

Солтанов Сахил Солтан оглы

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА
ФИКСАЦИИ ОТЛОМКОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПОМОЩЬЮ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО КОСТНО-ЗАМЕЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА
(экспериментальное исследование)**

3.1.7. Стоматология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Казань - 2026

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

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **Ксембаев Саид Сальменович**

Официальные оппоненты:

Сипкин Александр Михайлович – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии и госпитальной хирургической стоматологии ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

Матвеев Роман Сталинарьевич – доктор медицинских наук, доцент, главный врач автономного учреждения Чувашской Республики «Республиканская стоматологическая поликлиника» Министерства здравоохранения Чувашской Республики

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Защита диссертации состоится «10» июня 2026 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 21.2.012.02, созданного на базе ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России по адресу: 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д.49^б), и на сайте <https://kazan-gmu.ru>

Автореферат разослан " ____ " _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук, доцент

**Радченко
Ольга Рафаиловна**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Переломы нижней челюсти составляют значительную часть повреждений костей лицевого скелета (77%-95%) и их лечение остается сложной задачей, несмотря на совершенствование технологий и методов фиксации отломков. Данная патология представляет собой и значительную социальную проблему, так как основную массу данной категории пациентов составляют мужчины в возрасте 20-40 лет, являющиеся самой трудоспособной частью населения (Кирпичников М.В. и др., 2022; Крохмаль С.В. и др., 2020; Helgeland E. et al., 2015; Kim J.W. et al., 2018).

Основные принципы лечения пациентов с переломами нижней челюсти направлены на создание оптимальных условий для репаративного остеогенеза, включая репозицию и стабильную фиксацию костных отломков (Лукашевич Н.А. и др., 2022; Тураханов С.В. и др., 2023; Пулатова Ш.К., 2022).

В зависимости от типа и местоположения перелома применяются различные методы иммобилизации костных отломков: ортопедические, хирургические (открытая и закрытая репозиции), которые применяются как изолированно, так и в различных комбинациях (Мальшев В.А. и др., 2022; Гильманова Г.С. и др., 2021; Иорданишвили А.К. и др., 2021).

Недостатком применения ортопедических методов, в частности шинирующих конструкций, является сдавливание тканей пародонта, ухудшение их трофики, нарушение иннервации и микроциркуляции, что провоцирует в них воспалительные осложнения в виде посттравматического остеомиелита (Митин Н.Е. и др., 2020; Рахимов З.К. и др., 2022).

В настоящее время существует большое количество хирургических способов лечения переломов нижней челюсти и устройств для их реализации (синтез костным проволочным швом, закрепление отломков внутрикостным металлическим стержнем, спицами Киршнера, стержнем с винтовой нарезкой, различные варианты интрамедуллярного синтеза, применение на костных рамок с винтами, на костных мини-пластин, использование внеочаговых аппаратов и др.), что предопределяет некоторые трудности для выбора как консервативного, так и оперативного метода лечения (Краснов А.Н. и др., 2023).

Существующие методики оперативного закрепления отломков не всегда обеспечивают их стабильную и надежную фиксацию (Ефимов Ю.В., Стоматов Д.В., Ефимова Е.Ю. и соавт., 2015). В свою очередь широкое применение минипластин ограничивается дороговизной, а также возможным развитием осложнений, таких как повреждение нижнего альвеолярного нерва, нарушения в височно-нижнечелюстных суставах, кровотечение, инфицирование области хирургического вмешательства, замедленная консолидация костных сегментов, некроз кости, повреждение мягких тканей, развитие неправильного прикуса (Ravikumar S. et al., 2019). Необходимо отметить, что наличие металлических конструкций почти всегда требует дополнительного оперативного вмешательства для их удаления после консолидации отломков.

Поэтому совершенствование методов остеосинтеза при переломах нижней челюсти и разработка малотравматичного, технически простого и удобного для пациента способа фиксации отломков является в настоящее время важной научно-практической задачей.

Степень разработанности темы исследования

Настоящее исследование направлено на разработку и внедрение инновационного подхода к фиксации отломков при переломах нижней челюсти, основанного на использовании отечественного костно-замещающего материала.

Ранее данный костно-замещающий материал на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция использовался только для закрытия посттравматических дефектов черепа. При этом было установлено, что физико-механические свойства данного материала (прочность и расширение) близки к нативной костной структуре и могут быть адаптированы для конкретной клинической задачи. До момента полного затвердевания данный костно-замещающий материал обладает пластичностью и позволяет выполнять моделирование и склеивание. Он может быть сформован в виде пластин, цилиндров и других форм (Колмогоров Ю.Н., Успенский И.В., Маслов А.Н. и др., 2018).

Результаты экспериментов по изучению воздействия образцов материала на процессы адгезии, процессы пролиферации и синтез фибронектина

дермальными фибробластами человека в системе *in vitro* показали, что испытуемые образцы костно-замещающего материала не нарушают процессов адгезии, не влияют на процессы пролиферации и не изменяют синтез фибронектина клетками соединительной ткани в культуре. Таким образом, эксперименты на культуре фибробластов человека свидетельствуют, что костно-замещающий материал на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция является биосовместимым, у него отсутствует цитотоксичность *in vitro* (Колмогоров Ю.Н., Успенский И.В., Маслов А.Н. и др., 2018).

Цель исследования

Оценить возможность и перспективность использования отечественного костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция для фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти в экспериментах на лабораторных животных.

