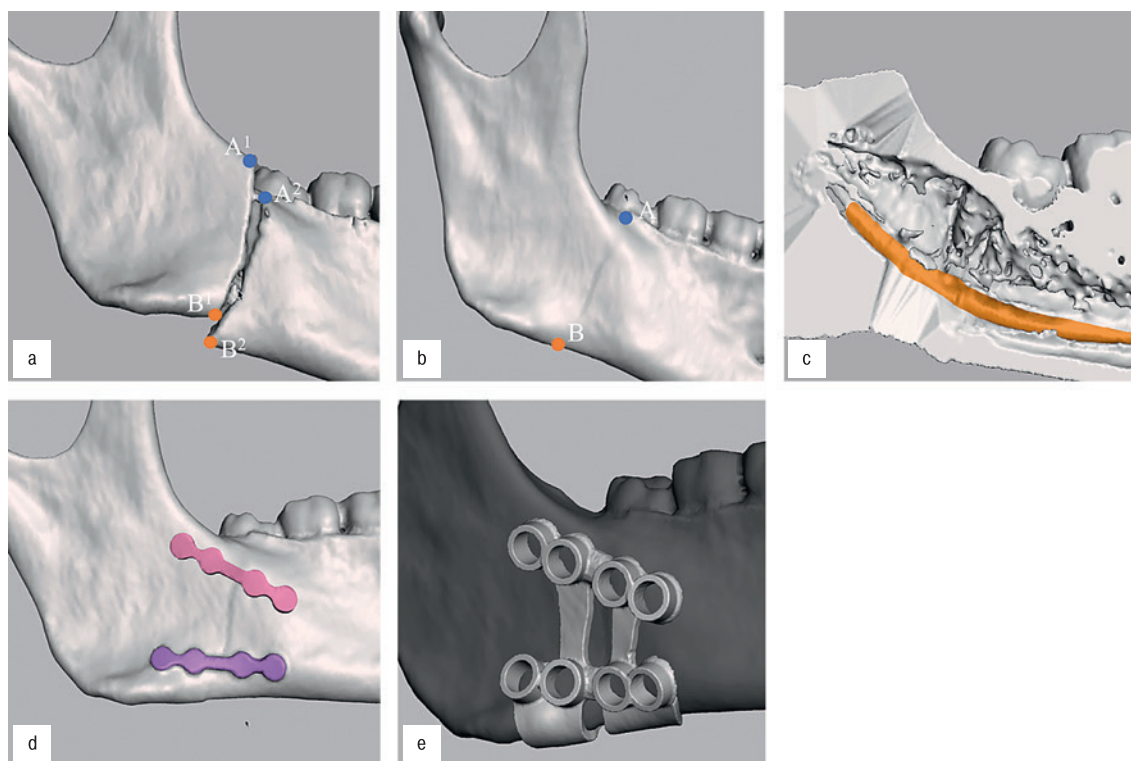


Рис. 1. Этапы виртуального планирования

а — модель нижней челюсти до репозиции: точки A1, A2, B1, B2 — ориентиры для сопоставления фрагментов нижней челюсти; б — модель нижней челюсти после репозиции: точки A1 и A2 сопоставлены в точку A, точки B1 и B2 сопоставлены в точку B; в — сопоставление канала нижней челюсти (канал выделен оранжевым цветом); г — выполнено позиционирование виртуальных моделей на костных фиксирующих элементов; д — ИХШ, спроектированный на виртуальной модели нижней челюсти.

Fig. 1. Stages of virtual planning

a — mandibular model before reduction: points A1, A2, B1, B2 are reference landmarks for mandibular fragment alignment; b — mandibular model after reduction: points A1 and A2 are aligned into point A, points B1 and B2 are aligned into point B; c — alignment of the mandibular canal (the canal is highlighted in orange); d — positioning of virtual models of bone fixation elements; e — PSSG designed on the virtual mandibular model.

этапы виртуальной репозиции фрагментов модели НЧ, а также проектирование ИХШ проводил хирург.

