

Городков Жан Евгеньевич

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ПРОТОКОЛА ОСТЕОСИНТЕЗА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ
ШАБЛОНОВ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ НИЖНЕЙ
ЧЕЛЮСТИ**

3.1.2. – челюстно-лицевая хирургия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Пылков Александр Иванович

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Семенов Михаил Георгиевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии им. А.А.Лимберга ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

Кононенко Владимир Иванович

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии №3 ФГБОУ ВО "Ростовский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара.

Защита состоится «__» сентября 2026 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета (21.1.079.02) Федерального государственного бюджетного учреждения национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 119021, Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16 (конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.cniis.ru ФГБУ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 года.

Учёный секретарь

Диссертационного совета,
кандидат медицинских наук

Гусева Ирина Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Ежегодно в Российской Федерации регистрируется около 13 миллионов случаев травм и отравлений, что делает данную проблему одной из наиболее значимых в сфере здравоохранения [Александрова Г.А. и др. 2019]. Особую тревогу вызывает устойчивая тенденция к росту травматических повреждений челюстно-лицевой области, наблюдаемая в последние годы [Ургуналиев Б.К. и др., 2020; Aladelusi T. et al., 2014]. Специалисты связывают эту динамику с комплексом факторов, включая ухудшение социально-экономических условий, стремительную урбанизацию и увеличение интенсивности дорожного движения, что приводит к росту числа дорожно-транспортных происшествий [Гавловская Г.В. и др., 2020; Ластовецкий А.Г. и др., 2014; Ульяновченко М.И. и др., 2013].

Наиболее уязвимой категорией в контексте челюстно-лицевых травм являются лица трудоспособного возраста (25–40 лет), что усугубляет медико-социальные последствия данной патологии [Лепилин А.В. и др., 2013; Boffano P. et al., 2015; Werlinger F. et al., 2019]. Продолжительная временная нетрудоспособность, риск инвалидизации, а также существенные финансовые затраты, связанные с лечением и реабилитацией пациентов с повреждениями костей лицевого скелета, подчеркивают высокую социально-экономическую значимость этой проблемы [Абдрашитова А.Б. и др., 2019; Левенец А.А. и др., 2013]. Особого внимания заслуживает динамика показателей качества жизни пациентов на этапах реабилитации, что напрямую влияет на оценку эффективности лечения повреждений лицевого скелета [Рапекта С.И. и др., 2025].

Согласно статистическим данным, челюстно-лицевые травмы составляют от 2,5 до 8,3% всех скелетных повреждений [Кулаков А.А. и др., 2023; Alves L.S. et al., 2014]. При этом наиболее распространенными являются переломы нижней челюсти, на долю которых, по данным отечественных и

зарубежных исследований, приходится от 64% до 85% всех травм лицевого скелета [Глухова Ю.М. и др., 2018; Juncar M. et al., 2021].

В соответствии с клиническими рекомендациями Министерства Здравоохранения РФ «Переломы нижней челюсти» (2025 г., ID:653), наkostный остеосинтез с применением титановых мини-пластин признан основным хирургическим методом лечения переломов нижней челюсти со смещением. Данный подход применяется в случаях, когда ортопедические методы лечения оказываются неэффективными или невозможными, а также при наличии интерпозиции мягких тканей в щели перелома. Несмотря на доказанную эффективность и широкое распространение данной методики в мировой практике, ряд научных публикаций указывает на риск послеоперационных осложнений, связанных с техникой установки фиксирующих конструкций. Среди возможных негативных последствий выделяют: повреждение сосудисто-нервного пучка нижней челюсти, приводящее к невропатии нижнего альвеолярного нерва; интра- и послеоперационные кровотечения с формированием гематом; травматизацию периодонта и корней зубов, что может вызвать развитие травматического периодонтита с последующей потерей зубов и необходимостью удаления фиксаторов; а также нестабильность фиксации костных отломков, ведущую к нарушению окклюзии и присоединению вторичной инфекции [Панкратов А.С., 2016].

Учитывая вышеизложенное, особую актуальность приобретают научные изыскания, направленные на оптимизацию протокола остеосинтеза нижней челюсти с использованием титановых пластин. Совершенствование хирургической методики и послеоперационного ведения пациентов с переломами нижней челюсти является важнейшей задачей, решение которой позволит минимизировать риск осложнений и улучшить функциональные и эстетические результаты лечения.

Степень разработанности темы

Проблема лечения переломов нижней челюсти, являющихся наиболее распространенным видом повреждений лицевого скелета, остается в центре внимания челюстно-лицевой хирургии на протяжении многих десятилетий. К настоящему моменту на костный остеосинтез титановыми пластинами является основным методом хирургического лечения с данным видом травмы и прочно вошел в повседневную практику. Таким образом, принципы оперативного вмешательства, с точки зрения обеспечения стабильности фиксации костных фрагментов являются хорошо разработанными и общепризнанными. Однако, при этом сохраняется сравнительно высокий риск повреждения фиксирующими элементами внутрикостных структур, прежде всего, нижнего альвеолярного нерва (НАН), что будет приводить к развитию стойких невропатий и, тем самым, снижению качества жизни пациента. Вероятность возникновения данного осложнения зачастую остается недооцененной клиницистами, которые воспринимая его как результат самой травмы, не относят к последствиям операции, вследствие чего реальная частота развития ятрогенных травм НАН при переломах нижней челюсти оказывается недостаточно изученной. В свою очередь, актуальным становится поиск методов, позволяющих исключить подобные осложнения, за счет разработки технологий, обеспечивающих прецизионно точное расположение фиксирующих конструкций.

Цель исследования

Повышение эффективности оперативного лечения пациентов с переломами нижней челюсти за счёт совершенствования методики позиционирования фиксирующих конструкций на костного остеосинтеза.

Задачи исследования

1. Провести ретроспективный анализ распространенности и структуры травматических повреждений лицевого скелета среди населения Кемеровской области за период 2015–2020 гг.
2. Изучить частоту осложнений после на костного остеосинтеза при лечении переломов нижней челюсти с акцентом на повреждение внутрикостных структур фиксирующими элементами.
3. Изучить влияние повреждения канала нижней челюсти фиксирующим винтом во время на костного остеосинтеза титановыми пластинами на восстановление функции нижнего альвеолярного нерва.
4. Разработать и внедрить в практику цифровой протокол остеосинтеза нижней челюсти с применением индивидуальных хирургических шаблонов у пациентов с переломами нижней челюсти, а также определить клиническую эффективность предложенного метода лечения и целесообразность его применения.

