

На правах рукописи



РОДИН Матвей Игоревич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ
СПОСОБОВ ЛОКАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ
РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА
У ЖИВОТНЫХ**

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология,
фармакология и токсикология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата ветеринарных наук

Краснодар
2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
академик РАН
Кощачев Андрей Георгиевич

**Официальные
оппоненты:** **Сахно Николай Владимирович**
доктор ветеринарных наук, доцент,
профессор кафедры эпизоотологии и терапии
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
аграрный университет имени Н.В. Парахина»

Ватников Юрий Анатольевич
доктор ветеринарных наук, профессор,
директор департамента ветеринарной
медицины ФГАОУ ВО «Российский
университет дружбы народов имени
Патриса Лумумбы»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московская государственная
академия ветеринарной медицины
и биотехнологии - МВА им. К.И. Скрябина»

Защита диссертации состоится «26» июня 2024 г., в 14:00 на заседании диссертационного совета 35.2.019.02 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13, ауд. 1 корпуса факультета ветеринарной медицины.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» - <https://kubsau.ru> и ВАК - <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Отзыв направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13, e-mail: kubsau@mail.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Винокурова Диана Петровна

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В связи с ростом частоты травматических повреждений в современной травматологии все большее внимание уделяется ускорению консолидации отломков костей. По данным различных источников, задержки в их консолидации наблюдаются, примерно, в 40 % случаев. Эта статистика подчеркивает острую необходимость разработки эффективных методик стимуляции репаративного остеогенеза [Киселев И. Г., 2023; McGonagle D., 2009; и др.].

Контроль клеточной пролиферации, дифференцировки и точного перемещения клеток является одним из основных условий сохранения жизни высших организмов. При правильной организации эти процессы вносят существенный вклад в верное развитие организма и его способность защищаться от различных внешних факторов. В частности, в тканях, характеризующихся непрерывной регенерацией, необходим строгий контроль пролиферации стволовых клеток [Блаженко А. Н. и др., 2019; и др.].

От гормонов эти клетки отличает происхождение: факторы роста обычно секретируются недифференцированными клетками, распределенными по различным тканям, и их влияние может носить эндокринный, паракринный или аутокринный характер [Кощаев А. Г. и др., 2022].

Важно подчеркнуть роль механической стабильности в обеспечении эффективного восстановления костной ткани, особенно в сложных случаях, характеризующихся значительными костными дефектами или нарушением процесса заживления. Механическая стабильность представляет собой четвертую составляющую «алмазной концепции» заживления переломов, дополняя воздействие остеокондуктивного каркаса, факторов роста и остеогенных клеток, которые являются неотъемлемой частью сложного процесса восстановления костной ткани.

Неоценим вклад специалистов [Лукьяновский В. А., 1984; Самошкин И. Б., 1987; Белов А. Д., Плахотин М. В., Башкиров Б. А. и др. 1990; Илизаров Г. А. и др., 1994; Борисевич В. Б., 1994; Козлов Н. А., 2000; Майоров А. И., 2001; Шебиц Х., Брасс В., 2001; Самошкин И. Б., Тимофеев С. В., Слесаренко С. А., 2002; Тимофеев С. В., Мальцев К. Л., 2003; Ватников Ю. А., 2004; Концевая С. Ю., 2004; Анников В. В., 2006; Сахно Н. В., 2012; Блаженко А. Н. и др., 2019; Кощаев А. Г. и др., 2022; Киселев И. Г. и др., 2023, Elkins A. D., 1993; Denny H. R., 2000; и др.], которые изучали вопросы совершенствования стимуляции репаративного остеогенеза у животных.

Степень разработанности темы. Поиск методов терапии, позволяющих сократить сроки реабилитации пациентов, является актуальной темой исследований в травматологии и ортопедии. В настоящее время учеными ведется активная разработка фармакологических средств, способствующих ускоренной регенерации костной ткани как в экспериментальных, так и в клинических условиях.

Несмотря на совершенствование хирургических методов лечения переломов, использование современных материалов и передовых технологий внут-

ренного остеосинтеза и аппаратов внешней фиксации, до сих пор преобладающими проблемами остаются несращение или замедленное сращение отломков костей. Анализ научной литературы свидетельствует о возрастающем значении местных факторов, которые могут существенно влиять на процесс регенерации и восстановления костной ткани.

Очевидным является необходимость дальнейших всесторонних и глубоких исследований, направленных на разработку и совершенствование комплексных способов локальной стимуляции репаративного остеогенеза у животных.

Цель и задачи исследований. Целью работы являлось совершенствование комплексных способов локальной стимуляции репаративного остеогенеза у животных. Для достижения намеченной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить воздействие А-PRP-терапии на репаративную регенерацию костной ткани животных;
- провести сравнительный анализ аутологичных средств стимуляции репаративного остеогенеза у мелких домашних животных;
- установить влияние аппаратных компоновок моноклатеральной комбинации с угловой опорой на оптимизацию репаративного остеогенеза;
- представить сравнительную характеристику различных систем для обеспечения чрескостного остеосинтеза у мелких домашних животных;
- определить эффективность устройства для применения антисептической композиции при использовании спице-стержневых аппаратов внешней фиксации отломков костей;
- рассчитать экономическую эффективность аутологичного способа стимуляции репаративного остеогенеза.

Научная новизна. Впервые для стимуляции репаративного остеогенеза при свежих переломах трубчатых костей конечностей у животных были проведены комплексные исследования по применению аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмы (А-PRP-терапия). Для локальной стимуляции репаративного остеогенеза был применен ауторегенерат, который явился эффективным и перспективным средством, позволяющим не выполнять резекцию крыльев подвздошных костей с целью их трансплантации в зону дефекта кости. Впервые на основании сравнительного иммуноферментного анализа установлено, что наибольшим остеогенным потенциалом обладают ауторегенерат, полученный по оригинальной методике, и взвесь аспириата костного мозга. Установлено, что наиболее предпочтительный период блокирования области коленного сустава аппаратом внешней фиксации составляет от 2-х до 3-х недель независимо от возраста животного. Показана высокая эффективность спице-стержневых аппаратов внешней фиксации для применения антисептической композиции с целью профилактики гнойно-воспалительных процессов костных и мягкотканых структур. Диссертационная работа выполнялась в соответствии с планом НИР Кубанского ГАУ, регистрационный номер 121032300041-1, тема № 13, раздел 13.2.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически обосновано, что фактор роста фибробластов (FGF1) и костный морфогенетический белок 7 (BMP7) являются наиболее важными цитокинами, влияющими на процесс репаративного остеогенеза. Установлено, что эффективным и перспективным средством локальной стимуляции репаративного остеогенеза является ауторегенерат, а его трансплантация – высокоэффективной и несложной процедурой. Применение компоновок монолатеральной комбинации с угловой опорой для лечения внутрисуставных переломов коленного сустава, а также дистальных околосуставных переломов бедренной кости у собак и кошек целесообразно с точки зрения необходимости защиты оперируемой области от силовых воздействий во время заживления перелома. Для обеспечения функционального многообразия аппаратных комбинаций, конструкции, исследуемые в работе, используют радиусные компоненты (кольца и их производные), которые берут свое начало от колец, представленных в системе Илизарова. Расширяет клинический диапазон применения аппаратных конструкций для чрескостного остеосинтеза наличие специальных зажимных устройств в системах. Увеличивает технологические возможности применения аппаратов наружной фиксации при необходимости пространственного управления аппаратными конструкциями как при операциях, так и в послеоперационном периоде – использование поворотных механизмов в виде кронштейнов.