Данный шаблон имеет ряд конструктивных особенностей: толщина корпуса 1,5 мм; на участке расположения титановых пластин имеются отверстия с шахтами, которые задают вектор сверления и установки винтов, исключая риск повреждения сосудисто-нервного пучка и зубов НЧ при сверлении. В проекции линии перелома корпус имеет окно для визуализации линии перелома и точного позиционирования ИХШ в переднезаднем направлении относительно этой линии. В НЧ ИХШ в виде кламмера переходит на внутреннюю поверхность НЧ целью лучшей фиксации; также в области нижнего края имеется отверстие (используется при доступе со стороны кожных покровов) для временной фиксации ИХШ к НЧ с помощью винта (рис. 2).

Спроектированный ИХШ в формате STL-файла изготавливали на 3D-принтере Phrozen Sonic Mini 8K (Phrozen Technology, Тайвань) с использованием технологии LSD-печати после загрузки модели в специализированное программное обеспечение принтера. Печать выполняли из биосовместимой фотополимерной смолы Dental Yellow Clear PRO (HARZ Labs, Россия). Постобработку изготовленного шаблона выполняли с помощью аппарата Anycubic Wash & Cure 2.0 (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd., Китай) в объеме промывания изопропиловым спиртом 2 раза по 3 минуты, окончательную полимериза-

цию проводили ультрафиолетовым излучением в течение 30 минут при длине волны 405 Нм и мощности источника 110 Вт.

Стерилизация шаблона проходила путем автоклавирования при температуре +120 °С, давлении 1,1 атмосферы, в течение 45 минут. Во время остеосинтеза после скелетирования наружной поверхности НЧ в области перелома проводили репозицию и фиксацию костных фрагментов с помощью костного зажима, в ИХШ устанавливали и адаптировали титановые пластины согласно ранее заданному рельефу поверхности. ИХШ через операционную рану устанавливали согласно выбранной позиции с последующей дополнительной фиксацией временным винтом (рис. 2б).

Через шахты ИХШ с помощью направлятеля для сверла формировали ложу для фиксирующих элементов с использованием физиодиспенсера при скорости вращения сверла 800 об/мин и охлаждении 50 мл/мин (рис. 3).

После фиксации титановых пластин винтами, временный фиксирующий винт и ИХШ удаляли. После оценки стабильности костных фрагментов и состояния прикуса рану ушивали и дренировали.

Рентгенологический контроль в двух группах проводили в раннем послеоперационном периоде с помощью МСКТ лицевого скелета, по данным которой определяли положение костных фрагментов, а также положение фиксирующих винтов отно-

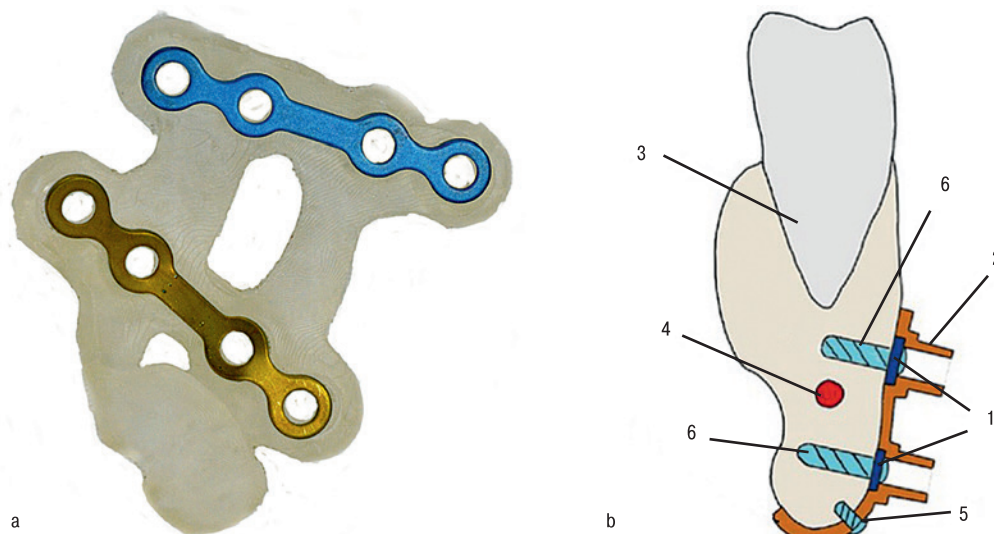


Рис. 2. ИХШ

а – фотография ИХШ, наkostные пластины адаптированы и фиксированы в ИХШ (вид с внутренней стороны); б – схема расположения ИХШ на нижней челюсти после фиксации титановых пластин: 1 – титановые пластины, 2 – ИХШ, 3 – зуб, 4 – КНЧ, 5 – временный фиксирующий винт, 6 – титановый винт.