Задачи исследования

1. Изучить уровень адгезии костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция к костной ткани и его биodeградируемость.
2. Разработать способ фиксации отломков нижней челюсти костно-замещающим материалом и с помощью рентгенодиагностики и оценки гистологических картин оценить стабильность фиксации.
3. Исследовать посредством изучения гистологических препаратов лабораторных животных динамику влияния костно-замещающего материала на выраженность признаков воспаления в костной ране.
4. Оценить путем изучения гистологических препаратов лабораторных животных динамику влияния костно-замещающего материала на выраженность признаков регенерации.
5. Разработать алгоритм действия по фиксации костных отломков костно-замещающим материалом.

Научная новизна

Костно-замещающий материал на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция в силу своего высокого уровня адгезии к костной ткани

(840 Н/м²), может использоваться для фиксации отломков при переломах нижней челюсти.

- В экспериментах на лабораторных животных разработан новый способ фиксации отломков нижней челюсти с помощью данного костно-замещающего материала (получен патент РФ №2802250 на изобретение).

- С помощью рентгенодиагностики и оценки гистологической картины установлена стабильная и устойчивая фиксация костных отломков костно-замещающим материалом во время всего периода наблюдения.

- Посредством изучения гистологических препаратов установлено положительное влияние используемого для фиксации костных отломков костно-замещающего материала на купирование признаков воспаления в костной ране (нет лейкоцитарной инфильтрации и полнокровия кровеносных сосудов) в отличие от группы сравнения (остеосинтез костным проволочным швом); при этом отмечено достоверное различие между группами по выраженности признаков воспаления ($p=0,013$).

- В динамике наблюдения, при изучении гистологических препаратов, выявлено положительное влияние исследуемого костно-замещающего материала на посттравматическую регенерацию костной ткани (консолидацию отломков); при этом установлено статистически значимое различие между основной и группой сравнения по выраженности признаков регенерации ($p=0,0067$ – на 90-е сутки, $p<0,001$ – на 180 сутки).

- При изучении гистологических препаратов установлено рассасывание элементов используемого для фиксации костных отломков костно-замещающего материала к 90-м суткам наблюдения, свидетельствующее о наличии у данного средства биodeградируемых свойств, что позволяет, в отличие от остеосинтеза металлическими конструкциями, исключить повторное хирургическое вмешательство для его удаления.

- Обоснована возможность применения в перспективе исследованного костно-замещающего материала для фиксации отломков нижней челюсти в клинической практике, а также для замещения дефектов костей лицевого скелета.

Теоретическая и практическая значимость работы

Сформулирован и обоснован в эксперименте на лабораторных животных новый дополнительный способ фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти с помощью костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция (патент РФ №2802250 на изобретение), что предопределяет направление дальнейшего научного развития.

Разработан алгоритм действия для проведения остеосинтеза с помощью данного костно-замещающего материала.

Методология и методы исследования

По своей структуре выполненная диссертационная работа явилась проспективным исследованием, основой которого явилось изучение итогов нового подхода к фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти в экспериментальных исследованиях на лабораторных животных.

При выполнении исследования поэтапно использовались и применялись экспериментальный, гистологический, лабораторный, аналитический и статистические методы исследования.

Использованный для научной работы костно-замещающий материал «Рекост» - полимерный материал (костный цемент), представляет собой смесь трех компонентов: форполимера, полиола (отвердителя) и ортофосфата кальция.

Исследование уровня адгезии выбранного костно-замещающего материала проведено на базе ООО «Айкон Лаб Гмбх» (г. Нижний Новгород) на кадаверном материале с последующими физико-механическими испытаниями.

Экспериментальные исследования были выполнены на кафедре топографической анатомии Казанского государственного медицинского университета (заведующий кафедрой к.м.н., доцент Ф.В. Баширов), в патологоанатомическом отделении Республиканской клинической больницы Республики Татарстан (заведующий отделением д.м.н. И.С. Рагинов).

Все эксперименты по фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти выполнены на морских свинках (самцы породы «Агути»), в возрасте 10-14 недель.

Все манипуляции с животными выполняли в соответствии с приказом

Министерства здравоохранения и социального развития №708н от 23.08.2010 «Об утверждении правил лабораторной практики», а также с письменного разрешения Локального этического комитета Казанского государственного медицинского университета (Протокол №3, от 22.03.2022) о гуманном отношении к подопытным животным.

Согласно дизайну исследования 30 экспериментальных животных (морские свинки) были разделены на две группы: основную — 20 животных, группу сравнения — 10. В основной группе отломки фиксировали с помощью костно-замещающего материала, в группе сравнения — с помощью проволочного шва. После проведения остеосинтеза у всех животных в обеих группах изучали динамику местных воспалительных проявлений в челюстно-лицевой области, оценивали общее состояние, а также проводили забор периферической крови для анализа воспалительных изменений.

Полученные гематологические показатели подвергались статистической обработке с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. Для оценки достоверности различий между группами применялся t-критерий Стьюдента или, в случае несоответствия распределения нормальному закону, непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Рентгенологический контроль проводили в динамике наблюдения: через 1 день после фиксации отломков, затем спустя 2- и 4 недели.

Лабораторных животных выводили из эксперимента через 2 недели, 3 и 6 мес. после операции остеосинтеза. Оценка статистической значимости гистологических различий сравниваемых групп осуществлена при анализе четырехпольных таблиц с применением точного критерия Фишера.