Научная новизна исследования

Впервые исследована распространенность и характер травматических повреждений лицевого скелета среди населения Кемеровской области.

Впервые для оценки невропатии нижнего альвеолярного нерва при переломах нижней челюсти применены клинические и инструментальные методы диагностики, а также статистически подтверждена достоверность их использования.

Впервые определена зависимость невропатии нижнего альвеолярного нерва от расположения на костных фиксаторов относительно канала нижней челюсти.

Научно обоснована и статистически доказана необходимость применения цифрового протокола с использованием ИХШ в лечении пациентов с переломами нижней челюсти.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Разработан и внедрен комплекс практических рекомендаций, позволяющий снизить частоту послеоперационных осложнений у пациентов с переломами нижней челюсти.

Обоснована необходимость применения цифрового протокола при проведении на костного остеосинтеза у пациентов с переломами нижней челюсти.

Применение ИХШ снизило количество осложнений на костного остеосинтеза в сравнении с традиционной методикой.

Комбинация опросника DN4 и измерения электровозбудимости кожи позволяет достоверно диагностировать и отслеживать регресс посттравматических нейропатий НАН.

Обоснована значимость позиционирования на костных фиксаторов с учетом архитектоники костной ткани с целью снижения риска повреждения внутрикостных структур.

Результаты настоящей работы позволяют минимизировать риск как интра-, так и послеоперационных осложнений лечения пациентов с переломами нижней челюсти.

Методология и методы исследования

Диссертация выполнена в соответствии с принципами доказательной медицины. Для достижения поставленной цели выполнено ретроспективное архивное исследование 3843 историй болезни пациентов отделений челюстно-лицевой хирургии г. Кемерово и г. Новокузнецк за 2015–2020 гг. Изучены этиология и структура, оценена динамика и рассчитан удельный вес травматических повреждений челюстно-лицевой области.

Выполнено проспективное когортное исследование 275 пациентов на базе ГАУЗ «Кузбасской областной клинической больницы им. С.В. Беляева» отделения челюстно-лицевой хирургии, реконструктивной и пластической

хирургии, находившихся на лечении за период 2020 - 2025гг с диагнозом МКБ 10: S02.6 – переломы нижней челюсти.

Достоверность полученных результатов подтверждена статистическими методами.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Накостный остеосинтез без использования интраоперационной навигации связан с риском развития послеоперационных осложнений, обусловленных повреждением внутрикостных структур у пациентов с переломами нижней челюсти и усугублению течения нейропатии НАН.

2. Использование цифрового протокола остеосинтеза нижней челюсти позволяет сократить сроки реабилитации пациентов и уменьшить частоту развития послеоперационных осложнений.

3. Применение аддитивных технологии позволяет оптимизировать остеосинтез нижней челюсти за счет: точного анатомического позиционирования фиксаторов с учетом индивидуальных особенностей архитектоники нижней челюсти, минимизации риска ятрогенных осложнений, сокращения времени операции за счет предоперационного моделирования индивидуальных хирургических шаблонов с использованием методов цифрового планирования.

Степень достоверности и апробация результатов

О достоверности результатов диссертационного исследования свидетельствует достаточная выборка архивных данных и обследованных пациентов, применение современных методов исследования, непосредственное участие соискателя в получении исходных данных, использование адекватных методов статистического анализа с помощью программы Statistica Ultimate 13.3 (Лицензия № JPZ902I795306FAACD-Y).

Основные результаты исследования были доложены:

- На XI Межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых «Медицина XXI века» (Новокузнецк 2021г);
- Сибирском научно-практическом форуме «Кузнецкая крепость» (Новокузнецк 2022г);
- II Всероссийском съезде общества специалистов в области челюстно-лицевой хирургии с международным участием «Реконструктивная хирургия челюстно-лицевой области» (Нижний Новгород 2023г);
- V конференция с международным участием «по итогам НИР: наука и практика в стоматологии» (Барнаул 2023г);
- Ярмарка инновационных разработок «Медицина и биотехнологии» (Минск 2023г);
- VI конференция с международным участием «по итогам НИР: наука и практика в стоматологии» (Барнаул 2024г);
- Международный форум молодых ученых (Астана 2024г);
- Всероссийский фестиваль молодежной науки «Трамплин в науку - 2024» (Красноярск, 2024г);
- Конференция клинических случаев «Осложнения в челюстно-лицевой хирургии» (Москва 2024г);
- Межрегиональная научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы современной стоматологии» (Кемерово, 2025г);
- II Межрегиональная научно-практическая конференция «Первая помощь и медицина экстремальных ситуаций: опыт, инновации, перспективы» (Кемерово, 2026г).

Апробация диссертационной работы проведена 01.06.2024 на совместном заседании сотрудников кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ КемГМУ Минздрава России.

Внедрение результатов в практику

Предложенный «цифровой протокол остеосинтеза с использованием индивидуальных хирургических шаблонов у пациентов с переломами нижней челюсти» апробирован и внедрен в лечебную деятельность отделения челюстно-лицевой хирургии реконструктивной и пластической хирургии ГАУЗ КО «Кемеровская областная клиническая больница» (Кемерово, 2024г), отделения челюстно-лицевой хирургии МБЛПУ «Городская клиническая больница No1» (Новокузнецк 2025г).

Личный вклад автора

Диссертация является результатом собственных исследований, проведенных на базе кафедры хирургической стоматологии, челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России.

Автору принадлежит инициатива по совершенствованию методов лечения пациентов с переломами нижней челюсти, сформирована рабочая гипотеза, разработана программа и план проведения исследования. Самостоятельно проведена работа с архивным материалом. Все клинические этапы выполнены лично автором. Также автор принимал участие в наборе и изучении материала лучевых исследований. Автором проведен анализ, интерпретация и изложение полученных данных, их статистическая обработка, формулировка выводов, разработка практических рекомендаций и их внедрение в практическую деятельность челюстно-лицевых стационаров.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, из них 3 - в журнале, рецензируемом ВАК; 2 - патента на полезную модель; 2 - патента на изобретение, 1 - методические рекомендации, утвержденные Министерством Здравоохранения Кузбасса.