Fig. 2. PSSG

а – photograph of the PSSG; bone plates are adapted and fixed within the PSSG (internal view); б – schematic of the PSSG placement on the mandible after titanium plate fixation: 1 – titanium plates, 2 – PSSG, 3 – tooth, 4 – mandibular canal, 5 – temporary fixation screw, 6 – titanium screw.

сительно КНЧ и корней зубов (рис. 4). Прерывание контуров периодонтальной щели, корня зуба и КНЧ фиксирующим винтом расценивалось как их повреждение.

Всем пациентам проводили антибактериальную, десенсибилизирующую, анальгезирующую терапию, нейротропную терапию витаминами группы В, физиолечение (курс электрического поля ультравысокой частоты после 3-х суток оперативного вмешательства). Швы снимали на 7-е сутки. Снятие назубных шин или удаление ортодонтических винтов проводили на 10–14-е сутки. Повторные осмотры пациентов проводили через 1, 3 месяца. Во время осмотров оценивали наличие подвижности костных отломков и воспалительных явлений в области перелома.

Статистический анализ был проведен с использованием языка программирования R в программной среде RStudio (Version 2023.06.1+524). Описательная статистика возраста проводилась

с помощью M (SD), Me [IQR], где M – среднее арифметическое, SD – стандартное отклонение, Me – медиана, [IQR] – интерквартильный размах. Для сравнения возраста в двух когортах был использован t -критерий Стьюдента. Для анализа номинальных данных применялся χ^2 -критерий Пирсона с поправкой Йейтса, рассчитан относительный риск (ОР) для каждого осложнения и доверительный интервал (ДИ). При проверке нулевых гипотез критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05.

Результаты исследования и обсуждение

При анализе демографических данных были получены следующие результаты: в I группе возраст пациентов составил от 18 до 59 лет: $M(SD)=32,9$ (9,7), ME [IQR]=32 [26–37], из них

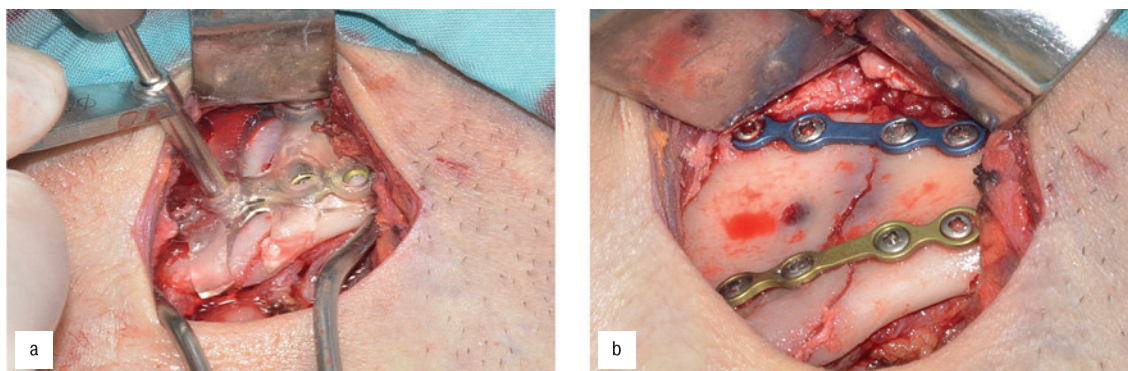


Рис. 3. Этап операции

а – фиксированный ИХШ, засверливание через направлять сверла; б – положение титановых пластин после снятия ИХШ.