Положения, выносимые на защиту

1. Костно-замещающий материал на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция является эффективным средством фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти.

2. Механизм положительного действия костно-замещающего материала при переломах нижней челюсти основан на его высоком уровне адгезии,

купировании признаков воспаления в костной ране и биодegradуемости.

3. Разработанный нами алгоритм действия по проведению остеосинтеза с помощью предлагаемого костно-замещающего материала способствует надежной иммобилизации костных отломков.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечена оптимально разработанной методологией исследования. Работа основана на анализе репрезентативной выборки, включавшей 30 лабораторных животных. Для получения объективных данных применялся комплекс современных диагностических методик, включавший физико-химический, рентгенологический, гистологический методы и лабораторные исследования, что позволило всесторонне оценить изучаемые параметры.

Для методологически корректной статистической обработки полученных результатов были использованы методы непараметрической статистики. Это обеспечило необходимую точность и надежность статистического анализа, минимизировав вероятность систематических ошибок.

Все этапы исследования проводили последовательно, в соответствии с принципами доказательной медицины. При этом выбранный комплексный подход к организации исследования с применением современных диагностических методик и корректной статистической обработки полученных результатов, позволил вывести обоснованные выводы.

Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на:

- Международной научно-практической конференции «Проблемы челюстно-лицевой хирургии. Новый взгляд. (Молодые ученые)», Ташкентский государственный стоматологический институт, 01.03.2024 г.;

- XVI-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье человека в XXI веке. Качество жизни». Казань, 19.03.2024 г.;

- Международной научно-практической конференции по челюстно-лицевой хирургии. Республика Узбекистан, Ташкент, 26.02.2024 г.;

- на III-м Всероссийском съезде общества специалистов в области

челюстно-лицевой хирургии с международным участием. Первый Санкт-Петербургский ГМУ им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, 24-25.05.2024;

- заседании научно-проблемной комиссии «Стоматология» ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (протокол №9 от «18» июня 2025 г.).

Личный вклад автора

Диссертант лично участвовал в планировании научного исследования, постановке цели и задач исследования. Поиск и анализ литературы, разработка способа фиксации отломков при переломах нижней челюсти, инструментальные исследования проводились самим диссертантом. Им же самостоятельно проведены экспериментальные операции, статистическая обработка и интерпретация полученных результатов исследования.

Положения и выводы, представленные в диссертации, базируются на результатах собственного научного исследования автора.

Экспериментальные исследования были начаты после одобрения Локального этического комитета ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (протокол №3 от 22.03.2022 г.).

Внедрение результатов работы

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедр челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России и Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

Сведения о публикациях по теме диссертации

По результатам проведённого исследования опубликовано 7 печатных работ, из которых 2 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, одна работа – в журнале, входящем в систему международного цитирования Scopus. Получен патент РФ №2802250 на изобретение «Способ фиксации переломов нижней челюсти».

Структура и объём диссертации

Диссертация написана в традиционном стиле, включает «Введение», главы «Обзор литературы», «Материал и методы исследования», «Результаты

собственных исследований», «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации» и «Список литературы». Диссертация состоит из 109 страниц, включает 3 таблицы и 21 рисунок. В список литературы внесены 175 источников, в том числе 90 отечественных и 85 – зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования¹

Использованный для научной работы костно-замещающий материал «Рекост» - полимерный материал (костный цемент), представляет собой смесь трех компонентов: форполимера, полиола (отвердителя) и ортофосфата кальция. До момента полного затвердевания данный костно-замещающий материал обладает пластичностью и позволяет выполнять моделирование и склеивание.

Для исследования уровня адгезии костно-замещающего материала проведены испытания на растяжение 2-х типов образцов из кости и металлического имплантата, склеенных 2-мя различными составами: костно-замещающим материалом и, для сравнения, полиметилметакрилатом. Испытания проводились на разрывной машине МИ-50У.

Все эксперименты по фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти выполнены на морских свинках (самцы породы «Агути»), в возрасте 10-14 недель. Морских свинок содержали в оборудованном виварии по одной особи в клетке в стандартных лабораторных условиях с неограниченным доступом к пище и воде с 12-часовым циклом день/ночь.

Хирургические вмешательства на животных проводили в стерильных условиях, под комбинированным наркозом: внутрибрюшинное введение комплексного раствора (Тилетамина гидрохлорид + Золозепама гидрохлорид) в дозе 3 мкг/кг, а также Ксилазина гидрохлорида в дозе 4,8 мкг/кг с введением под надкостницу с вестибулярной поверхности в области угла нижней челюсти с помощью инсулинового шприца с добавлением 1% раствора Лидокаина гидрохлорида в дозе 200–250 мкг/кг. В послеоперационном периоде всем

¹ Диссертант выражает глубокую благодарность д.м.н., доценту Рагинову И.С. за помощь в проведении и анализе гистологических исследований, а также к.м.н., доценту Хисамутдинову А.Н за консультирование при проведении статистической обработки полученных данных

животным проводили профилактическую антибактериальную терапию – Цефтриаксон в дозе 0,2 мл 1 раз в день в течение 7 дней.

30 экспериментальных животных (морские свинки) были разделены на две группы: основную — 20 животных, группу сравнения — 10. В основной группе отломки фиксировали с помощью костно-замещающего материала, в группе сравнения — с помощью проволоочного шва.