Научные разработки и положения диссертационного исследования внедрены в учебный процесс по курсам «Оперативная хирургия с топографической анатомией», «Общая и частная хирургия» и научно-исследовательскую работу пяти аграрных вузов России (Кубанский ГАУ, Воронежский ГАУ, Горский ГАУ, Донской ГАУ, Южно-Уральский ГАУ), а также в работу трех ветеринарных клиник (Бион+, ДЖиМ, Vita).

Методология и методы исследований. Научные труды отечественных и зарубежных ученых по теме диссертационной работы в области ветеринарной хирургии явились методологической основой исследований. При выполнении исследований применялись общепринятые в ветеринарной практике и специальные методы: клинические, рентгенографические, биохимические, морфологические, лабораторные, иммунологические. Аналитические данные, полученные в ходе экспериментальных работ, обрабатывались методом вариационной статистики.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- воздействие А-PRP-терапии на репаративную регенерацию костной ткани;
- анализ аутологичных средств стимуляции репаративного остеогенеза в сравнительном аспекте;
- оптимизация репаративного остеогенеза под влиянием аппаратных компоновок монолатеральной комбинации с угловой опорой;

- характеристика различных систем для обеспечения чрескостного остеосинтеза у мелких домашних животных в сравнительном аспекте;
- устройство для применения антисептической композиции при использовании спице-стержневых аппаратов наружной фиксации;
- экономическая эффективность аутологичного способа стимуляции репаративного остеогенеза.

Степень достоверности и апробация результатов. Материалы диссертации доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава Кубанского ГАУ (2019–2023), ученых советах факультета ветеринарной медицины и факультета пищевых производств и биотехнологий Кубанского ГАУ (2020–2024), а также на 12-ти научно-практических конференциях различного уровня (2019–2024).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 11 научных работ, из них 5 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и 3 статьи в журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus. Получено два патента РФ на изобретение, опубликованы методические рекомендации.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа включает введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты собственных исследований, обсуждение результатов исследований, заключение, список литературы и приложения. Работа представлена на 150 страницах машинописного текста, содержит 9 таблиц, 30 рисунков. Список литературы включает 258 источников, в том числе 154 – на иностранном языке.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в период с 2019 по 2023 гг. на базе кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики Кубанского ГАУ. Алгоритм исследования представлен в общей схеме исследований (рисунок 1).

Материалом исследований послужили кролики породы фландр возрастом 11–12 мес, бараны романовской породы в возрасте 1–1,5 лет, а также породистые и беспородные собаки и кошки.

В исследованиях использованы клинические, физиологические, рентгенографические, морфологические, биохимические, иммунологические и другие методы, которые проводили по общепринятым методикам.

Изучение механизма и влияния терапии препаратами аутологичной плазмы (А-PRP) на регенеративные процессы костной ткани конечностей проводилось на 40 гол. взрослых кроликов. С учетом принципа парных аналогов животных распределили на две равноценные группы по 20 особей в каждой. Животным из опытной группы на 5-е сутки после остеотомии вводили богатую тромбоцитами плазму в место перелома, а в контрольной группе А-PRP-терапию не применяли.

Мы провели сравнительный анализ средств, которые могут стимулировать процесс репаративного остеогенеза. Этими средствами были красный

костный мозг (ВМАС), плазма, обогащенная тромбоцитами (А-PRP), и ауто-регенерат (полученный коллективом под руководством проф. А. Н. Блаженко по нашей собственной методике). Для этой цели мы использовали иммуноферментный анализ, который позволил нам определить уровень известных факторов роста в каждом из этих средств.

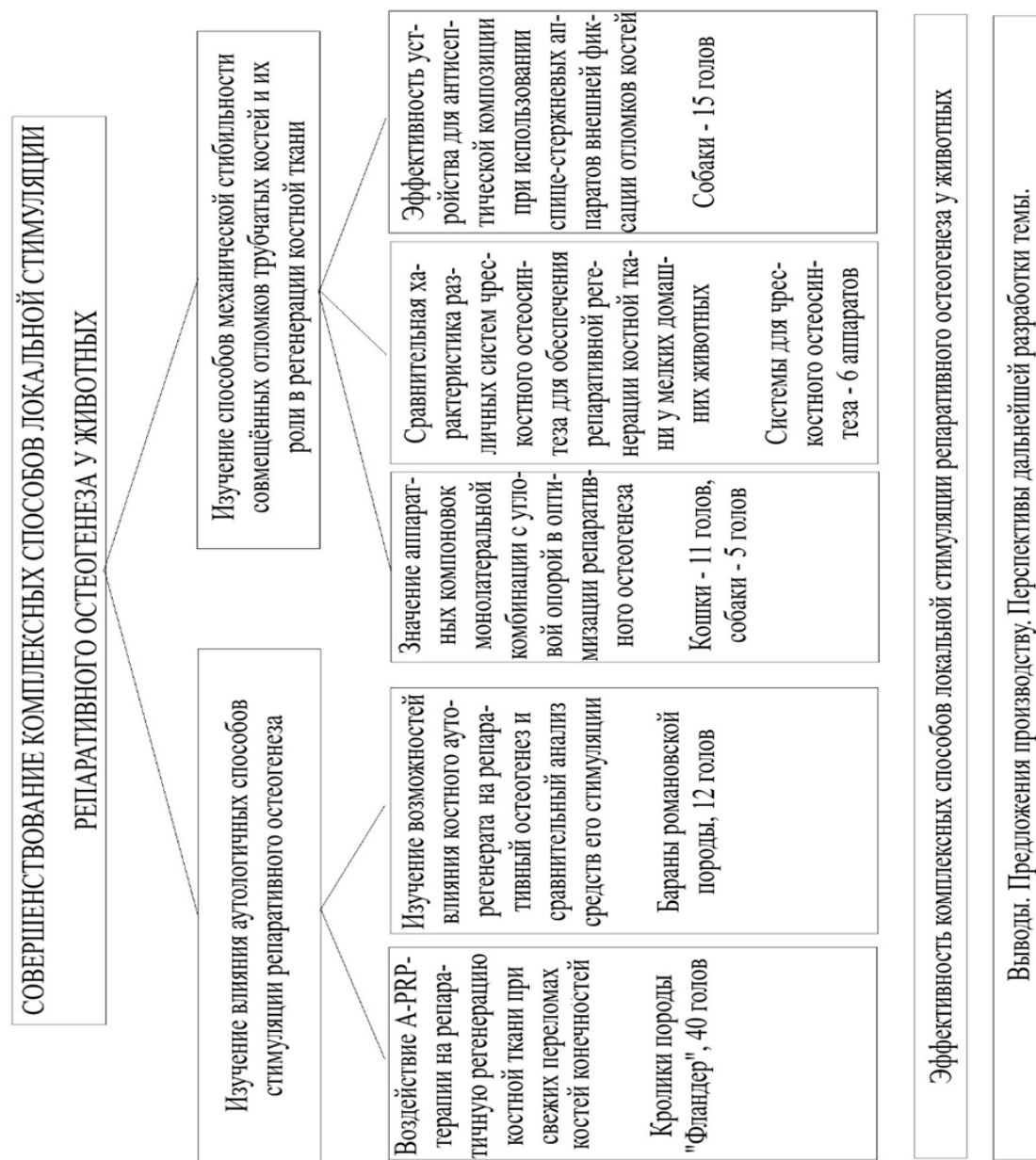


Рисунок 1 – Общая схема исследований

Для изучения способов механической стабильности и уточнения роли механической стимуляции в регенерации костной ткани использовали ветеринарный ортопедический набор «Vosys – Optima». Для лечения животных с переломами в области коленного сустава использовали моноблоки полифункциональные без отжимного штока, стержни для чрескостного введения различного диаметра в зависимости от размеров животного, а также опоры разного диаметра с изгибом 125–130°. Всего было проведено 16 операций