Объем и структура публикации

Диссертационная работа состоит из «Введения», «Обзора литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты собственных исследований», «Обсуждение результатов собственных исследований и заключение», «Выводов», «Практических рекомендаций», «Списка сокращений» и «Списка используемой литературы». Диссертация изложена на 132 страницах машинописного текста, иллюстрирована 47 рисунками, содержит 13 таблиц. Список литературы включает 160 источников (54 отечественных и 106 иностранных).

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Материалы и методы исследования

Настоящее диссертационное исследование представляет собой комплексную работу, включающую ретроспективный анализ данных и проспективные когортные исследования, направленное на снижение частоты послеоперационных осложнений остеосинтеза нижней челюсти титановыми пластинами. Исследование проводилось на базе отделения челюстно-лицевой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии ГАУЗ «Кузбасской областной клинической больницы им. С.В. Беяева».

Исследование включало в себя последовательное выполнение следующих этапов. На первом этапе выполнен ретроспективный анализ динамики переломов черепа и лицевых костей (диагноз по МКБ-10 S02) по данным материалов официальной статистики, предоставленных ГАУЗ «Кузбасский медицинский информационно-аналитический центр» (ГАУЗ «КМИАЦ»): формы № 57 «Сведения о травмах, отравлениях и некоторых других последствиях воздействия внешних причин» в период за 2015–2020 гг. В исследование было включено 22745 случаев травматических повреждений, зарегистрированных на территории Кемеровской области.

Кроме этого, изучено 3843 медицинских карт стационарных больных (форма № 003/у) и статистических карт пациентов (форма № 066/у-02) отделения челюстно-лицевой хирургии, реконструктивно-пластической хирургии «Кузбасской областной клинической больницы имени С. В. Беляева» и отделения челюстно-лицевой хирургии «Новокузнецкой городской клинической больницы № 1 имени Г.П. Курбатова» в период с 2015 по 2020 годы. Данные государственные лечебные учреждения являются единственными в Кемеровской области, которые осуществляют специализированную, в том числе высокотехнологичную, медицинскую помощь по лечению заболеваний ЧЛЮ.

Второй этап был посвящен изучению структуры, частоты осложнений после на костного остеосинтеза переломов нижней челюсти. В рамках данного этапа было проведено проспективное когортное исследование 142 пациентов проходивших лечение на базе ГАУЗ «Кузбасской областной клинической больницы им. С.В. Беляева» отделения челюстно-лицевой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии, за период 2020 – 2025 гг с диагнозом МКБ 10: S02.6 – переломы нижней челюсти.

Для отбора пациентов в исследование использовались следующие критерии: линейные переломы нижней челюсти на уровне канала нижней челюсти (КНЧ) с величиной смещением не более 5 мм; время от момента получения травмы до остеосинтеза не более трех суток; наличие нейросенсорных нарушений в подбородочной области и нижней губы после травмы; сохранение смещения костных фрагментов после ортопедических методов лечения; достижение правильного положения костных фрагментов нижней челюсти после оперативного вмешательства; наличие нейросенсорных нарушений, болевого симптома в области нижней губы и кожи подбородочной области после получения травмы; выполнение остеосинтеза в соответствии с принципами АО/ASIF и с размещением на костных пластин по линиям Champy; информированное согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования были следующие: психические заболевания; наличие сопутствующей патологии, влияющей на восстановление костной и нервной ткани; наличие в анамнезе нейросенсорных нарушений тройничного нерва; наличие в анамнезе переломов нижней челюсти на уровне КНЧ; несоблюдение рекомендаций во время стационарного и амбулаторного лечения; беременность.

Изучению подвергались следующие осложнения:

- Повреждение КНЧ фиксирующим винтом;
- Повреждение фиксирующим винтом корня зуба и тканей периодонта;
- Присоединение вторичной инфекции в послеоперационной ране;
- Отсутствие консолидации костных фрагментов.

В аспекте повреждения КНЧ проводилось изучение влияния положения фиксирующего винта на течение нейропатии НАН. После проведенного остеосинтеза перелома нижней челюсти и рентгенологического контроля были получены две подгруппы: I подгруппа (n=56) — пациенты, у которых один или несколько фиксирующих элементов по данным МСКТ визуализировались в КНЧ, II подгруппа (n=86) контрольная — пациенты без повреждения КНЧ фиксирующими элементами.

Диагностика нейропатии НАН проводилась с помощью опросника DN4 (Douleur Neuropathique en 4 Questions) и измерения электровозбудимости кожи (ЭВК) нижней губы. Опросник DN4 включал четыре вопроса, оценивающих сенсорные признаки по данным жалоб и обследованию пациента. Сумма более 4 баллов была оценена как невропатическая боль. Данное обследование проводилось перед оперативным вмешательством и в послеоперационном периоде на 7-е сутки и через 3, 6, 12 мес. Определение ЭВК в месте иннервации НАН выполнялось аппаратом АВЕРОН (РОССИЯ) в условных квадрантах кожи нижней губы и подбородочной области. Определяли минимальный уровень тока, при котором пациент начинал ощущать покалывание или пощипывание, о чем он сообщал врачу. Электрический ток подавался в импульсном режиме с постепенно увеличивающейся силой от 0 до 100 мкА.

Измерения проводились как на здоровой стороне лица, так и в симметричных квадрантах поврежденной области. Если хотя бы в одном из квадрантов поврежденной стороны фиксировалось значение, превышающее 35 мкА, это расценивалось как признак нейропатии НАН. Измерения электровозбудимости кожи проводились перед операцией, а также на 7-й день и через 3, 6 и 12 месяцев после вмешательства.

Восстановление функции НАН у пациента определялось на основе двух критериев: если результат опроса по DN4 составлял меньше 4 баллов и если измерение ЭВК на стороне повреждения в каждой из исследуемых точек было меньше 35 мкА. Таким образом, при соблюдении обоих условий, считали, что функция НАН восстановлена. При несоблюдении обоих условий или одного из них, диагностировали нейропатию НАН.