Fig. 3. Surgical Stage

а – Fixed PSSG; drilling through a drill guide; б – Position of the titanium plates after PSSG removal.

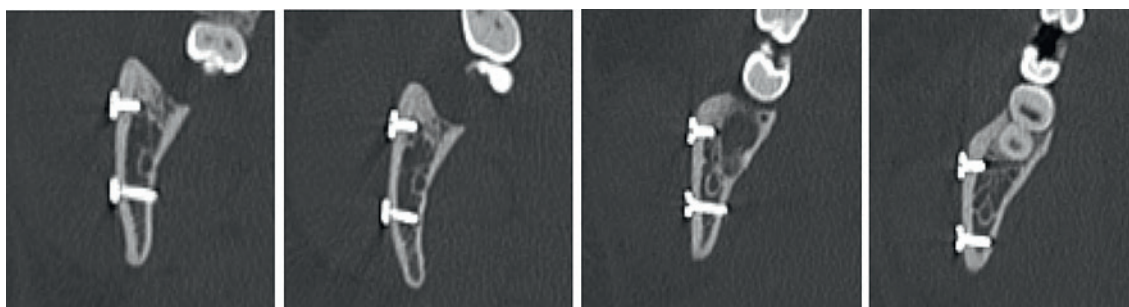


Рис. 4. Косая аксиальная проекция мультипланарной реконструкции нижней челюсти, срезы проведены через фиксирующие винты
Fig. 4. Oblique axial view of multiplanar mandibular reconstruction showing cross-sections through the fixation screws

мужчин 125 (88,0%) человек, женщин – 17 (12%). Во II группе возраст пациентов составлял от 18 до 61 лет: $M(SD)=35,2 (10,7)$, $ME [IQR]=34 [28–41]$, из них мужчин 119 (89,5%) человек, женщин – 14 (10,5%). Между изучаемыми группами по возрасту ($p=0,067$) и полу ($p=0,85$) не было выявлено статистических значимых различий.

При сравнении частоты повреждения КНЧ в зависимости от применения цифрового протокола остеосинтеза были получены статистически значимые различия ($p<0,001$). ОР повреждения КНЧ увеличивался в группе пациентов, где не применялся цифровой протокол, в 8,74 раза (95% ДИ 3,90–19,61).

При сравнении частоты повреждения корней зубов в зависимости от применения цифрового протокола остеосинтеза также были получены статистически значимые различия ($p=0,019$). ОР повреждения корней зубов увеличивался в группе пациентов, где не применялся цифровой протокол, в 5,62 раза (95% ДИ 1,28–24,64).

Анализ встречаемости несращения перелома и инфицирования послеоперационной раны не выявил статистических значимых различий в изучаемых группах ($p=0,828$ и $p=1$ соответственно).

Частота встречаемости и ОР развития осложнений между двумя группами представлены в таблице.

Похожая работа применения цифрового протокола при двухстороннем переломе была представлена в исследовании Y. Huang и соавт. (2019). В данной статье описывается применение модифицированного цифрового хирургического руководства, окклюзионного шаблона и предварительно

сформированной титановой пластины при остеосинтезе двухстороннего перелома НЧ. Авторы отмечают, представленная методика значительно повысило точность сопоставления костных фрагментов, уменьшило время оперативного вмешательства и сократило число послеоперационных осложнений [30].

Сравнительный анализ методов лечения пациентов с переломами НЧ было проведено L. Zhao и соавт. (2021). Пациенты с переломами НЧ были разделены на 3 группы: пациенты первой группы проходили виртуальное репозиционирование фрагментов челюсти, проектирование и изготовление хирургических шаблонов для позиционирования титановых пластин, а также предоперационное моделирование. Во второй группе проводилось только виртуальное репозиционирование и моделирование титановых пластин. Пациенты третьей группы получали лишь виртуальную репозицию. Оценку результатов лечения осуществляли через месяц после операции при помощи повторного МСКТ для анализа симметричности лицевого отдела черепа и стояния костных фрагментов, степени открывания рта и субъективных ощущений пациентов. Наилучшие результаты по симметрии лицевого отдела черепа и расположению костных фрагментов показала первая группа, в которой проводили полный цифровой протокол [31].