(прооперированы 5 собак и 11 кошек). Собаки поступали весом от 4 до 15 кг, возрастом – от 5 до 38 мес. Кошки весом были от 1,2 до 5 кг, возрастом – от 4 до 41 мес. Используемые опоры были диаметром 3, 4 и 5 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Регистрируемые в нашем исследовании переломы (М)

Вид животного	Эпифизиолиз	Пресуставной перелом	Внутрисуставной перелом	Сочетанный перелом	Всего
Собака	3	2	0	0	5
Кошка	4	2	3	2	11

С целью сравнения характеристик различных систем: Г. А. Илизарова (РФ), Imex (США), Киршнера (ФРГ), Securos (США), Ad Maiora (Италия) и Vosys-Optima (РФ, автор проекта И. Г. Киселев) для обеспечения чрескостного остеосинтеза у мелких домашних животных в современной ветеринарной практике мы проанализировали возможности сборки аппаратных конструкций из деталей исследуемых систем с точки зрения аппаратных конфигураций.

С целью изучения эффективности применения устройства для антисептической композиции при использовании спице-стержневых аппаратов наружной фиксации в ветеринарную клинику «Бион+» были доставлены 15 беспородных собак с открытыми оскольчатыми переломами правой (8 гол.) и левой голени (7 гол.).

Все эксперименты, связанные с животными, были проведены в строгом соответствии с законодательством и нормативными актами, включая Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. № 708н «Об утверждении Правил лабораторной практики». Мы также придерживались директивы 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г., имеющей непосредственное отношение к защите животных, используемых в научных целях, и Европейской конвенции по защите позвоночных животных, применяемых в экспериментах и научных исследованиях, утвержденной 18 марта 1986 г. в Страсбурге.

Исследования проводили соблюдая «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приказ Минвуза СССР от 13 ноября 1984 г. № 742) и современные Принципы надлежащей лабораторной практики, которые вступили в силу в России с 2010 г. и включают в себя соблюдение международных стандартов GLP (надлежащей лабораторной практики) в доклинических, вне клинических и экспертных исследованиях.

Независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ было одобрено проведение наших исследований, как указано в протоколе № 80 от 27 сентября 2021 г.

Экономическую эффективность (Эр) хирургических операций и хирургических способов лечения животных определяли по общепринятой формуле: $Эр = Mx \times Pac - (От + Мз + Осс + Омс + Опо + Аос) : Зв.$

Данные, полученные в ходе исследований, были подвергнуты биометрическому анализу с использованием стандартного программного обеспечения Microsoft Excel 2016. При необходимости сравнения средних значений в нормально распределенных группах использовали t-критерий Стьюдента.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Воздействие А-PRP-терапии на репаративную регенерацию костной ткани при свежих переломах костей конечностей

В связи с ростом частоты травм перед травматологией встают все более сложные вопросы. И один из первоочередных – ускорение процесса сращения костных отломков. Хорошо зарекомендовавшей себя методикой усиления регенерации костной ткани является А-PRP-терапия. Этот метод предусматривает введение непосредственно в место перелома аутологичной богатой тромбоцитами плазмы, которая содержит разнообразные тромбоцитарные факторы роста, включая IGF-I, IGF-II, PDGF, VEGF, ECGF, TGF, FGF и др.

Для изучения механизма и влияния терапии препаратами аутологичной плазмы (А-PRP) на регенеративные процессы костной ткани конечностей был проведен эксперимент на взрослых кроликах (11–12 мес) породы фландр.

Животных распределили на две группы по 20 особей в каждой. Особям опытной группы на 5-е сут после остеотомии вводили богатую тромбоцитами плазму в место перелома, а в контрольной группе А-PRP-терапию не применяли.

На рентгенограммах 21-го дня отмечают выраженные различия в размерах костной мозоли, обозначенные стрелкой на рисунке 2. Нами установлено, что по сравнению с животными контрольной группы, в опытной группе отмечали повышенный уровень активности. Время исследования соответствует 16 дням после введения PRP.



Рисунок 2 – Рентгенограмма места перелома на 21-е сут, где опытная (А) и контрольная (Б) группы, 3 – зона формирования костной мозоли

Гистологическая оценка качества костной мозоли показала, что в контрольной группе она имеет умеренную ширину, а развитие хрящевой ткани хорошо выражено. Мезенхима частично трансформирована в адипоциты, а в костных лакунах содержится умеренное количество клеточных элементов.

Расчет экономической эффективности применения кроликам А-PRP-терапии показал ее эффективность на 1 руб. затрат – 2,45 руб., а экономический эффект от введения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы собакам составил в среднем 1547 руб./гол. (по ценам 2023 г.), что делает эту технологию лечения не только клинически эффективной при терапии свежих переломов костей конечностей, но и более экономически доступной.

Следует отметить, что обогащенная плазма обладает ограниченными остеоиндуктивными свойствами.

3.2 Изучение возможностей влияния костного ауторегенерата на репаративный остеогенез и сравнительный анализ средств его стимуляции

Общеизвестно, что перспективным является метод локальной стимуляции репаративного остеогенеза с использованием цитокинов или факторов роста. В качестве стимуляторов используют введение аспирата костного мозга (ВМАС), применение обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP) и использование синтезированных факторов роста, таких как костные морфогенетические белки (BMPs), факторы роста фибробластов (FGF) и др.

Нами установлено превалирование определенного рода цитокинов в ауторегенерате: наибольшая концентрация у факторов роста фибробластов (FGF1) и морфогенетического белка костей 7 (BMP7). Такие факторы как инсулиновый фактор роста IGF1, трансформирующий фактор роста бета TGF β и костный морфогенетический белок 6 BMP6 напротив, присутствовали в сравнительно меньших концентрациях.

Сравнивая результаты содержания факторов роста с полученным по нашей методике ауторегенератом, наиболее сходной оказалась взвесь красного костного мозга. Концентрация этих факторов в обогащенной тромбоцитами плазме крови намного ниже.

Мы установили, что полученный по оригинальной методике ауторегенерат имеет существенные отличия от наиболее распространенных в практике локальной стимуляции репаративного остеогенеза ВМАС и PRP.

Нами проведен острый эксперимент, целью которого было изучение влияния ауторегенеративной трансплантации на сложные процессы, определяющие репаративный остеогенез. Была проведена оценка различных параметров, включающая клинические наблюдения, рентгенографическую оценку, углубленный гистологический и иммуногистологический анализ.