Третий этап исследования заключался в разработке, технологической отработке и внедрению в практику цифрового протокола остеосинтеза нижней челюсти с использованием индивидуальных хирургических шаблонов (ИХШ). На этом этапе на основе выявленных проблем и осложнений стандартной методики был создан и апробирован комплексный алгоритм планирования и выполнения цифрового протокола (рисунок 1), включавший:

1. Виртуальное планирование на основе данных МСКТ с использованием бесплатного программного обеспечения с открытым кодом (InVesalius 3.1, Autodesk Meshmixer)
2. Проектирование ИХШ с направляющими шахтами для точного позиционирования пластин и формирования каналов под винты (Autodesk Meshmixer).
3. Технологию изготовления шаблонов методом 3D-печати из биосовместимого фотополимера (HARZ Labs Dental Clear).
4. Методику интраоперационного применения ИХШ, обеспечивающую точную установку фиксирующих конструкций.

ИХШ изготавливался на 3D-принтере с технологией печати LSD (Phrozen Sonic Mini 8K). Печать выполнялась из биосовместимой

фотополимерной смолы. Стерилизация шаблона проходила путем автоклавирования.

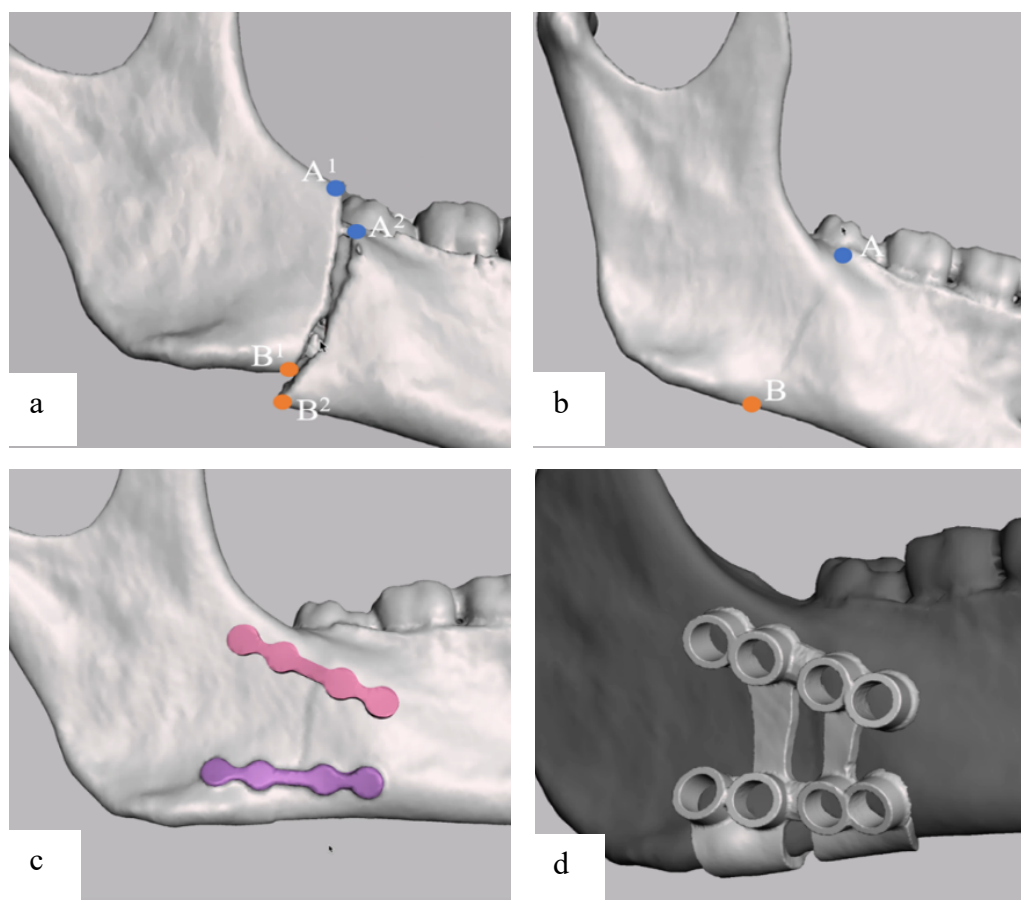


Рисунок 1. Этапы виртуального планирования

а - модель нижней челюсти до репозиции; б - модель нижней челюсти после репозиции; в - выполнено позиционирование виртуальных моделей на костных фиксирующих элементах; д - ИХШ, спроектированный на виртуальной модели нижней челюсти.

Во время остеосинтеза, после скелетирования наружной поверхности нижней челюсти в области перелома, проводилась репозиция и фиксация 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 (рисунок 2).

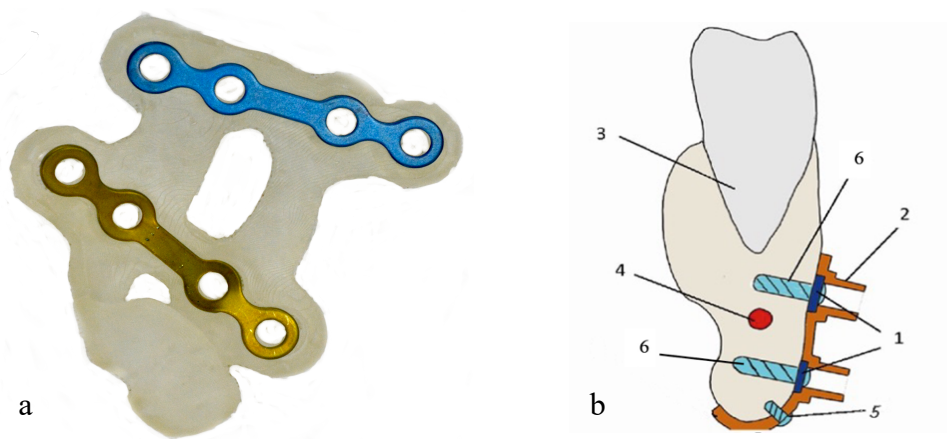


Рисунок 2. ИХШ

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.