В представленных работах авторы указывали на перспективность применения оригинальных цифровых протоколов при остеосинтезе НЧ, но не проводили сравнение изучаемых в данной статье послеоперационных осложнений остеосинтеза с применением цифрового протокола и без него.

Таблица. Сравнение частоты послеоперационных осложнений между группами с использованием и без использования цифрового протокола
Table. Comparison of postoperative complication rates between groups with and without the use of a digital protocol

Осложнения Complication	Применение цифрового протокола, n (%) Digital protocol application, n (%)		p-value	ОР: 95% ДИ RR; 95% CI
	I группа (n=142) Group I (n=142)	II группа (n=133) Group II (n=133)		
Повреждение КНЧ Damage to the mandibular canal	56 (39,4)	6 (4,5)	<0,001*	8,74; 3,90–19,61
Повреждение корней зубов и тканей периодонта Damage to tooth roots and periodontal tissues	12 (8,5)	2 (1,5)	=0,019*	5,62; 1,28–24,64
Несращение перелома Nonunion of a fracture	6 (4,2)	4 (3,0)	=0,828	1,40; 0,41–4,87
Инфицирование Infection	2 (1,4)	3 (2,3)	=1	0,62; 0,11–3,68

Примечание. * – различия показателей статистически значимы ($p<0,05$).

Note. * – the difference is statistically significant ($p<0.05$).

Выводы

Применение цифрового протокола остеосинтеза НЧ при переломах позволяет уменьшить в 8,74 раза повреждения КНЧ фиксирующими винтами по сравнению со стандартным протоколом остеосинтеза.

Использование этого метода снижает в 5,62 раза повреждение корней зубов и тканей периодонта по сравнению со стандартным методом остеосинтеза НЧ.

Анализ встречаемости несращения перелома и инфицирования послеоперационной раны не выявил статистически значимых различий в группах с применением цифрового протокола и без него.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует высокую эффективность применения цифрового протокола остеосинтеза с использованием ИХШ при лечении переломов НЧ. Результаты исследования свидетельствуют о значительном снижении частоты изучаемых послеоперационных осложнений в группе пациентов, в которой применяли цифровой протокол, по сравнению с группой, где использовали стандартный подход.