Была создана аналогичная модель перелома. Однако, в отличие от опытной группы, животным контрольной группы местную стимуляцию репаративного остеогенеза не проводили. В опытной группе при формировании модели перелома большеберцовой кости у всех животных был применен трансплантат ауторегенерата.

На 21-й день часть животных была подвергнута эвтаназии для последующего вскрытия, гистологического исследования и иммуногистохимической

оценки. Установлено, что у животных наблюдалось полное сращение отломков кости. Более того, при полном осмотре было видно, что клиновидный дефект в месте перелома успешно реконструирован костной тканью вплоть до костномозгового канала и пространства под пластиной (рисунок 3).

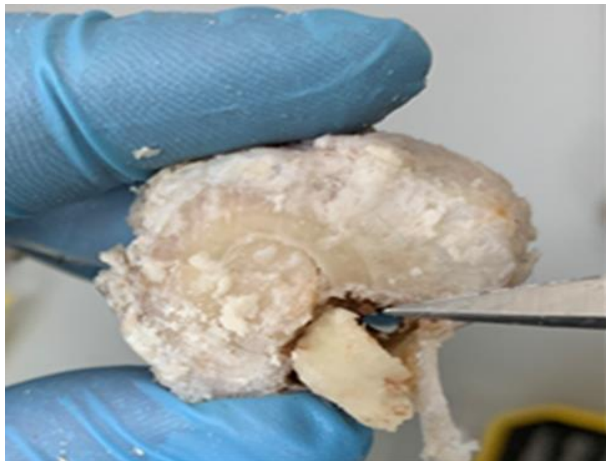


Рисунок 3 – Большеберцовая кость (через 3 нед после пересадки ауторегенерата)

Результаты исследования свидетельствуют о том, что новообразованная кость имела значительно более тонкие трабекулы и менее выраженный клеточный компонент. Иммунофенотипирование клеток в области регенерации показало, что присутствовали умеренное количество клеток, позитивных по остеокальцину, и небольшое количество клеток, позитивных по остеопонтину. Исследование выявило значительное присутствие MRC2-позитивных клеток, причем преобладающая популяция макрофагов располагалась в соединительной ткани, а остеокласты – в основном в формирующейся кости. Полученные результаты наглядно свидетельствуют об умеренной воспалительной реакции, сопровождающей резорбцию костной ткани.

Сравнительный иммуноферментный анализ ауторегенерата, полученного по авторской методике, и суспензии аспирата костного мозга характеризуются наибольшим потенциалом для стимулирования остеогенеза.

3.3 Значение аппаратных компоновок молатеральной комбинации с угловой опорой в оптимизации репаративного остеогенеза

По мнению многих исследователей [Илизаров Г. А., 1976; Анников В. В., 2003; Киселев И. Г., 2023; Elkins A. D., 1993; Denny H. R., 2000; и др.], наиболее сложной задачей является оптимизации репаративного остеогенеза при пресуставных и внутрисуставных переломах включая области коленного сустава у собак и кошек. Используемые при этом тонкие спицы, серкляж, пластины и их сочетание в зависимости от переломной области и сложности перелома очень часто не обеспечивают достаточной стабильности остеосинтеза.

На этом этапе были изучены репаративные процессы, происходящие в суставах у оперированных животных при длительной блокаде аппаратными конструкциями на период заживления пресуставных и внутрисуставных переломов.

Наибольшую распространенность в исследовании получили переломы у кошек, причем отрыв по зоне роста (эпифизиолиз дистального эпифиза бедренной кости) в исследовании наблюдался у четырех кошек. Пресуставные переломы без вовлечения физиса произошли у двух кошек. В трех случаях отмечены переломы с расщеплением мышцелков по центру и сколом мышцелка без фрагмента диафиза (во всех трех случаях – вовлечены латеральные мышцелки). В двух случаях произошли сочетанные переломы, включавшие в себя внутрисуставной перелом мышцелков со сколами стенки и оскольчатый перелом диафиза кости более $\frac{1}{5}$ его длины.

Группа собак состояла из пяти животных, при этом эпифизиолиз в чистом виде наблюдался у одной собаки, где конгруэнтность поверхностей физиса была максимально анатомической, в двух других случаях имело место «стесывание» поверхностей физиса с образованием костной крошки и мелких осколков с фрагментами хряща (рисунок 4).

Пресуставной перелом с небольшими осколками (менее 5 мм) и двумя осколками до 15 мм отмечали у двух собак. Внутрисуставные переломы у собак в данном исследовании мы не регистрировали. Во всех случаях (у собак и кошек) произошло смещение отломков. Переломов обеих конечностей у одного животного за данный период времени нам не встретилось. Причины травматизма были следующие: с пятью кошками владельцы обратились в клинику по поводу падения с высоты, в двух случаях владельцы животных визуализировали травму вызванную наездом автомобиля, в четырех случаях причины травмы остались неизвестны, но владельцы ввиду свободного выгула животных подозревали в качестве причин переломов наезд автотранспорта. В группе собак причиной травматизма была травма вызванная автомобильным транспортом во всех случаях. Симптоматически у всех животных при обследовании отсутствовала опора конечности. Общее состояние у всех животных на момент приема было удовлетворительным.

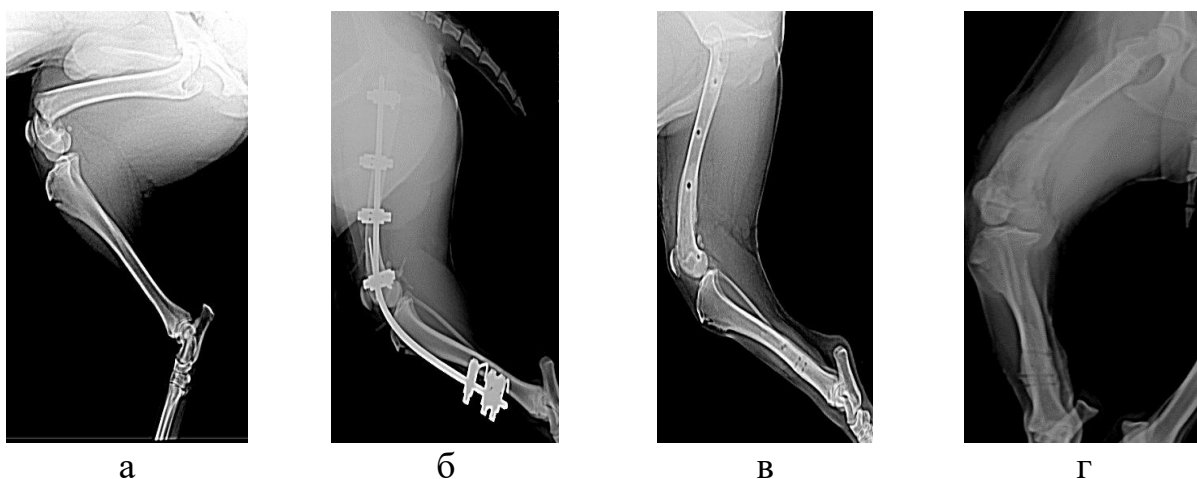


Рисунок 4 – Рентгенографические снимки собаки:

а – эпифизиолиз дистального эпифиза бедренной кости с костной крошкой и мелкими осколками; б – фиксация перелома спицей и аппаратной конструкцией; в, г – состояние зажившего перелома после снятия аппарата и спицы

Как правило, оперативные вмешательства проводились либо в день получения травмы, либо на следующий. После дачи нейролептаналгетических средств и проведения эпидуральной анестезии, по противоположной здоровой (контралатеральной интактной) конечности определяли угол максимального сгибания в коленном суставе у конкретного животного при помощи цифрового угломера ADA Angle Ruler 20.

