

На правах рукописи

ЩЕПКИНА

Елена Андреевна

КОМБИНИРОВАННОЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ЧРЕСКОСТНОГО И ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО БЛОКИРУЕМОГО
ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ДЕФОРМАЦИЯМИ
И ДЕФЕКТАМИ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

3.1.8. – Травматология и ортопедия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Санкт-Петербург

2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный консультант:

доктор медицинских наук профессор **Соломин Леонид Николаевич**

Официальные оппоненты:

Иванов Павел Анатольевич – доктор медицинских наук доцент, ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», научное отделение сочетанной и множественной травмы, заведующий;

Борзунов Дмитрий Юрьевич – доктор медицинских наук доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра травматологии и ортопедии, профессор

Барабаш Юрий Анатольевич – доктор медицинских наук, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России, отдел инновационных проектов в травматологии и ортопедии научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии СГМУ, главный научный сотрудник


Ведущая организация – ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

Защита состоится 21 декабря 2021 года в _____ часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.008.02 в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и на сайте <http://dissovet.rniito.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета 99.0.008.02
кандидат медицинских наук



Денисов А. О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Лечение пациентов с дефектами и деформациями конечностей сохраняет высокую актуальность в связи с увеличением количества высокоэнергетических травм и их последствий (Зиновьев Е.В. с соавт., 2019; Миронов С.П. с соавт., 2019; Алексанин С.С., Шпорт С.В., 2020; Mundi R. et al., 2015), а также ростом частоты врожденных аномалий и деформаций (по данным статистического сборника Росстата, 2019). Большая часть данной патологии приходится на нижние конечности. Так, среди последствий травм длинных костей дефекты и ложные суставы бедренной кости занимают 10,7 – 30,8%, большеберцовой кости – 15 – 50,6% (Цискарашвили А.В. с соавт., 2018; Bauer T. et al., 2018). Увеличение количества операций эндопротезирования ведет к росту общего числа инфекционных осложнений (Корнилов Н.Н. с соавт., 2015; Iorio R. et al., 2008), а в случаях, когда ревизионная артропластика коленного сустава уже невозможна, возникает необходимость замещения обширных костных дефектов (Балаев П.И., Борзунов Д.Ю., 2014; Tsuchiya H., Tomita K., 2003; Parvizi J. et al., 2012; Lesensky J., Prince D.E., 2017). Открытые повреждения, осложненные хронической инфекцией, на протяжении многих лет составляют основную причину длительной нетрудоспособности и первичной инвалидности после травм (Барабаш Ю.А., Данилов Д.Г., 1995; Штейнле А.В. с соавт., 2001; Ткаченко А.Н. с соавт., 2012). Несмотря на снижение количества первично определенной инвалидности, доля пациентов с последствиями травм возростала и составила к 2018 г. 43,9%, также отмечается рост доли первичной инвалидности I группы до 19,9%, обусловленный последствиями тяжелых травм опорно-двигательной системы (по данным статистического сборника Росстата 2019 г.)

На современном этапе развития технологий погружного остеосинтеза они широко используются при лечении ложных суставов и деформаций костей. На нижних конечностях предпочтительно используется интрамедуллярный блокируемый остеосинтез (Челноков А.Н. с соавт., 2012; Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., 2013, 2019; Wu C.C., 2012). Но наличие дефектов костной ткани и последствий инфекционного процесса ограничивают возможности открытых вмешательств и одномоментной коррекции деформаций. Метод Илизарова,

распространенный в отечественной и мировой ортопедической практике, остается наиболее широко применяемым при реконструкции длинных костей нижних конечностей (Барабаш Ю.А. с соавт., 1999; Борзунов Д.Ю., 2006, 2011; Новиков К.И. с соавт., 2014; Иванов П.А. с соавт., 2016; Цискарашвили А.В. с соавт., 2018; Артемьев А.А. с соавт., 2018; Bari M. et al., 2015; Peng J. et al., 2015; Tetsworth K. et al., 2017; Yushan M. et al., 2020). Но при всех положительных качествах громоздкость внешней конструкции, сохраняющейся длительное время, трудоемкость ухода за аппаратом и необходимость регулярного врачебного наблюдения являются недостатками метода (Каленский В.О., Иванов П.А., 2013; Соломин Л.Н., 2014), как и большое количество осложнений, связанных с длительностью периода чрескостного остеосинтеза (Сидоренко В.А. с соавт., 2014; Paley D., 1990; Fragomen A.T. et al., 2017; Hosny G., 2020).