Через шахты ИХШ с помощью направителя для сверла формировались ложа для фиксирующих элементов с использованием физиодиспенсера на малых оборотах сверления с водным охлаждением. После фиксации титановых пластин винтами, ИХШ удалялся (рисунок 3).

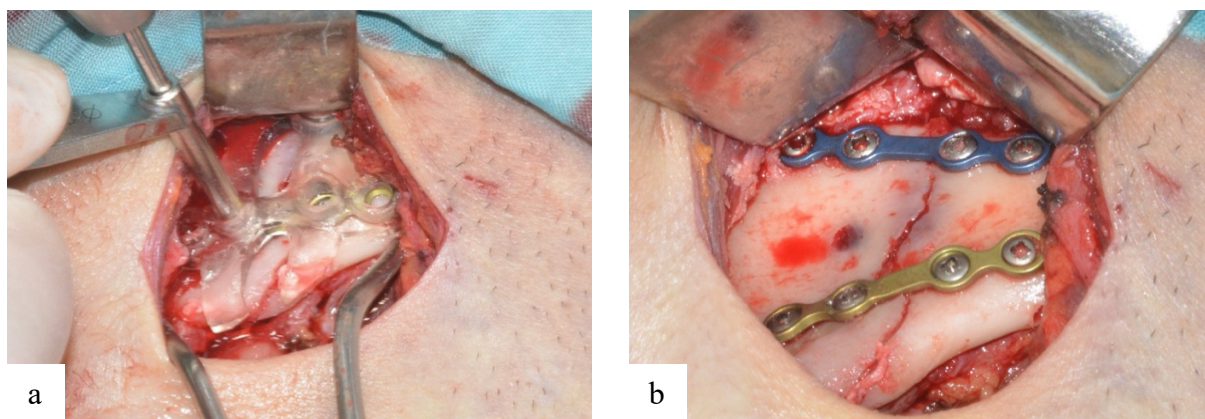


Рисунок 3. Этап операции

а - фиксированный ИХШ, засверливание через направитель сверла; б - положение титановых пластин после снятия ИХШ.

После оценки стабильности костных фрагментов и состояния прикуса, рану ушивали и дренировали.

Рентгенологический контроль в двух группах проводился в раннем послеоперационном периоде с помощью КЛКТ, по данным которой

определялось положение костных фрагментов, а также положение фиксирующих винтов относительно КНЧ и корней зубов.

Прерывание контуров периодонтальной щели, корня зуба и КНЧ фиксирующим винтом расценивалось как их повреждение.

Швы снимались на 7-е сутки. Снятие назубных шин или удаление ортодонтических винтов проводилось на 10 – 14 сутки. Повторные осмотры пациентов проводились через 1, 3 месяца. Во время осмотров оценивалось наличие подвижности костных отломков и воспалительных явлений в области перелома.

Данные о длительности операций в обеих группах (группа I – без применения ИХШ (n=142), группа II – с применением ИХШ (n=133)) были получены из операционных протоколов и заносились в сводную таблицу. Оперативное лечение выполнялось в условиях отделения челюстно-лицевой хирургии одним коллективом хирургов.

Анализ трудозатрат на подготовку и изготовление ИХШ был основан на измерении хронометража всех этапов подготовки шаблона: виртуальное планирование и 3D-моделирование, технологический цикл 3D-печати, процессы постобработки и стерилизации.

Статистический анализ был проведен с использованием программного обеспечения SPSS 26. Распределение пациентов на применение цифрового протокола остеосинтеза нижней челюсти проводилось с помощью метода простой рандомизации. При работе с архивными данными статистические показатели представлены в виде относительных величин. Основную тенденцию травматических повреждений выявляли методом наименьших квадратов. Сравнение в группах проводилось с помощью теста χ^2 .

С помощью критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса и анализа гистограмм было изучено распределение данных в выборках. Описательная статистика для изученных выборок представлена в виде $M \pm SD$ и $Me [IQR]$, где M – среднее арифметическое, SD – стандартное отклонение, Me – медиана, $[IQR]$ – интерквартильный размах.

Для проверки статической гипотезы между независимыми выборками в случае нормального распределения в зависимости от критерия Ливиня были использованы t-критерий Стьюдента и t-критерий Уэлча. При ненормальном распределении данных использовался критерий Манна-Уитни.

Разница между средними значениями и расчет 95% ДИ выполнялся с помощью онлайн-калькулятора: MedCalc Software Ltd. Comparison of means calculator.

Для анализа зависимых выборок использовался Критерий Фридмана с дальнейшим апостериорным сравнением.

Для анализа номинальных данных применялись точный критерий Фишера и χ^2 Пирсона в зависимости от минимального предполагаемого числа, оценена связь по V Крамера, рассчитано отношение шансов.

Анализ выживаемости между группами с повреждением КНЧ челюсти оценивался по методу Каплана-Мейера.

При проверке нулевых гипотез критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05.

Результаты собственных исследований

Проведенный ретроспективный анализ динамики частоты переломов костей черепа и лицевого скелета на территории Кемеровской области за период 2015–2020 гг. (22745 случаев) выявил тенденцию к постепенному снижению данного показателя. Расчетный среднегодовой темп убыли составил 2,75%. Максимальное значение было зафиксировано в 2019 году (4469 случаев, удельный вес 167,6 ‰), а минимальное — в 2020 году (2739 случаев, 103,5 ‰), что, вероятно, связано с ограничительными мерами в период пандемии COVID-19.

Анализ 3843 медицинских карт стационарных больных позволил детализировать структуру повреждений. Установлено, что переломы костей лицевого скелета составили 28,3% (95% ДИ [27,6–29,1]) от всех госпитализированных в челюстно-лицевые стационары. Доминирующей

причиной травм челюстно-лицевой области в Кузбассе является бытовая травма 91,4%, в структуре которой на криминальную травму приходится 57,8% случаев (95%ДИ [56,3-59,4]). Второе место по распространенности занимают другие виды бытовой травмы, составляющие 33,6% от общего числа повреждений (95%ДИ [32,1-35,1]). Третье место принадлежит травмам, полученным в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП), их удельный вес составил 5,9% (95%ДИ [5,2-6,7]). Значительно реже встречались спортивные (1,3%, 95%ДИ [0,9-1,7]) и производственные травмы (1,2%, 95%ДИ [0,9-1,6]). Огнестрельные ранения составили 0,1% (95% ДИ [0,05–0,3]). Структура повреждений по локализации представлена на рис. 4.