Все операции проводили открытым способом с рассечением капсулы коленного сустава и удобным доступом к оперируемому участку. После анатомической репозиции дистального отломка удерживая его цапками проводили одну или две тонкие спицы под углом к поперечнику мышцелков от нижней части дистального отломка через его толщу в проксимальный отломок. В случае переломов мышцелков проводили их сжатие и поперечно фиксировали одной или двумя спицами с приданием полного анатомического соответствия. Концы спиц скусывали и ушивали послойно операционную рану. В случае образования высокого отломка дополнительно накладывали проволочный серкляж (рисунок 5).

Затем накладывали аппаратную конструкцию с изогнутой опорой на 125–130°. Далее проводили засверливание стержней в бедренную и большеберцовую кость, затем крепили стержни с помощью полифункциональных моноблоков без применения отжимного штока.

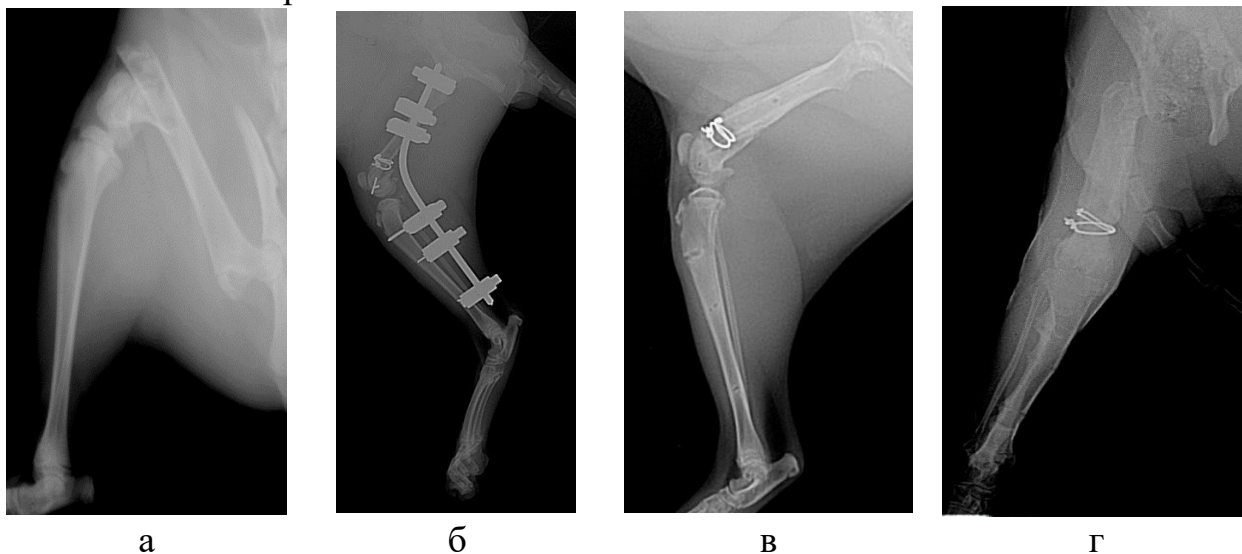


Рисунок 5 – Рентгенографическая картина операционного и послеоперационного этапов у кошки:

а – сочетанный внутрисуставной перелом мышцелков со сколами стенки и оскольчатый перелом диафиза кости более $\frac{1}{5}$ его длины; б – перелом стабилизированный спицами, серкляжем и аппаратной конструкцией; в, г – состояние бедренной кости после заживления перелома и демонтажа аппаратной конструкции (серкляж не удалялся)

Критерием стабильности переломной области и показаниями для демонтажа аппаратов служили результаты клинического обследования с отсутствием микроподвижности в области перелома при полном ослаблении деталей

конструкции, а также рентгенографическое обследование. Исходя из полученных нами данных, явления контрактуры оперированных конечностей после демонтажа аппаратного блока в нашем исследовании в той или иной степени выраженности регистрировались у животных, где фиксация в аппарате была более 2 нед. У животных, которым аппаратные конструкции удалили через две недели, наличия контрактуры нами не регистрировалось, при этом хромота у этих животных могла наблюдаться от 3 до 12 дней, потеря мышечной массы бедра в виде уменьшения ее объема не наблюдалась. Картина была аналогичной как для кошек, так и для собак. У животных, где фиксация в аппаратах была три недели, степень выраженности контрактуры была незначительна, при этом отмечалась потеря мышечного объема.

В случаях фиксации 4 нед у животных отмечалась более выраженная контрактура, происходила потеря мышечного объема, зафиксировано уплотнение мышц. Отмечалась выраженная хромота. При этом контрактура во всех клинических случаях имела обратимый характер – все животные через разные промежутки времени полноценно стали использовать конечность без признаков хромоты, объем мышц был восстановлен полностью.

Срок нахождения в аппаратной конструкции 4 нед и более отмечается выраженной контрактурой и хромотой, при этом имеющих обратимый характер с полным восстановлением функции конечности в промежутке от двух до четырех недель без применения терапии. Последствий в виде контрактуры и хромоты в отдаленный период (более года) у оперированных животных не наблюдали. Процессу репаративной регенерации костной ткани может препятствовать длительное (субхроническое) воспаление.

3.4 Сравнительная характеристика различных систем чрескостного остеосинтеза для обеспечения репаративной регенерации костной ткани

По мнению специалистов [Илизаров Г. А., 1984; Еманов А. А., 2008; Киселев И. Г., 2020; Rezaian S. M., 1971; и др.], для обеспечения репаративной регенерации костной ткани необходимо использование эффективных систем для проведения остеосинтеза – в первую очередь наружного, как наиболее физиологичного и менее травматичного.

В основе технологии чрескостного остеосинтеза лежит возможность стабилизации костных фрагментов в пределах скелетной структуры. Такая стабилизация может потребоваться как в ответ на спонтанные переломы, так и в плановом порядке после остеотомии. При этом используются стержни или штифты, которые крепятся к различным внешним устройствам.

Нами был проведен синтез и анализ научных публикаций, посвященных применению различных систем для наружного остеосинтеза, используемых в современной ветеринарной медицине (таблица 2).

В качестве базовой модели для изучения функциональности различных систем чрескостного остеосинтеза применяемых в мировой ветеринарной практике использовали систему Илизарова. Такой подход позволя-

ет изучить разнообразные конструкции и аппараты, собранные из различных компонентов, имеющих оптимальную клиническую применимость. Следует отметить, что система Илизарова находит широкое применение при лечении как осевых, так и периферических отделов скелета, охватывая череп (включая нижнюю челюсть), позвоночник, таз, а также весь пояс верхних и нижних конечностей, включая стопу и пяточную область. Эта особенность делает систему Илизарова универсальной и пригодной для клинического применения в ветеринарии. Поэтому, исследуемую и применяемую нами систему Vosys-Optima в техническом контексте мы противопоставляли системе Илизарова, а также системам предложенным зарубежными авторами.