После проведения остеосинтеза у всех животных изучали динамику местных воспалительных проявлений в челюстно-лицевой области, а также оценивали общее состояние. Определяли такие параметры, как появление и увеличение отечности в зоне операции, болезненность при пальпации, изменения в поведении (нарушения аппетита, двигательной активности, скорости реакции животного), а также процент выживаемости животных в эксперименте.

На 2-е сутки после проведения остеосинтеза у подопытных животных проводился забор периферической крови из подкожной бедренной вены для анализа воспалительных изменений.

Анализ крови на гематологическом анализаторе «Sysmex XP-300» включал определение следующих показателей: количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, концентрация гемоглобина, гематокрит, СОЭ. Определялась лейкоцитарная формула, включающая процентное содержание нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и базофилов. Кроме того, проводился биохимический анализ крови на С-реактивный белок.

Полученные *гематологические показатели* подвергались статистической обработке с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. Для оценки достоверности различий между группами применялся t-критерий Стьюдента или, в случае несоответствия распределения нормальному закону, непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Рентгенологический контроль проводили в динамике лечения: через 1 день после фиксации, затем спустя 2- и 4 недели.

Лабораторных животных выводили из эксперимента через 2 недели, 3 и 6

мес. после операции, извлекали нижние челюсти, фиксировали их на срок до 24 ч при 4 °С в 4% растворе Пароформальдегида (рН=7,4), декальцинировали в течение 4 недель с использованием 19% раствора этилендиаминотетрауксусной кислоты (рН=7,4), заливали в парафин и разрезали (10 мкм).

Для визуализации костей в каждый момент времени использовали стандартные протоколы гистологического окрашивания: Гематоксилин-эозин, окраска по методу Ван-Гизона.

Оценка статистической значимости *гистологических различий* сравниваемых групп осуществлена при анализе четырехпольных таблиц с применением точного критерия Фишера.

При интерпретации результатов использования статистических критериев Фишера при уровне значимости $p > 0,05$ нулевую гипотезу об отсутствии различий между группами по частоте изучаемого признака не отклоняли. При $p \leq 0,05$ отклоняли нулевую гипотезу и принимали альтернативную гипотезу о существовании различий между сравниваемыми группами по частоте изучаемых признаков (выраженность признаков воспаления и регенерации в разные сроки эксперимента).

Результаты исследования

Методология работы заключалась в проведении ее этапов и использовании следующих методов исследования:

- Исследование уровня адгезии отечественного костно-замещающего материала к костной ткани.
- Моделирование перелома нижней челюсти.
- Фиксация отломков нижней челюсти с помощью костно-замещающего материала.
- Послеоперационное наблюдение за лабораторными животными.
- Оценка элементов крови в динамике наблюдения.
- Рентгенологический метод.
- Гистологический метод.
- Статистический метод.

При определении уровня адгезии получены зависимости усилия ($\text{H}/\text{м}^2$) от перемещения траверсы (мм) для двух образцов.

В образце, фиксированном костно-замещающим материалом (рисунок 1), при усилнии $840 \text{ H}/\text{м}^2$ не произошло отрыва металлического имплантата.

В образце, склеенным полиметилметакрилатом, произошел отрыв металлического имплантата от кости при усилнии $90 \text{ H}/\text{м}^2$.

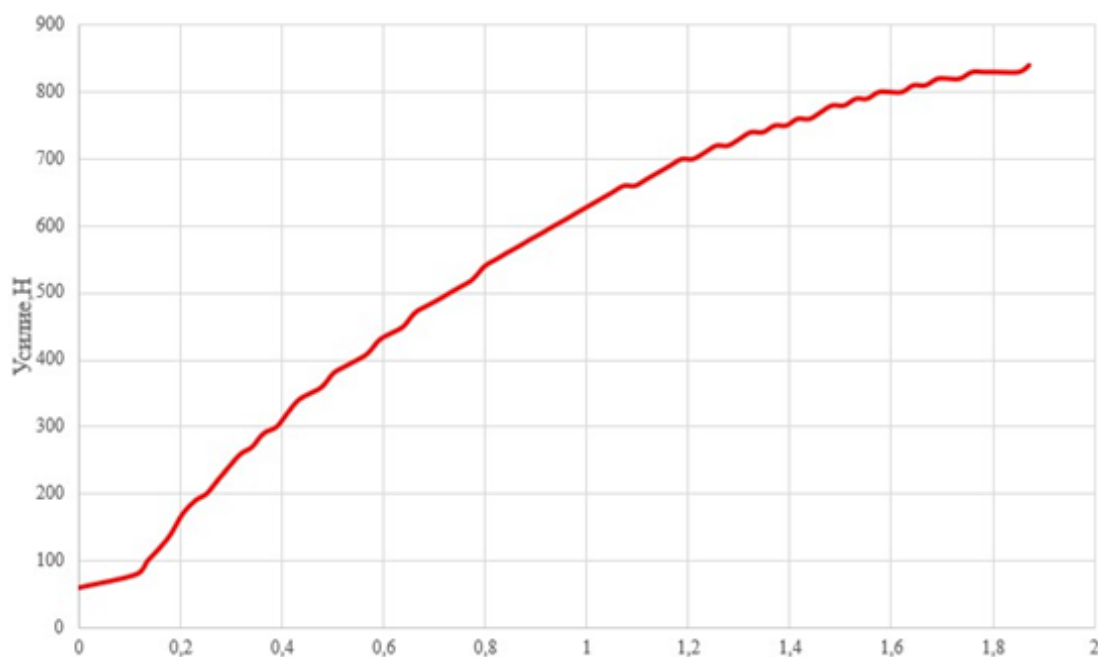


Рисунок 1 – Зависимость усилия ($\text{H}/\text{м}^2$) от перемещения траверсы (мм) для образца, фиксированного костно-замещающим материалом.