Внедрение цифрового протокола остеосинтеза представляет собой перспективное направление в лечении переломов НЧ. Для дальнейшего развития данного подхода рекомендуется проведение многоцентровых рандомизированных клинических исследований с включением пациентов с различными типами переломов, а также с анализом отдаленных результатов применения предложенного метода.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ургуналиев Б.К., Юлдашев. И.М., Рамханов А. Т. и др. Клико-эпидемиологические особенности и медико-социальная характеристика пострадавших с повреждениями челюстно-лицевых костей по данным отделения челюстно-лицевой реконструктивной пластической хирургии национального госпиталя Минздрава Кыргызской Республики в 2010–2018 гг. *Российский стоматологический журнал*. 2020;24(2):109–13. [Urgunaliyev B.K., Yuldashev I.M., Rakhmanov A.T., et al. Clinical and epidemiological features and medical and social characteristics of victims with injuries to the maxillofacial bones, according to the department of maxillofacial reconstructive plastic surgery of the national hospital of the ministry of health of the Kyrgyz Republic in 2010–2018. *Rus. J. Dentistry*. 2020;24(2):109–13 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-2-109-113>.
2. Aladelusi T., Akinmoladun V., Olusanya A., et al. Analysis of Road Traffic Crashes-Related Maxillofacial Injuries Severity and Concomitant Injuries in 201 Patients Seen at the UCH. *Cranio-maxillofac. Trauma Reconstruct*. 2014;7(4):284–9. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1378183>.
3. Голавский П.И., Пылков А.И., Городков Ж.Е. и др. Клико-статистический анализ травматических повреждений челюстно-лицевой области в Кузбассе. *Клиническая стоматология*. 2021;24(4):114–21. [Golavskii P.I., Pylkov A.I., Gorodkov Zh.E., et al. Clinical and statistical analysis of maxillofacial trauma in Kuzbass. *Clin. Dentistry*. 2021;24(4):114–21 (In Russ.)]. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2021_4_114.
4. Boffano P., Roccia F., Zavattero E., et al. European Maxillofacial Trauma (EURMAT) project: a multicentre and prospective study. *J. Cranio-Maxillofac. Surg*. 2015;43(1):62–70. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2014.10.011>.
5. Werlinger F., Villalón M., Duarte V., et al. Trends of maxillofacial trauma: An update from the prospective register of a multicenter study in emergency services of Chile. *Med. Oral Patol. Oral Cirugía Bucal*. 2019;24(5):588–94. <https://doi.org/10.4317/medoral.22924>.
6. Ульянченко М.И., Ходжаян А.Б., Апагуни А.Э. и др. Анализ дорожно-транспортного травматизма у жителей г. Ставрополя. *Фундаментальные исследования*. 2013;5(2):427–30. [Ulyanchenko M.I., Khodzhan A.B., Apaguni A.E., et al. Analysis of road traffic injuries among residents of Stavropol. *Fundament. Res*. 2013;5(2):427–30 (In Russ.)].
7. Левенец А.А., Горбач Н.А., Фокас Н.Н. Челюстно-лицевой травматизм как социальная, экономическая и медицинская проблема. *Сибирское медицинское обозрение*. 2013;80(2):13–8. [Levenets A.A., Gorbach N.A., Fokas N.N. Maxillofacial trauma as a social, economic and medical problem. *Siber. Med. Rev*. 2013;80(2):13–8 (In Russ.)].
8. Абдрашитова А.Б., Салеев Р.А. Временная нетрудоспособность пациентов при травмах челюстно-лицевой области. *Российский стоматологический журнал*. 2019;23(3–4):133–9. [Abdrashitova A.B., Saleev R.A. Temporary disability of patients with injuries of the maxillofacial region. *Rus. J. Dentistry*. 2019;23(3–4):133–9 (In Russ.)].
9. Resnick E., Hassan B.A., Er S., et al. Risk Factors for Postoperative Complications Following Mandibular Fracture Repair. *J. Craniofac. Surg*. 2025;36(1):66–70. Doi: 10.1097/SCS.00000000000010759.
10. Sobrero F., Roccia F., Omedè M., et al. Current Strategies for Treatment of Mandibular Fractures With Plate Osteosynthesis: A European Prospective Study. *J. Craniofac. Surg*. 2024;35(4):1120–4. Doi: 10.1097/SCS.00000000000010128.
11. Song Q., Li S., Patil P.M. Inferior alveolar and mental nerve injuries associated with open reduction and internal fixation of mandibular fractures: a Seven Year retrospective study. *J. Cranio-Maxillofac. Surg*. 2014;42(7):1378–81. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2014.03.024>.
12. Driemel O., Staudenmaier R., Buch R.S., et al. Zahnverletzungen bei Miniplattenosteosynthese. Einteilung, Therapiemanagement, Komplikationen und Prognose [Dental injuries due to miniplate osteosynthesis. Classification, treatment management, complications, and prognosis]. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*. 2005;9(5):330–5. <https://doi.org/10.1007/s10006-005-0637-1>.
13. Панкратов А.С. Анализ послеоперационных осложнений при использовании современных технологий на костного остеосинтеза нижней челюсти (к 130-летию разработки Hausmann первых на костных пластин для фиксации фрагментов нижней челюсти). *Российский стоматологический журнал*. 2016;20(5):237–44. [Pankratov A.S. Analysis of postoperative complications using modern technologies of mandibular osteosynthesis (to the 130th anniversary of the development of Hausmann's first bone plates for fixation of mandibular fragments). *Rus. J. Dentistry*. 2016;20(5):237–44 (In Russ.)].
14. Halpern L.R., Kaban L.B., Dodson T.B. Perioperative neurosensory changes associated with treatment of mandibular fractures. *J. Oral Maxillofac. Surg*. 2004;62(5):576–81. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.08.033>.
15. Голавский П.И., Городков Ж.Е., Пылков А.И., Батищев С.А. Индивидуальный хирургический шаблон для проведения остеосинтеза при переломе мыщелкового отростка нижней челюсти. Патент RU213082U1, дейст. с 23.08.2022. [Golavsky P.I., Gorodkov Zh.E., Pylkov A.I., Batishchev S.A. Individual surgical guide for osteosynthesis in case of fracture of the mandibular condylar process. Patent RU213082U1, valid from 23.08.2022 (In Russ.)].
16. Голавский П.И., Городков Ж.Е., Пылков А.И., Батищев С.А. Способ остеосинтеза при переломе мыщелкового отростка нижней челюсти с применением индивидуального хирургического шаблона. Патент RU2786796C1, дейст. с 26.12.2022. [Golavskii P.I.,