Таблица 2 – Структура компонентов исследуемых систем для чрескостного остеосинтеза

Система	Первичные системообразующие компоненты	Дополнительные компоненты
Г. А. Илизарова	<ul style="list-style-type: none"> • Дуги (кольца) с круглыми отверстиями по периферии различных типоразмеров резьбовые стержни • Спицефиксаторы • Гайки 	Планки, кронштейны, балки, карданы, расширенная линейка спице- и стержнефиксаторов, телескопические опоры
Киршнера	Зажимные устройства и гладкие опоры в трех типоразмерах	Нет
IMEX	Зажимные устройства и гладкие опоры в трех типоразмерах	Полноценные копии дуг (колец), кронштейнов, встречаемых в системе Илизарова
<u>Ad Maiora</u>	Зажимные устройства и гладкие опоры в трех типоразмерах	Оригинальные дугокольцевые компоненты с характерным пазирированным радиусом
SECUROS	Зажимные устройства и гладкие опоры в трех типоразмерах	Полноценные копии дуг (колец), встречаемых в системе Илизарова
Vosys-Optima	Зажимное устройство в одном универсальном типоразмере. Гладкие опоры разных типоразмеров	Оригинальные дугокольцевые компоненты со способностью фиксировать резьбовые и безрезьбовые стержни

Ряд аппаратных систем, рассматриваемых в настоящем исследовании, действительно обладает заметным преимуществом, так как позволяет создавать аппаратные компоновки в различных пространственных ориентациях, что согласуется с устоявшимися системами классификации. Несмотря на то, что в мире предложено множество классификационных схем аппаратов внешней фиксации, многие отечественные специалисты [Еманов А. А., 2018; Киселев И. Г., 2020; Коцаев А. Г., 2022; и др.] особо выделяют систему классификации, представленную Л. Н. Соломиным в 2015 г. (таблица 3).

Таблица 3 – Возможность формирования аппаратных конфигураций при использовании различных систем

Тип конфигурации	Система					
	Илизарова	IMEX	Киршнера	SECUROS	Ad Ma-iora	Vosys-Optima
Монолатеральная	+/-	+	+	+	+	+
Билатеральная	+/-	+	+	+	+/-	+
Секторная	+	+	+	+/-	+	+
Полуциркулярная	+	+	-	+/-	+/-	+
Циркулярная	+	+	-	+/-	+/-	+
Гибридная	+/-	+	-	+	+/-	+

Примечание: «+» – полноценная техническая оснащенность системы для возможности формирования аппаратной конфигурации; «+/-» – неполноценная техническая оснащенность системы для формирования аппаратной конфигурации; «-» – отсутствие технической возможности системы формировать аппаратную конфигурацию.

Отличительной особенностью данной классификации является архитектурная оценка конфигураций аппаратов, позволяющая получить комплексное представление о биомеханических свойствах, присущих создаваемым аппаратным конструкциям. Таким образом, как видно из таблицы 3, система Илизарова позволяет создавать устройства с круговым, полукруговым и секторным расположением. Эти конфигурации могут обеспечивать как линейное, так и многоосевое движение благодаря использованию дополнительных устройств, таких как вращающиеся кронштейны и карданные шарниры, что оптимально в ветеринарной практике для ортопедии непродуктивных животных.

Данная система позволяет построить каркас аппарата, используя комбинацию колец, полуколец и дуг. Более того, в качестве перпендикулярных элементов можно использовать как спицы, так и стержни, прикрепляя их либо к плоскости радиусных элементов, либо к кронштейнам с различной конфигурацией отверстий.

Нами установлено, что за счет использования радиусных компонентов, в том числе колец и их вариаций, достигается широкий спектр аппаратных комбинаций. Эти компоненты берут свое начало в системе Илизарова, обеспечивая основу для функционального разнообразия. Включение в состав этих систем специализированных зажимных устройств расширяет их клиническое применение в чрескостном остеосинтезе.

Интеграция поворотных механизмов значительно расширяет технологические возможности аппаратов внешней фиксации. Они оказывают неоценимую помощь при необходимости точного пространственного контроля аппаратных конструкций как во время хирургического вмешательства, так и в послеоперационном периоде и в конечном итоге обеспечивает оптимальную локальную стимуляцию репаративного остеогенеза.

3.5 Эффективность устройства для антисептической композиции при использовании спице-стержневых аппаратов внешней фиксации отломков костей

Достоверно известно, что локальная стимуляция репаративного остеогенеза у животных не достигнет своих результатов, если в зоне перелома не обеспечены асептические условия. В ветеринарной практике часто регистрируются случаи гнойных осложнений костных и мягкотканых структур при использовании спице-стержневых аппаратов наружной фиксации после операционных вмешательств. Нами проведена апробация устройства, повышающего эффективность лечения открытых и ушитых кожно-мышечных ран при открытых переломах и погружном остеосинтезе. Инфекция может поражать всю кость при этом микроциркуляция будет нарушена, а течение инфицированных переломов осложняется костными дефектами, утратой мягких тканей и возникновением вторичной инфекции.

И. Г. Киселев с соавторами (2018) представили состав для послеоперационного ухода за травматолого-ортопедическими больными, получающими лечение вкуче с различными аппаратами внешней фиксации. Эта композиция отличается мощным антимикробным, противовоспалительным и ранозаживляющим действием, что подтверждается экспериментальными исследованиями и клиническими результатами. Его применение создает стерильную среду, способствующую заживлению раны, эффективно защищает ее от контаминации и инфицирования, а также является профилактической мерой против гнойных осложнений и послеоперационного остеомиелита.

Нами установлено, что применение этой композиции сократило продолжительность лечения за счет уменьшения осложнений, связанных с присоединением вторичной инфекции. Это значительно повысило качество результатов лечения.

Учитывая трудоемкость антисептических процедур, в ветеринарной клинике «Бион+» нами при участии канд. вет. наук И. Г. Киселева было сконструировано специальное устройство для дозированного применения антисептической композиции, которое мы испытывали в своей работе.

Устройство представляет собой комплексную систему, состоящую из нескольких основных компонентов. Оно включает в себя дозирующий элемент, состоящий из шприца, аппликаторов и капиллярных трубок, соединенных с коллектором. Капиллярные трубки заканчиваются переходными канюлями для эффективной доставки. На одном конце коллектора имеется входное отверстие для присоединения шприца, а на противоположной стороне – конические патрубки, предназначенные для присоединения капиллярных трубок. Для удобства использования в контексте устройства внешней фиксации коллектор оснащен фиксирующим элементом.

Возможность крепления этого устройства к системе внешней фиксации с помощью зажима значительно повышает удобство работы и эффективность

лечения. Аппликатор обладает такими отличительными особенностями, как гибкость и плоская структура с перфорацией на одной стороне, что позволяет точно наносить жидкость на гигроскопичные материалы при непосредственном контакте с кожей, окружающей места выхода спиц и стержней или раневые поверхности.

Такой способ нанесения обеспечивает стерильность и эффективно подавляет размножение бактериальной микрофлоры, что приводит к снижению уровня интоксикации и уменьшению вероятности развития вторичных инфекций.