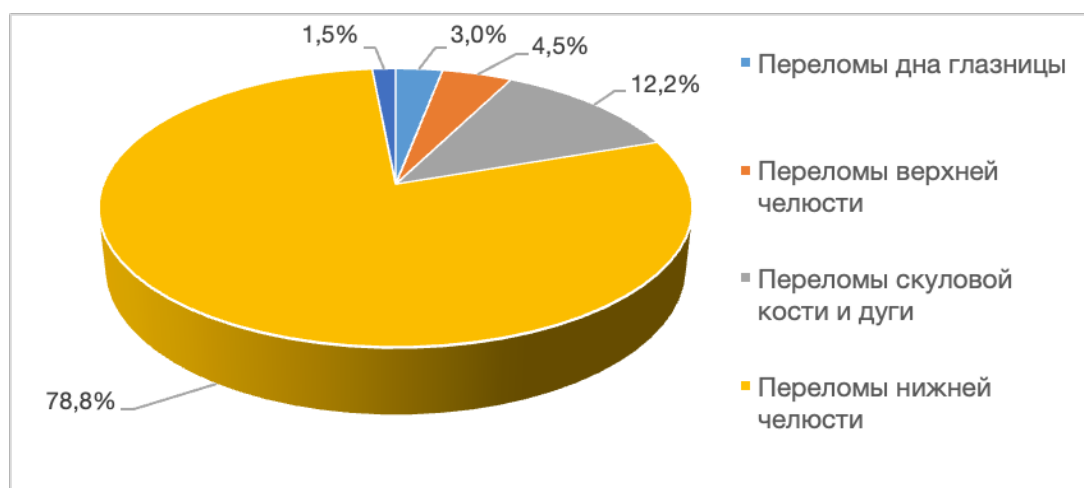


Рисунок 4. Структура повреждений костей лицевого скелета среди населения Кузбасса.

Абсолютно преобладающим видом травмы является перелом нижней челюсти, встречавшийся в 78,8% случаев (95% ДИ [77,5–80,0]). Значительно реже встречались переломы скуловой кости и дуги — 12,2% (95% ДИ [11,2–13,3]), верхней челюсти — 4,5% (95% ДИ [3,9–5,2]) и костей дна глазницы — 3,0% (95% ДИ [2,6–3,6]). Множественные переломы составили 1,5% (95% ДИ [1,2–1,9]).

Статистический анализ ($\chi^2=467,2$, $df=16$, $p<0,001$) подтвердил значимые различия в структуре травм в зависимости от этиологии. Переломы нижней челюсти преобладали при криминальной (81,4%), бытовой (81,7%) и спортивной (86%) травме. В структуре производственного травматизма

лидировали повреждения скуловой кости (38,3%), а при ДТП повреждения средней зоны лица встречались с почти равной частотой (46,1%) с переломами н/ч (44,7%).

Анализ возрастного распределения показал, что наиболее часто травмы встречались у пациентов от 18 до 44 лет (от 70,2% до 83,8% в различных нозологических группах). Выявлено выраженное и стабильное преобладание мужчин (соотношение мужчины/женщины = 7,2:1, $p < 0,001$). Среди пациентов старше 18 лет 55,2%, что соответствует 2021 пациенту (95% ДИ [53,6–56,8]) на момент травмы не состояли в формальных трудовых отношениях.

Анализ нейросенсорных нарушений нижнего альвеолярного нерва. Для оценки восстановления функции НАН у пациентов после остеосинтеза ($n=142$) применялся комплексный критерий: результат опроса по DN4 < 4 баллов и показатель ЭВК < 35 мкА во всех контрольных точках.

Анализ выживаемости по Каплану-Мейеру показал достоверные различия в вероятности восстановления функции НАН между группами с повреждением канала нижней челюсти (КНЧ) фиксирующим винтом и без него (лог-ранг тест, $p < 0,001$). Кумулятивная вероятность восстановления функции НАН в течение 1 года наблюдения составила:

- В группе без повреждения КНЧ ($n=86$): 94,3% (95% ДИ [84,3–97,9]).
- В группе с повреждением КНЧ ($n=56$): 57,7% (95% ДИ [38,9–70,7]).

Медиана времени восстановления функции НАН в группе без повреждения КНЧ составила 3 месяца, в то время как в группе с повреждением КНЧ — 12 месяцев.

Регрессионный анализ пропорциональных рисков Кокса подтвердил, что повреждение КНЧ является статистически значимым предиктором, ухудшающим прогноз восстановления функции НАН. Отношение рисков составило 3,608 (95% ДИ [2,233–5,831], $p < 0,001$). Это означает, что вероятность восстановления функции НАН у пациентов без повреждения КНЧ в 3,6 раза выше, чем у пациентов с повреждением.

Общая характеристика осложнений в группах сравнения. Общее количество пациентов с изучаемыми осложнениями в группе I составила 41,5% (59/142 пациентов). В группе II этот показатель был достоверно ниже и составил 6,7% (9/133 пациентов). Относительный риск (ОР) развития осложнений при использовании стандартной методики по сравнению с цифровым протоколом составило 9,8 (95% ДИ [5,6-29,4], $p < 0,001$).

Структура осложнений, наблюдавшихся после на костного остеосинтеза в двух группах, представлена на рисунке 5.