Таким образом, по результатам проведенных испытаний костно-замещающий материал, обладая высоким уровнем адгезии, удерживал пару кость-имплантат в $\sim 9,33$ раза прочнее, чем образец, склеенный полиметилметакрилатом.

Моделирование перелома нижней челюсти осуществляли под комбинированным наркозом. Для этого проводили окаймляющий угол нижней челюсти разрез кожи, подкожной клетчатки. После обнажения угла нижней челюсти выполняли остеотомию с помощью стоматологических фрез (рисунок 2).



Рисунок 2 – Остеотомия нижней челюсти лабораторного животного

С использованием стоматологической бормашины и боров на линии перелома формировали горизонтальную борозду Н-образной формы глубиной 3 мм, шириной 5 мм, трапецевидные края которой смещены на 10 градусов по вертикали (рисунок 3).

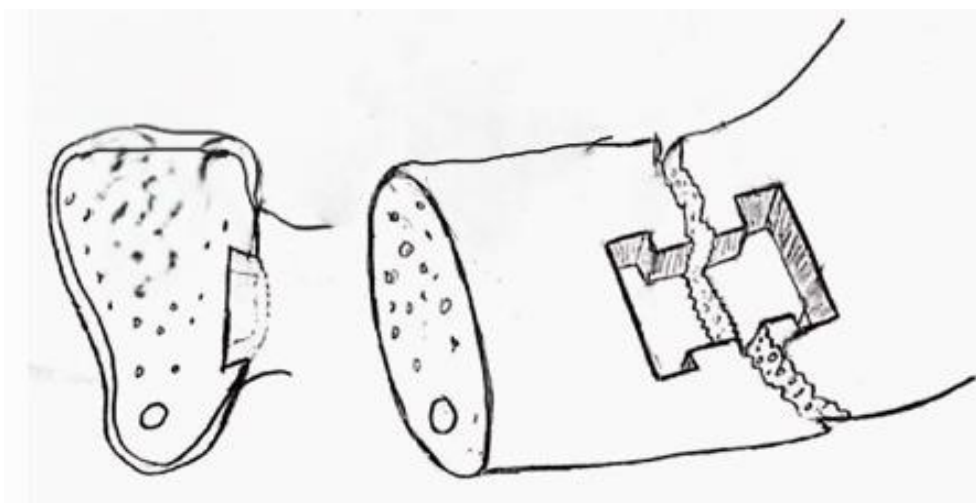


Рисунок 3 – Схема формирования борозды Н-образной формы для внесения костно-замещающего материала

Заполняли горизонтальную борозду Н-образной формы жидким пористым костно-замещающим материалом и сопоставляли отломки нижней челюсти в совместимое друг с другом положение ручным способом. Через 20 мин наступала полимеризация костно-замещающего материала (рисунок 4).

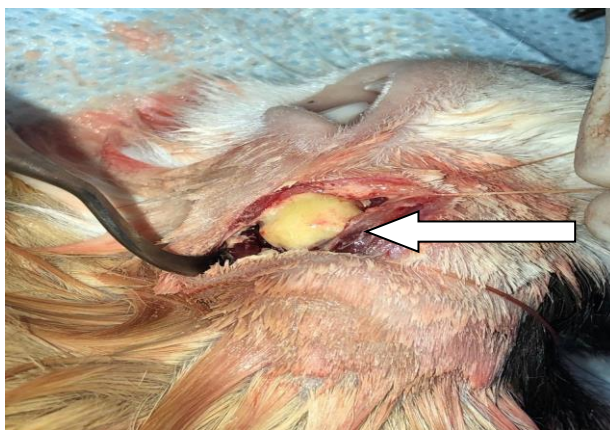


Рисунок 4 – Вид раны после полимеризации костно-замещающего материала. Сформированная борозда Н-образной формы заполнена костно-замещающим материалом (указано стрелкой)

Через 15-20 минут, после затвердевания (полимеризации) костно-замещающего материала, края раны ушивали послойно кетгутом 5/0 и монофилом 5/0.

Животным группы сравнения проводили остеосинтез на костным проволочным швом.

Послеоперационное наблюдение за лабораторными животными показало, что в группе сравнения, где применялся стандартный метод остеосинтеза проволочным швом, в первые 3-5 дней после операции наблюдался выраженный отек мягких тканей в области вмешательства. Животные демонстрировали болезненность при пальпации, что проявлялось в виде беспокойства, попыток избежать прикосновений к оперированной зоне и снижения активности. Аппетит у большинства животных был снижен в первые двое суток и постепенно восстанавливался к концу первой недели.

В основной группе, где применялась модифицированная методика остеосинтеза с использованием костно-замещающего материала, динамика снижения воспалительных явлений была более благоприятной: отек в области операционной раны был менее выраженным и регрессировал быстрее, чем в группе сравнения, болезненность при пальпации отмечалась у меньшего числа животных и была менее интенсивной, поведенческие изменения, такие как снижение аппетита и активности, также были менее выражены и

кратковременны, на 3-и сутки эти явления исчезали полностью. Это, в свою очередь, способствовало более быстрому восстановлению общего состояния и снижению риска развития послеоперационных осложнений, связанных с нарушением питания и снижением иммунитета. Процент выживаемости животных основной группы и группы сравнения составил 100%. Послеоперационных осложнений зафиксировано не было.