- Gorodkov Zh.E., Pytkov A.I., Batishchev S.A. Method of osteosynthesis in case of fracture of the mandibular condylar process using an individual surgical guide. Patent RU2786796C1, valid from 26.12.2022 (In Russ.)).
17. Гордков Ж.Е., Пылков А.И., Головский П.И., Батищев С.А. Индивидуальный хирургический шаблон для проведения остеосинтеза при переломах угла и тела нижней челюсти. Патент RU208411U1, дейст. с 22.06.2021. [Gorodkov Zh.E., Pytkov A.I., Golavskii P.I., Batishchev S.A. Individual surgical guide for osteosynthesis in case of fractures of the angle and body of the mandible. Patent RU208411U1, valid from 22.06.2021 (In Russ.)].
 18. Гордков Ж.Е., Пылков А.И., Головский П.И., Батищев С.А. Способ остеосинтеза при переломах угла и тела нижней челюсти с применением индивидуального хирургического шаблона. Патент RU2786317C1, дейст. с 20.12.2022. [Gorodkov Zh.E., Pytkov A.I., Golavskii P.I., Batishchev S.A. Method of osteosynthesis in case of fractures of the angle and body of the mandible using an individual surgical guide. Patent RU2786317C1, valid from 20.12.2022 (In Russ.)].
 19. Champy M., Lodde J.-P., Muster D., Wilk A., Castelo L. Les ostéosyntheses par plaques visée miniaturisées en chirurgie faciale et crânienne. *Ann. Chirurgie Plastique*. 1977;22(4):261–4.
 20. Ruedi T.P., Buckley R., Moran C.G. *AO Principles of Fracture Management*. 2nd ed. Vol. 1. 2007.
 21. Petrescu S.M., Ţuculină M.J., Popa D.L., et al. Modeling and Simulating an Orthodontic System Using Virtual Methods. *Diagnostics*. 2022;12(5):1296. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051296>.
 22. El-Beblawy Y.M., Bakry A.M., Mohamed M.E.A. Accuracy of formula-based volume and image segmentation-based volume in calculation of preoperative cystic jaw lesions' volume. *Oral Radiol*. 2024;2:259–68. <https://doi.org/10.1007/s11282-023-00708-4>.
 23. Yap Abdullah J., Manaf Abdullah A., Zaim S., et al. Three-dimensional analysis of reconstructed skulls using three different open-source software versus commercial software. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: J. Engineer. Med.* 2024;238(1):55–62. <https://doi.org/10.1177/09544119231214234>.
 24. Ronsivalle V., Venezia P., Migliorati M., et al. Accuracy of imaging software usable in clinical settings for 3D rendering of tooth structures. *Int. J. Computerized Dentistry*. 2024;27(3):235–50. <https://doi.org/10.3290/j.ijcd.b5155547>.
 25. Buzayan M.M., Seong L., Elkezza A., et al. Digital workflow for articulating maxillary and mandibular 3D arch models using an open source 3D modeling software program. *Quintessence International*. 2020;51(9): 776–9. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a44969>.
 26. Stamm T., Bötcher D., Kleinheinz J. The University Münster model surgery system for orthognathic surgery – The digital update. *Head Face Med*. 2021;17(1):31. <https://doi.org/10.1186/s13005-021-00279-x>.
 27. Abo Sharkh H., Makhoul N. In-House Surgeon-Led Virtual Surgical Planning for Maxillofacial Reconstruction. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2020;78(4):651–60. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2019.12.008>.
 28. Kobe T., Fidler A., Kurali M., et al. Retentive design of a small surgical guide for implant surgery: An in-vitro study. *J. Dentistry*. 2023;128:104384. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104384>.
 29. Rodríguez-Arias J.P., Moreiras-Sánchez Á.D., Gutiérrez-Venturini A., et al. In-House 3D Printed Positioning and Cutting Guide System for Mandibular Reconstruction. Protocol and case report. *J. Clin. Experiment. Dentistry*. 2024;16(2): 229–35. <https://doi.org/10.4317/jced.60912>.
 30. Huang C.Y., Chang T.S., Alice Hwang L., et al. Novel airway – cartilage combined model for medialization laryngoplasty and laryngotracheal reconstruction surgery planning. *J. Chin. Med. Associat.* 2022;85(11):1076–82. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000791>.
 31. Zhao L., et al. Use of modified 3D digital surgical guides in the treatment of complex mandibular fractures. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 2021;49(4):282–91. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2021.01.012>.