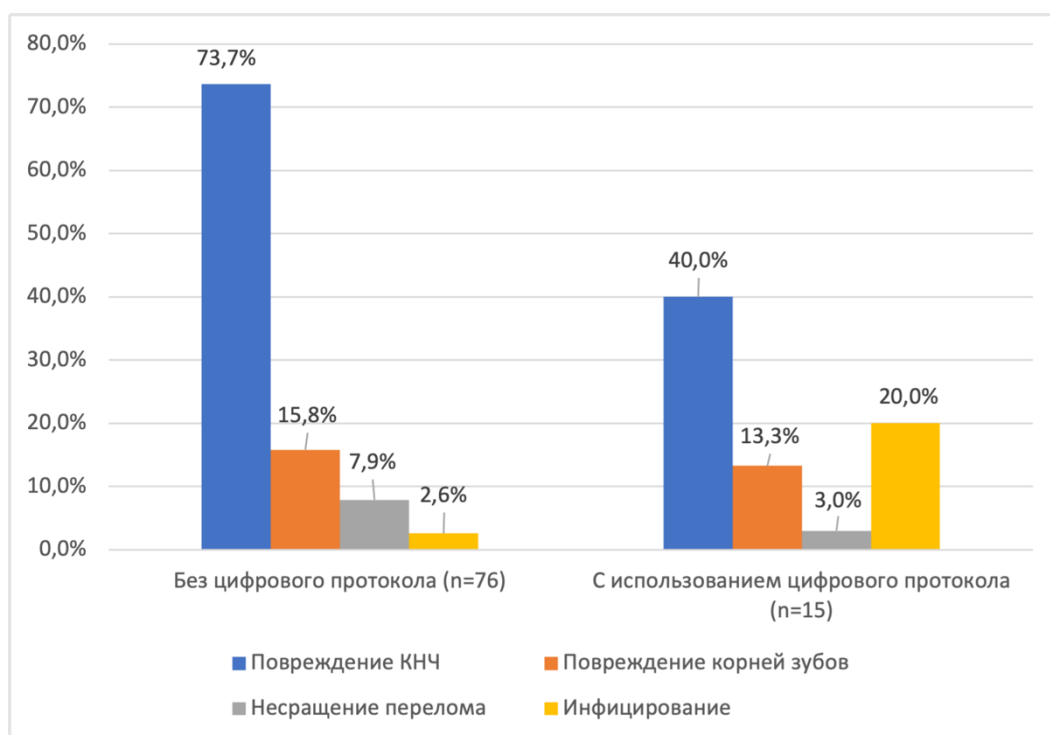


Рисунок 5. Структура осложнений при на костном остеосинтезе нижней челюсти в двух группах наблюдения.

В группе I среди 59 пациентов зарегистрировано 76 случаев осложнений. Из них у 47 пациентов диагностировано по одному осложнению (во всех случаях — повреждение канала нижней челюсти); у 7 пациентов — по два осложнения, в том числе у 5 — сочетание повреждения канала нижней челюсти и корней зубов, у 2 — сочетание повреждения корней зубов и несращения перелома; у 5 пациентов — по три осложнения: у 1 — повреждение канала нижней челюсти, корней зубов и инфицирование; у 1 —

повреждение корней зубов, инфицирование и несращение перелома; у 3 — повреждение канала нижней челюсти, корней зубов и несращение перелома.

В группе II среди 9 пациентов с осложнениями зарегистрировано 15 случаев. У 5 пациентов диагностировано по одному осложнению: у 2 — повреждение канала нижней челюсти, у 1 — инфицирование, у 2 — несращение перелома; у 2 пациентов — по два осложнения: у одного — сочетание повреждения КНЧ и инфицирования, у другого — повреждение КНЧ и несращение перелома; у 2 пациентов — по три осложнения: у одного — сочетание повреждения КНЧ, корней зубов и инфицирования, у другого — повреждение КНЧ, корней зубов и несращения перелома.

При анализе повреждение КНЧ было диагностировано в 62 случаях в двух группах. В группе I это осложнение встречалось в 39,4% случаев (56/142), тогда как в группе II — лишь в 4,5% (6/133). Различия являются высоко достоверными ($p < 0,001$). ОР повреждения КНЧ при стандартной методике составило 8,74 (95% ДИ [3,90–19,61]). Сила связи между признаками оценивается как относительно сильная (V Крамера = 0,418).

Повреждение корней зубов и тканей периодонта подтверждено в 14 случаях. В группе I его частота составила 8,5% (12/142), в группе II — 1,5% (2/133). Различия статистически значимы ($p = 0,019$). ОР повреждения корней зубов при стандартной методике составило 5,62 (95% ДИ [1,28–24,64]). Сила связи — слабая ($V = 0,158$). Из 14 пациентов с данным осложнением двое согласились на эндодонтическое лечение, двое — на удаление зубов.

Статистически значимых различий в частоте инфицирования (1,4% в группе I против 2,3% в группе II, $p = 1,0$) и несращения перелома (4,2% в группе I против 3,0% в группе II, $p = 0,828$) между группами выявлено не было. Важно отметить, что все случаи несращения перелома (как в группе I, так и в группе II) были проанализированы с позиции стабильности фиксации. Сопутствующих заболеваний, влияющих на репаративный остеогенез (согласно критериям исключения), у данных пациентов не выявлено. При контрольном рентгенологическом исследовании в позднем

послеоперационном периоде выявлена миграция винтов и смещение пластин, что расценивалось как несостоятельная первичная фиксация в некоторых случаях в сочетании с инфицированием.

Сравнительный анализ продолжительности оперативного вмешательства. Применение цифрового протокола позволило достоверно ($p < 0,001$) сократить время операции:

- Группа I (стандартный остеосинтез): среднее время $60,4 \pm 8,5$ мин. (Me=60 мин., IQR [55–66]).
- Группа II (остеосинтез с ИХШ): среднее время $40,8 \pm 7,1$ мин. (Me=41 мин., IQR [36–46]).

Таким образом, среднее сокращение времени операции составило 19,6 минут или 32,4%.

Анализ трудозатрат на подготовку ИХШ. Для 133 пациентов группы II были зафиксированы временные затраты на всех этапах подготовки шаблона:

- Виртуальное планирование (активная работа оператора): $85,1 \pm 7,1$ мин (95% ДИ: 83,9–86,3 мин), что соответствует 1,4 часа активного времени.
- 3D-печать: $119,8 \pm 6,7$ мин (95% ДИ: 118,6–121,0 мин), что составляет ~2,0 часа автоматизированного процесса.
- Постобработка и стерилизация: $119,8 \pm 6,7$ мин (95% ДИ: 118,6–121,0 мин), включая полный цикл автоклавирувания (1,5 часа) и промывку с дозасветкой (35–40 мин).