Анализ количества лейкоцитов подтвердил положительный клинический исход у экспериментальных животных после проведения остеосинтеза костно-замещающим материалом ($9,64 \times 10^9$ /л). У морских свинок из группы сравнения анализ крови выявил лейкоцитоз ($14,56 \times 10^9$ /л) за счет выраженного моноцитоза и гранулоцитоза на фоне лимфоцитопении ($p < 0,05$).

В группе животных, где применялся костно-замещающий материал, отсутствие лейкоцитоза свидетельствовало о хорошо контролируемом воспалительном процессе, без системных признаков воспаления. Статистически значимое снижение количества лейкоцитов в экспериментальной группе по сравнению с группой сравнения ($p < 0,05$) подтверждало положительное влияние костно-замещающего материала на характер и динамику воспалительного процесса.

При биохимическом исследовании крови у представителей основной группы показатель С-реактивного белка составил 6,8 мг/л (от 5,8 до 7,5 мг/л), что является нормой для данной группы экспериментальных животных. В группе сравнения показатель был на уровне 16,8 мг/л (от 14,8 до 17,3 мг/л), что указывало на развитие системной воспалительной реакции.

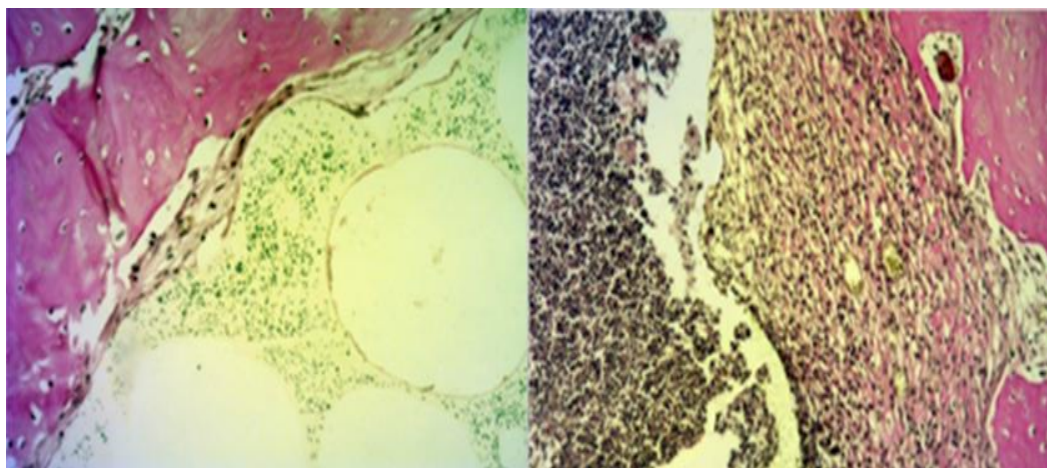
Как известно, посттравматическая регенерация (образование костной мозоли) нижней челюсти как костной ткани включает следующие стадии:

- 1) резорбция поврежденной ткани,
- 2) пролиферация и дифференцировка клеток – участников восстановления (мезенхимные клетки предшественники сосудов и костной ткани),
- 3) образование костного матрикса, соединяющего концы нижней челюсти в области перелома и формирование сосудистой сети,

4) минерализация костного матрикса с формирование прочного сочленения (Штейнле, А.В., 2009; Швырков М.Б., 2012).

К 14-м суткам после операции (рисунок 5, а) у лабораторных животных основной группы в области перелома визуализировался костно-замещающий материал в виде желтой субстанции с мелкими пузырьками воздуха. Прилегающая к нему соединительная ткань – без признаков воспаления (нет лейкоцитарной инфильтрации и полнокровия кровеносных сосудов).

В эти же сроки у животных группы сравнения зарегистрированы выраженная лейкоцитарная инфильтрация соединительной ткани и отёк с полнокровием (рисунок 5, б). При этом установлено статистически значимое различие ($p=0,013$) между животными группы сравнения (90,0%) и экспериментальной группы (10,0%) по выраженности признаков воспаления (выраженная лейкоцитарная инфильтрация, наличие отека и полнокровия кровеносных сосудов).



а

б

Рисунок 5 – Гистологическая картина на 14-е сутки

(а – основная группа, б – группа сравнения)

Полученные результаты, иллюстрирующие отсутствие признаков воспаления в экспериментальной группе (нет лейкоцитарной инфильтрации и полнокровия кровеносных сосудов), свидетельствуют о более раннем окончании первой фазы регенерации (резорбции). Вероятной причиной этого стала более эффективная фиксация отломков нижней челюсти, что подтверждалось данными рентгенодиагностики и результатами гистологического исследования на

последующих сроках после перелома. В частности, по результатам рентгенодиагностики (через 1 день после фиксации отломков костно-замещающим материалом, затем через 2 и 4 недели) ни в одном случае не отмечено смещения отломков нижней челюсти.

На 90-е сутки у животных экспериментальной группы (рисунок 6, а) практически всю область сращения заполняет формирующаяся костная ткань. При этом костно-замещающий материал не определяется, что свидетельствует о его рассасывании. На верхнем поле микрофотографии видны дегенерирующие хондробласты среди формирующихся коллагеновых волокон, в то время как в среднем ее участке визуализируется полоска хондробластов, а в нижнем правом углу – костная ткань.