В ветеринарную клинику в период с 14.07.2021 по 31.05.2023 были доставлены 15 беспородных собак с открытыми оскольчатыми переломами правой (8 гол.) и левой голени (7 гол.).

Оперативное вмешательство начиналось с репозиции костных фрагментов путем открытой операции. После этой репозиции костные фрагменты были надежно стабилизированы с помощью кольцевого внешнего фиксатора. В ходе операции на разных уровнях проксимального и дистального костных фрагментов были установлены шесть чрескостных резьбовых фиксаторов. Эти фиксаторы были соединены с опорными конструкциями кольцевого устройства, обеспечивая надежную и прочную фиксацию. После успешной репозиции и фиксации костных фрагментов хирургический разрез, первоначально сделанный для доступа к костным фрагментам, был аккуратно закрыт серией из 7–9 петлевых швов, что позволило эффективно завершить хирургическую процедуру.

Выставленные на стержни через марлевую прокладку, которую накладывали на обезжиренную поверхности кожи в местах входа и выхода спиц, капиллярные трубки были соединены с аппликаторами. Перфорированной стороной аппликатора прижимали к раневому отверстию. На образованную операционную рану кроме этого, накладывали узкую марлевую салфетку, на которую разместили три прямоугольных аппликатора, подключенные к 4-канальному коллектору. Заглушками закрывали неиспользованные патрубки коллекторов. В оба коллектора при помощи инъекционного шприца объемом 20 мл подавали заранее приготовленную композицию. По интенсивности их увлажнения определяли степень насыщения марлевых салфеток композицией.

Согласно наставлению по применению стандартная мера для процедуры была установлена на уровне 5 мл указанного раствора. Для профилактики развития хирургической инфекции в операционных ранах, согласно рекомендациям автора, применяли объем 10 мл. Применение указанного состава осуществлялось дозами в 5 и 10 мл с интервалом в 48 ч, всего 7 инъекций.

По достижении 14-го дня после оперативного вмешательства проводилась тщательная клиническая оценка области проникновения стержня в кожу.

У всех обработанных животных наблюдалось полное отсутствие каких-либо выделений из области, где стержень проколол кожу. При надавливании на кожу в месте контакта со стержнем не наблюдалось выделений в виде гноя, жидкости или слизи. Кроме того, в месте контакта не наблюдалось покраснения, болезненности или припухлости.

Комплексный осмотр операционных ран позволил сделать несколько важных выводов. Во-первых, место шва было сухим, вокруг раневого отверстия отмечено незначительное слущивание. Компрессионная ямка, оставшаяся после снятия швов, имела сухую поверхность.

Кроме того, выходные каналы дренажных трубок также были сухими, что свидетельствует о благополучном заживлении. Процесс снятия швов проходил без боли, отсутствовали признаки покраснения, отека и расхождения краев раны.

После этого хирургический раневой коллектор был аккуратно удален. Одновременно с этим в области контакта стержней с кожей проводилась трехнедельная профилактическая обработка по той же схеме. На этом этапе периодичность лечения была скорректирована: процедуры проводились один раз в три дня, всего было проведено семь процедур.

К 21 дню после наложения вторичной повязки стало очевидно, что места контакта стержней с кожей остаются сухими, без выделений, безболезненными и без признаков воспаления.

Удаление аппаратуры было запланировано через 35 дней после завершения процесса заживления перелома. Важно, что плотность фиксации стержней в кости оставалась неизменно оптимальной на протяжении всего периода использования аппаратуры.

Нами установлено, что в течение всего периода курации у всех 15-ти животных не было отмечено никаких признаков воспаления в месте раны или в тех местах, где стержни и спицы пересекали кожу, что свидетельствует об успешном предотвращении воспалительной реакции. Заживление ран достигло оптимального состояния, о чем свидетельствует беспрепятственное снятие швов и дренажной системы на 14-е сутки. Установлено отсутствие каких-либо выделений из раневых каналов во время лечения животных с переломами. Это предотвращает мацерацию в местах установки чрескостных стержней и эффективно минимизировать риск нагноения в этих областях, снизив вероятность развития контактного дерматита.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности устройства, в контексте спице-стержневых систем внешней фиксации, демонстрируя его возможности в профилактике и лечении гнойно-воспалительных процессов в костных и мягкотканых структурах, что в свою очередь оказывает положительное влияние на локальную стимуляцию репаративного остеогенеза у животных.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

1. Применение аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмы для сращения переломов диафиза большеберцовой кости приводит к значительному ускорению процесса остеогенеза. Срок сращения переломов в среднем сокращается на $9,5 \pm 1,1$ %. Расчет экономической эффективности применения кроли-

кам А-PRP-терапии показал ее эффективность на 1 руб. затрат 2,45 руб., а экономический эффект от введения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы собакам составил в среднем 1547 руб./гол. (по ценам 2023 г.), что делает эту технологию лечения не только клинически эффективной при терапии свежих переломов костей конечностей, но и более экономически доступной.

2. Среди наиболее распространенных способов локальной стимуляции репаративного остеогенеза выделяют ВМАС и А-PRP-терапию, с применением аутологичных препаратов обогащенной тромбоцитами плазмы и аспириата красного костного мозга. Установлено существенное качественное различие между ауторегенератом, полученным по оригинальной методике, и ранее указанными препаратами, аналогично предназначенными для регенеративного лечения.

3. В результате проведенного сравнительного анализа содержания факторов роста в плазме, красном костном мозге, ауторегенерате и А-PRP-плазме получили следующие результаты:

- костный морфогенетический белок 7 (BMP7) и фактор роста фибробластов (FGF1) в большей степени преобладают в ауторегенерате (1700 пг/мл и 8,5 пг/мл, соответственно);

- содержание таких цитокинов как костный морфогенетический белок 6 (BMP6), инсулиноподобный фактор роста (IGF1), трансформирующий фактор роста бета (TGFb) в ауторегенерате значительно меньше (41 пг/мл, 14 нг/мл и 19 пг/мл, соответственно);

- А-PRP плазма содержит большое количество (до 4,05 нг/мл) фактора роста тромбоцитов (PDGF).

4. Фактор роста фибробластов (FGF1) и костный морфогенетический белок 7 (BMP7) являются цитокинами, играющими решающую роль в процессе репаративного остеогенеза. Наибольшим остеогенным потенциалом обладают ауторегенерат, полученный по оригинальной методике, и взвесь аспириата костного мозга. Процедура трансплантации ауторегенерата является простым, эффективным и перспективным средством локальной стимуляции репаративного остеогенеза.

5. Целесообразно применение компоновок монолатеральной комбинации с угловой опорой для лечения внутрисуставных переломов коленного сустава, а также дистальных околосуставных переломов бедренной кости у собак и кошек. Наиболее предпочтительный период блокирования области коленного сустава аппаратом наружной фиксации в нашем исследовании составлял от двух до трех недель независимо от возраста животного.

6. При сроке нахождения в аппаратной конструкции 4 нед и более отмечается выраженная контрактура и хромота, при этом имеющие обратимый характер с полным восстановлением функции конечности в промежутке от двух до четырех недель без применения какой либо терапии. Последствий в виде контрактуры и хромоты в отдаленный период (более года) у оперированных животных не наблюдали.