Суммарное «пассивное» время (печать + стерилизация) составило около 239,6 мин (~4,0 часа), «активное» время оператора (виртуальное планирование) – 85,1 мин (~1,4 часа). Общее время подготовки одного стерильного ИХШ, готового к применению в операционной, в среднем составило $324,7 \pm 14,2$ мин (95% ДИ: 322,3–327,1 мин), что соответствует 5,4–5,5 часа. Данный временной интервал укладывается в регламент оказания

экстренной хирургической помощи при переломах нижней челюсти и не приводит к задержкам в лечении.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ архивной документации установил высокую распространенность переломов нижней челюсти (78,8% от всех повреждений костей лицевого скелета) в Кемеровской области. При изучении этиологических факторов преобладает бытовая травма (91,4%). В структуре которой было выявлено 57,8% травм обусловленные криминальными инцидентами, что свидетельствует об острой социальной проблеме в регионе.

2. Наибольшее количество изучаемых осложнений без применения цифрового протокола составляет повреждение фиксирующими винтами КНЧ (39.4%). Реже встречались повреждения корней зубов (8.5%) и нарушение консолидации (4,2%).

3. Выявлена зависимость восстановления функции НАН от расположения фиксирующего винта. Вероятность восстановления функции нижнего альвеолярного нерва в 3,6 раза выше у пациентов без повреждения канала нижней челюсти по сравнению с группой пациентов, где отмечалось повреждение.

4. Цифровой протокол остеосинтеза с использованием индивидуальных хирургических шаблонов обеспечивает снижение относительного риска повреждения канала нижней челюсти в 8,74 раза, повреждения корней зубов – в 5,62 раза, а также сокращает время оперативного вмешательства на 32,4%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. С целью диагностики нейросенсорных нарушений нижнего альвеолярного нерва целесообразно использовать комбинацию опросника DN4 и измерение электровозбудимости кожи в области нижней губы и кожи подбородочной области.

2. Для обеспечения доступности технологии виртуального планирования и проектирования ИХШ челюстно-лицевым стационарам рекомендуется использовать программное обеспечение с открытым исходным кодом, для построения 3D-моделей на основе данных КТ и виртуальной репозиции отломков, позиционирования пластин и проектирования шаблонов. Это позволяет внедрить методику без значительных капиталовложений в дорогостоящее лицензионное ПО.

3. Рекомендуется внедрить разработанный цифровой протокол остеосинтеза нижней челюсти с использованием индивидуальных хирургических шаблонов в качестве лечения при переломах нижней челюсти с целью снижения послеоперационных осложнений.

4. С целью повышения практических навыков хирургов рекомендуется включить в программы повышения квалификации и циклы профессиональной переподготовки по челюстно-лицевой хирургии модули, посвященные основам виртуального 3D-планирования операций, работе с ПО для медицинского моделирования и принципам применения аддитивных технологий в клинической практике.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Проведенное исследование открывает перспективное направление для дальнейших научных и практических разработок, а именно разработку собственного программного обеспечения для планирования остеосинтеза в челюстно-лицевой хирургии с набором специализированных функций:

- Автоматизированная сегментация костных структур с алгоритмами ИИ для точного выделения фрагментов перелома.
- Модуль виртуальной репозиции с возможностью автоматического сопоставления отломков по анатомическим ориентирам.
- Биомеханический симулятор для прогнозирования распределения нагрузок на конструкцию.

- База данных титановых имплантатов или моделирование индивидуальных имплантов с возможностью виртуального позиционирования.
- Автоматизированное проектирование ИХШ с оптимизацией конструкции под конкретный 3D-принтер.

Разработка ПО позволит не только оптимизировать рабочий процесс, но и создать конкурентоспособный отечественный продукт в области медицинских цифровых технологий.

Совершенствование разработанного цифрового протокола позволит в будущем применять его для лечения оскольчатых переломов нижней челюсти, а последующая адаптация возможна для остеосинтеза переломов верхней челюсти и скуло-орбитального комплекса.

Список сокращений

ИХШ – индивидуальный хирургический шаблон.

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография.

КНЧ – канал нижней челюсти.

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография.

НАН – нижний альвеолярный нерв.

НСН – нейросенсорные нарушения.

ПО – программное обеспечение.

ЦП – цифровой протокол.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Голавский П.И., Пылков А.И., Городков Ж.Е., Штернис Т.А., Малков Н.В. Клинико-статистический анализ травматических повреждений челюстно-лицевой области в Кузбассе. — *Клиническая стоматология*. — 2021; 24 (4): 114—121. DOI: 10.37988/1811-153X_2021_4_114.

2. Бурцев С.М., Городков Ж.Е., Голавский П.И., Костенков С.А. Изучение течения нейропатии нижнего альвеолярного нерва после

проведенного на костного остеосинтеза // *Scientist (Russia)*. – 2024. – № 3(29). – С. 109-117. – EDN CMTSBO.

3. Городков Ж.Е., Пылков А.И., Головский П.И., Колобовников К.С. Влияние на костного остеосинтеза на течение нейропатии нижнего альвеолярного нерва при переломе нижней челюсти. — *Клиническая стоматология*. — 2025; 28 (1): 152—156. DOI: 10.37988/1811-153X_2025_1_152.

4. Городков Ж.Е., Пылков А.И., Головский П.И. Применение цифрового протокола при лечении переломов нижней челюсти. — *Head and neck. Голова и шея*. — Российский журнал. 2025;13 (3): 35—42. DOI: <https://doi.org/10.25792/HN.2025.13.3.35-42>.

5. Городков 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.

6. Головский П.И., Городков Ж.Е., Пылков А.И., Батищев С.А. Индивидуальный хирургический шаблон для проведения остеосинтеза при переломе мышечного отростка нижней челюсти. Патент RU213082U1, дейст. с 23.08.2022.

7. Головский П.И., Городков Ж.Е., Пылков А.И., Батищев С.А. Способ остеосинтеза при переломе мышечного отростка нижней челюсти с применением индивидуального хирургического шаблона. Патент RU2786796C1, дейст. с 26.12.2022.

8. Городков 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.