В свою очередь у животных группы сравнения область перелома заполнена клетками, имеющими морфологические признаки хондробластов (рисунок 6 б). От костной ткани отломка (правая область микрофотографии) начинает формироваться незрелая костная ткань (окрашена красным).

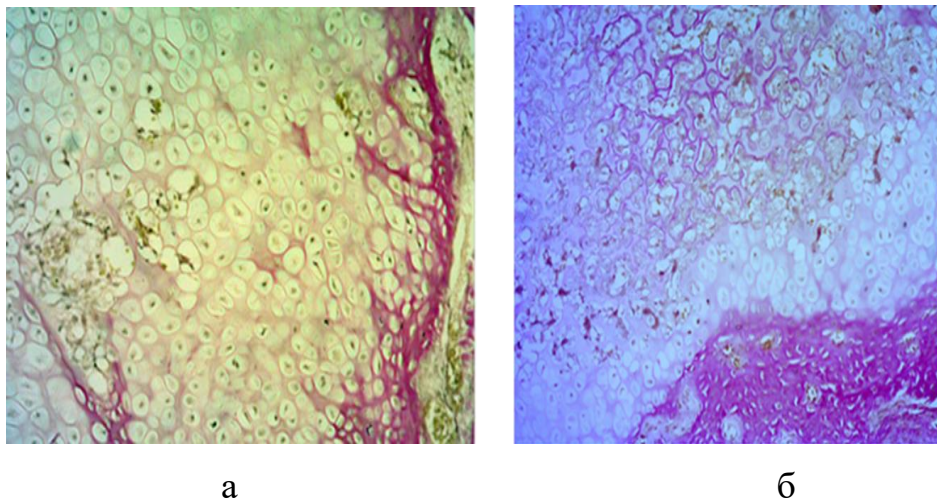


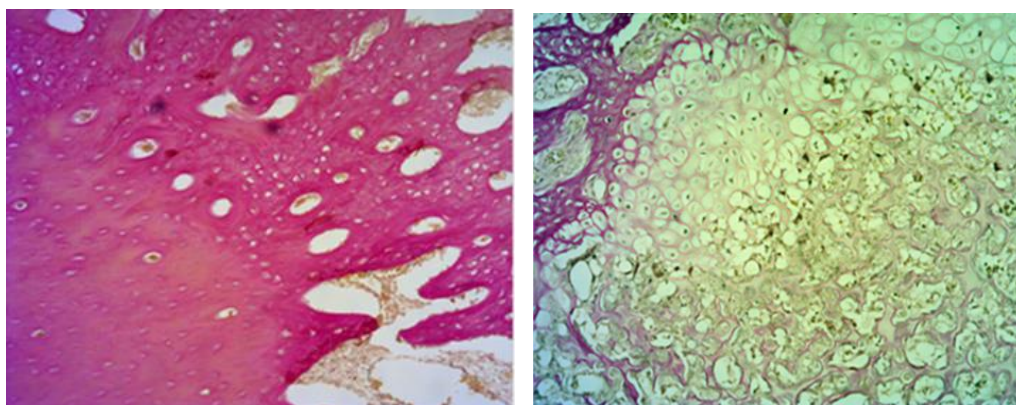
Рисунок 6 – Гистологическая картина на 90-е сутки
(а – основная группа, б - группа сравнения)

При статистическом анализе установлено достоверное различие ($p=0,0067$) между животными экспериментальной группы (95,0%) и группы сравнения (10,0%) по выраженности признаков регенерации (пролиферация и дифференцировка мезенхимных клеток, предшественников сосудов и костной ткани, образование костного матрикса).

На 180-е сутки у животных экспериментальной группы дефект заполнен костной тканью. В правом нижнем углу микрофотографии визуализируется кость отломка, от которой распространяется вновь образованная костная ткань с большим количеством каналов остеона (рисунок 7, а).

В эти же сроки у животных группы сравнения в левом верхнем углу микрофотографии видна вновь образованная костная ткань, правее располагается полоска хондроцитов, в правой нижней части микрофотографии видны дегенерирующие хондробласты среди формирующихся коллагеновых волокон (рисунок 7, б).

При статистическом анализе установлено достоверное различие ($p < 0,001$) между экспериментальной группой (85,0%) и группой сравнения (10,0%) по выраженности признаков регенерации (полностью вновь образованная костная ткань с большим количеством каналов остеона).



а

б

Рисунок 7 – Гистологическая картина на 180-е сутки после операции (а – основная группа, б – группа сравнения).

Разработан **алгоритм действия** по фиксации костных отломков костно-замещающим материалом при переломах нижней челюсти:

формирование горизонтальной борозды Н-образной формы глубиной 3 мм, шириной 5 мм, трапециевидные края которой смещены на 10 градусов по вертикали → сопоставление отломков нижней челюсти в совместимое друг с другом положение ручным способом → заполнение горизонтальной борозды Н-образной формы костно-замещающим материалом → через 15-20 минут, после затвердевания костно-замещающего материала, послойное ушивание раны.

На разработку получен патент РФ № 2802250 на изобретение: «Способ фиксации переломов нижней челюсти».