7. Используемые радиусные компоненты (кольца и их производные), которые берут свое начало от колец, представленных в системе Илизарова, обеспечивают функциональное многообразие аппаратных комбинаций. Наличие специальных зажимных устройств в системах расширяет клинический диапазон применения аппаратных конструкций для чрескостного остеосинтеза. Использование поворотных механизмов в виде кронштейнов (карданов, шарниров) расширяет технологические возможности применения аппаратов наружной фиксации при необходимости пространственного управления аппаратными конструкциями как при операциях, так и в послеоперационном периоде.

8. Предлагаемое устройство и антисептическая композиция для профилактики гнойно-воспалительных процессов костных и мягкотканых структур показало свою эффективность для спице-стержневых аппаратов внешней фиксации во всех случаях его применения.

Практические предложения

Для эффективной локальной стимуляции репаративного остеогенеза при свежих переломах костей конечностей у мелких домашних животных рекомендуется использовать А-PRP-терапию в дозе 2 мл в зону перелома, а при наличии дефектов костной ткани использовать ауторегенерат, полученный по оригинальной методике.

Для эффективной защиты оперируемой области у собак и кошек от силовых воздействий во время заживления перелома рекомендуется применение компоновок монолатеральной комбинации с угловой опорой для лечения внутрисуставных переломов коленного сустава, а также дистальных околосуставных переломов бедренной кости, при этом наиболее предпочтительный период блокирования области коленного сустава аппаратом наружной фиксации составляет от двух до трех недель независимо от возраста животного.

Для профилактики и лечения гнойно-воспалительных процессов костных и мягкотканых структур с применением спице-стержневых аппаратов внешней фиксации рекомендуется использовать специальное устройство, обеспечивающее равномерное дозирование в течение всего срока курации антисептической композиции на основе рифампицина, дексаметазона, диоксида, спирта этилового 95%-го и физиологического раствора.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В перспективе планируется изучение влияния аутологичной, обогащенной тромбоцитами, плазмы (А-PRP-терапия) и ауторегенерата при сложных переломах костей, а также разработка оптимальных вариантов компоновок аппаратов для лечения при переломах длинных трубчатых костей конечностей, позвоночного столба, таза и нижней челюсти в зависимости от вида и возраста домашних животных.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Стимуляция остеорегенерации с помощью PRP-терапии / И. А. Родин, И. Г. Киселев, Л. П. Вишневская, **М. И. Родин** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3(71). – С. 186–190.

2. О лечении животных с открытыми механическими повреждениями / А. И. Околелова, И. А. Родин, Б. В. Гаврилов, **М. И. Родин** // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 77. – С. 179–183. – DOI 10.21515/1999-1703-77-179-183.

3. К вопросу применения метода V-Y-пластики в сочетании с аппаратами наружной фиксации VOSYS-optima в ветеринарной ортопедии / И. А. Родин, **М. И. Родин**, А. Г. Коцаев [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 405–411. – DOI 10.21515/1999-1703-106-405-411.

4. К вопросу применения аппаратов наружной фиксации в практике ветеринарной ортопедии у собак и кошек / **М. И. Родин**, И. Г. Киселев, И. А. Родин [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2023. – № 5. – С. 35–39. – DOI 10.33861/2071-8020-2023-5-35-39.

5. Эффективность антисептической композиции при использовании спице – стержневых аппаратов наружной фиксации / А.Г. Коцаев, И. Г. Киселев, **М. И. Родин** [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск, 2024. – № 1. – С. 133–142.

Публикации в международной базе данных Scopus:

6. Kiselev, I. G. Comparative characteristics of different systems for percutaneous osteosynthesis in small domestic animals in modern veterinary practice / I. G. Kiselev, **M. I. Rodin** // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, № 3. – P. 279–294. – DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-3-279-294.

7. Justification of bone autoregenerate transplantation to optimize the processes of reparative osteogenesis (experimental study in vivo) / M. L. Mukhanov, A. N. Blazhenko, A. A. Verevkin, **M. I. Rodin** // Polytrauma. – 2023. – № 4. – P. 54–62.

8. Kiselev, I. G. Application of components from the vosys-optima system in the construction of monolateral combination apparatus assemblies with angular support in cases of treatment of intra-articular fractures of the knee joint and distal periarticular fractures of the femur in dogs / I. G. Kiselev, A.A. Yemanov, **M. I. Rodin** // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, № 6. – P. 89–105. – DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-6-955.

Патенты на изобретения:

9. Патент № 2706604 С1 Российская Федерация, МПК А61В 6/03 (2006.01), А61В 5/107 (2006.01), А61К 49/06 (2006.01). Способ определения глубины и направления раневых ходов и объема раны : № 2019104215 : заявл.

14.02.2019 : опубл. 19.11.2019 / Околелова А. И., Родин И. А., Шихина С. Н., Вишневецкая Л. П., **Родин М. И.**, Яковец М. Г. ; патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. – 6 с.

10. Патент № 2783642 С1 Российская Федерация, МПК G09В 23/28 (2006.01), А61В 17/56 (2006/01). Способ стимуляции репаративного остеогенеза в эксперименте : № 2022114148 : заявл. 25.05.2022 : опубл. 15.11.2022 / Афаунов А. А., Муханов М. Л., Блаженко А. Н., Сотниченко А. С., Веревкин А. А., Алиев Р. Р., Шаповалов В. К., Дутов В. С., **Родин М. И.** ; патентообладатель ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России. – 13 с. : ил.

Публикации в материалах конференций и других научно-практических изданиях:

11. Клинические аспекты использования гладких и цельно-нарезных стержней ветеринарного ортопедического набора «Vosis» у собак / И. Г. Киселев, Л. П. Вишневецкая, **М. И. Родин** [и др.] // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. – North Charleston, USA, 2018. – Т. 1. – С. 3–8.

12. Диагностика переломов и современные методы остеосинтеза длинных трубчатых костей конечности у мелких домашних животных / А. Г. Кощаев, И. А. Родин, М. В. Богатырь, **М. И. Родин** // Сб. ст. по материалам 12-й Междунар. межвуз. конф. по клинической ветеринарии. – Москва, 2022. – С. 43–50.

13. Околелова, А. И. Открытые механические повреждения у животных / А. И. Околелова, **М. И. Родин** // Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы : сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию акад. В. Г. Рядчикова. – Краснодар, 2024. – С. 469–474.

Методические рекомендации:

14. Применение обогащенной тромбоцитами аутологичной плазмы в ветеринарной ортопедии и травматологии : методические рекомендации для ортопедов, ревматологов, терапевтов, аспирантов по научной специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология / А. Г. Кощаев, **М. И. Родин**, А. Н. Блаженко, М. Л. Муханов, И. Г. Киселев, А. И. Околелова, И. А. Родин. – Краснодар : КубГАУ, 2024. – 33 с.

Выражаем сердечную благодарность за совместную работу и предоставленную возможность в курации животных кафедре ортопедии, травматологии и ВПХ Кубанского государственного медицинского университета (профессору А. Н. Блаженко и доценту М. Л. Муханову), ветеринарной клинике «БИОН+» (канд. вет. наук И. Г. Киселеву).

Родин Матвей Игоревич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СПОСОБОВ ЛОКАЛЬНОЙ
СТИМУЛЯЦИИ РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА У ЖИВОТНЫХ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата ветеринарных наук

Подписано в печать __._____.2024. П. л. – 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13