Поступила 17.05.2025

Получены положительные рецензии 01.07.25

Принята в печать 24.07.25

Received 17.05.2025

Positive reviews received 01.07.25

Accepted 24.07.25

Вклад авторов. Ж.Е. Гордков, А.И. Пылков – концепция и дизайн исследования. Ж.Е. Гордков – сбор и обработка материала, написание текста. П.И. Головский – статистическая обработка данных. А.И. Пылков, П.И. Головский – редактирование.

Contribution of the authors. Z.E. Gorodkov, A.I. Pytkov – concept and design of the study. Z.E. Gorodkov – collection and processing of material, writing of text. P.I. Golavskii – statistical processing of data. A.I. Pytkov, P.I. Golavskii – editing.

Информация об авторах:

Гордков Жан Евгеньевич – аспирант кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ. Адрес: 650056, Кемерово, ул. Ворошилова, 22а; ГАЗУЗ «Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева». Адрес: 650066, г. Кемерово, пр-т Октябрьский, 22; тел.: +7 (913) 400-15-71, e-mail: zhan-gorodkov@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-3361-5576, Author ID: 1114966.

Пылков Александр Иванович – д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ. 650056, Кемерово, ул. Ворошилова, 22а; ГАЗУЗ «Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева». Адрес: 650066, г. Кемерово, пр-т Октябрьский, 22; тел.: +79039406353, e-mail: fpps@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-1260-8449, Author ID: 548270.

Головский Павел Игоревич – ассистент кафедры терапевтической и хирургической стоматологии, НАО Медицинский университет Астана. Адрес: 010000, Республика Казахстан, Астана, ул.Бейбитшилик, 49 а; тел.: +77054588152, e-mail: golavskiy.p@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7173-6515, Author ID: 1106536.

Information about the authors:

Zhan Evgenievich Gorodkov – Postgraduate Student, Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 22a Voroshilova str., 650056 Kemerovo, Russia, Maxillofacial Surgeon of the Department of Maxillofacial Surgery, Plastic and Reconstructive Surgery, Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev. Address: 22 Oktyabrsky Prospekt, 650066 Kemerovo, Russia; tel.: +7 (913) 400-15-71; e-mail: zhan-gorodkov@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-3361-5576.

Alexander Ivanovich Pytkov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 22a Voroshilova str., 650056 Kemerovo, Russia; Maxillofacial Surgeon of the Department of Maxillofacial Surgery, Plastic and Reconstructive Surgery, Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev. Address: 22 Oktyabrsky Prospekt, 650066 Kemerovo, Russia; tel.: +7 (903) 940-63-53; e-mail: fpps@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-1260-8449.

Pavel Igorevich Golavskii – Assistant of the Department of Therapeutic and Surgical Dentistry, Astana Medical University, Astana. Address: 49a Beibitshilik str., 010000 Astana, Republic of Kazakhstan; tel.: +7 (705) 458-81-52; e-mail: golavskiy.p@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7173-6515.