Таким образом, установлено, что фиксация отломков при переломах нижней челюсти с помощью костно-замещающего материала является более предпочтительным методом, в отличие от использования металлических на костных конструкций по ряду преимуществ, а именно:

- надежная и полная консолидация костных отломков на весь период лечения;
- отсутствие признаков воспаления в костной ране (нет лейкоцитарной инфильтрации и полнокровия кровеносных сосудов);
- более раннее окончание стадии резорбции и более раннее начало стадии пролиферации и дифференцировки мезенхимных клеток (предшественников сосудов и костной ткани), стадии образования костного матрикса, а также стадии его минерализации.
- полное заполнение области сращения формирующейся костной тканью к 90-м суткам наблюдения;
- наличие биodeградируемости – отсутствие необходимости в проведении повторного хирургического вмешательства для удаления фиксирующей конструкции, так как костно-замещающий материал рассасывался к 90-м суткам наблюдения.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность использования костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция для фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти за счет его высокого уровня адгезии ($>840 \text{ Н/м}^2$) и наличия биodeградируемых свойств.
2. Разработан способ фиксации отломков костно-замещающим материалом, защищенный патентом РФ на изобретение; установлена стабильная и устойчивая фиксация костных отломков, их надежная и полная консолидация во время всего периода наблюдения.
3. В динамике наблюдения посредством изучения гистологических препаратов лабораторных животных установлено положительное влияние костно-замещающего материала на выраженность локальных (нет

лейкоцитарной инфильтрации и полнокрывия кровеносных сосудов) и системных (отсутствие повышения концентрации С-реактивного белка) признаков воспаления в отличие от показателей группы сравнения; при этом отмечалось достоверное различие между экспериментальной и группой сравнения ($p=0,013$).

4. В динамике наблюдения путем изучения гистологических препаратов лабораторных животных установлено положительное влияние костно-замещающего материала на выраженность признаков регенерации, в отличие от показателей группы сравнения; при этом отмечалось достоверное различие между основной и группой сравнения ($p=0,0067$).

5. Разработан алгоритм действия по фиксации костных отломков костно-замещающим материалом, способствующий их надежной иммобилизации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенного экспериментального исследования подтверждают эффективность, целесообразность и безопасность использования костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция для фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти.

Рекомендуется использовать в перспективе разработанный нами алгоритм действия по фиксации костных отломков костно-замещающим материалом при переломах.

На современном этапе для улучшения качества лечения в перспективе рекомендуется проведение клинической апробации разработанного нами способа фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти с помощью костно-замещающего материала, а также рассмотреть возможность его использования для замещения дефектов костей лицевого скелета.

Материалы проведенного исследования рекомендуется включить в образовательный процесс для системы стоматологического образования.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования предполагают изучение механизма купирования признаков воспаления в костной ране при

использовании костно-замещающего материала на основе форполимера, полиола и ортофосфата кальция, его апробацию в клинической практике при переломах костей лицевого скелета, а также определения возможности замещения костных дефектов с оценкой репаративного остеогенеза и микроциркуляции.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Методы фиксации костных отломков при переломах нижней челюсти /С.С. Ксембаев, Г.С. Гильманова, С.С. Солтанов, О.А. Иванов //Проблемы стоматологии. – 2021. - № 3. - С. 7-12.

2. Совершенствование способов фиксации костных отломков – основная задача челюстно-лицевой травматологии/ С.С. Ксембаев, С.С. Солтанов, И.С. Рагинов [и др.] // Здоровье человека в XXI веке. Качество жизни. XV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: Сборник научных статей. Казань, 16-17 марта 2023 г. /Под общей редакцией профессора Ксембаева С.С. – Казань: ИД «МеДДоК», 2023. – С. 10-13.

3. Сравнительная характеристика методов иммобилизации отломков при переломах нижней челюсти/ С.С. Ксембаев, С.С. Солтанов, О.А. Иванов [и др.] // Проблемы стоматологии. - 2024. – Т.20, №1. С. 35-44.

4. Процессы регенерации костной ткани при переломах нижней челюсти/ С.С. Ксембаев, С.С. Солтанов, Г.С. Гибадуллина [и др.]// Проблемы стоматологии. - 2024. – Т.20, №1. С. 29-34.

5. Распространенность переломов нижней челюсти в мире / С.С. Ксембаев, С.С. Солтанов, Г.С. Гибадуллина, [и др.]// // Здоровье человека в XXI веке. Качество жизни. XVI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: Сборник научных статей. Казань, 21-22 марта 2024 г. /Под общей редакцией профессора Ксембаева С.С. – Казань: ИД «МеДДоК», 2024. – С. 3-7.

6. Использование пористого клея-цемента для фиксации отломков при переломах нижней челюсти/ С.С. Ксембаев, С.С. Солтанов, И.С. Рагинов [и др.]// Казанский медицинский журнал. – 2024. – Т. 105, № 5. – С.742–749.

7. Исследование уровня адгезии костно-замещающего материала «Рекост» к нативной кости. С.С. Солтанов, И.В. Успенский, А.С. Гришин, [и др.] // Здоровье человека в XXI веке. Качество жизни. XVII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: Сборник научных статей. Казань, 20-21 марта 2025 г. /Под общей редакцией профессора Ксембаева С.С. –Казань: ИД «МеДДоК», 2025. – С. 78-84.

8. Патент № 2802250 Российская Федерация. Способ фиксации переломов нижней челюсти /Солтанов С. С., Ксембаев С.С., Иванов О.А., Рагинов И.С., Царевина А. Б., Шарафеев А.А. – заявл. 2022128468; опубл. 23.08. 2023 г.