Совмещая положительные стороны чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (БИОС), на протяжении последних 30 лет активно развиваются методики их комбинированного и последовательного использования. На настоящий момент в клинической практике более распространены комбинированные методики: «Удлинение поверх гвоздя» (УПГ) и «Замещение дефекта поверх гвоздя» (ЗДПГ), сокращая период чрескостного остеосинтеза в 3 и более раз (Колчин С.Н., 2015; Митрофанов А.И. с соавт., 2015; Ланцов В.В., Волошин В.П., 2018; Хоминец В.В. с соавт., 2021; Paley D. et al., 1997; Sun X.T. et al., 2011; EL-Husseini T.F. et al., 2013; Bernstein M. et al., 2015; Burghardt R. D. et al., 2017). Последовательная методика «Удлинение затем гвоздь» (УЗГ) применяется реже (Колчин С.Н., 2015; Челноков А.Н., Соломин Л.Н., 2015; Rozbruch S.R. et al., 2008; Lan X. et al., 2013), но также в 3-4 раза сокращает период чрескостного остеосинтеза. Методика «Аппарат затем гвоздь» (АЗГ) меньше всего представлена в профильной научной литературе и наиболее часто применяется при лечении открытых повреждений, в том числе с использованием стержней с антибактериальным покрытием (Соколов В.А. с соавт., 2007, 2008; Иванов П.А. с соавт., 2009; Хоминец В.В. с соавт., 2021; Eralp L. et al., 2007; Emara K.M. et al., 2011; Roussignol X. et al., 2015; Pairon P. et al., 2015; Erdem Y. et al., 2019). Отдельно рассматривается ассистирующая внешняя фиксация для БИОС, используемая при репозиции переломов и одномоментной коррекции деформации (Челноков А.Н. с соавт., 2006, 2010, 2011; Paley D., 1997; Kocaoglu M. et al., 2011; Sabharwal S. et al., 2011). Не смотря на снижение

частоты типичных для чрескостного остеосинтеза осложнений до 3 раз (Колчин С.Н., 2015; Бондаренко А.В. с соавт., 2020; Kocaoglu M. et al., 2006; Rozbruch S.R. et al., 2008; Emara K. et al., 2011; Bernstein M. et al., 2015; Farsetti P. et al., 2019; Fragomen A.T. et al., 2019), коррелирующее с сокращением периода чрескостного остеосинтеза, остается ряд проблем. К ним относятся такие осложнения как преждевременная консолидация на уровне регенерата при заклинивании стержня и переломы блокирующих стержень винтов. Недостаточно изучен дистракционный остеогенез при данных методиках.

Степень разработанности темы исследования

Для экспериментального обоснования комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза особый интерес представляют исследования дистракционного остеогенеза, так как при установке интрамедуллярного импланта неминуемо повреждаются структуры костного мозга и внутрикостное кровоснабжение. На настоящий момент все научные публикации относятся к методике «Удлинение поверх гвоздя», а исследования проводились в ограниченных группах крупных животных, у которых применялись стандартные стержни малых размеров. Данные исследования показали, что методика УПГ не сказывается негативно на формировании кортикальных пластинок, и отмечена активизация периостального остеогенеза (Степанов М.А. с соавт., 2010; Еманов А.А. с соавт., 2013, 2014; Ерофеев С.А., 2014; Li G. et al., 1999; Wendelburg K.M. et al., 2011). В то же время в научных публикациях отсутствуют данные экспериментальных исследований для методики «Удлинение затем гвоздь». А для расширения групп исследований и использования имбредных животных требуются модели и конструкции для мелких животных (кроликов, морских свинок, крыс).

Типичной проблемой комбинированных методик чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза является более высокая частота такого осложнения, как преждевременная консолидация на уровне регенерата. Данное осложнение с наибольшей частотой отмечают при удлинении поверх гвоздя бедренной кости, а вариант решения проблемы ограничивается только применением форсированной дистракции, которая не всегда дает положительный результат (Paley D. et al., 1997; Kocaoglu M. et al., 2004; Park H.W. et al., 2008; Fernandes H.P., 2016). Применение экстракортикальных фиксаторов (Сабилов Ф.К., 2015)

позволяет исключить заклинивание стержня вследствие конфликта с чрескостными элементами, но требует разработки компоновок аппаратов для УПГ и последовательных методик, а также дополнительных исследований жесткости комбинированного остеосинтеза.

Вторым фактором для заклинивания стержня является кривизна бедренной кости в сагиттальной плоскости и, соответственно, изгиб в этой же плоскости применяемых интрамедуллярных стержней. Необходимо прогнозирование риска заклинивания и разработка методик, позволяющих перемещать фрагмент соответственно конфигурации стержня. Проблема заклинивания может возникать также при билोकальном замещении поверх гвоздя дефектов области коленного сустава (ДОКС). Перспективным вариантом решения этой проблемы представляется применение ортопедического гексапода, однако его использование в таких клинических ситуациях изучено недостаточно.

Остается спорным вопрос дозирования нагрузки после перехода на интрамедуллярную фиксацию дистракционного регенерата. Ряд авторов при удлинении голени допускают полную нагрузку в раннем послеоперационном периоде (Шаповалов В.М. с соавт., 2010), однако большинство (Fernandes H.P., 2016; Boutsiadis A. et al., 2016; Farsetti P. et al., 2019) рекомендует лишь дозированную нагрузку весь период формирования кортикальных пластинок. Но даже при дозированной нагрузке при интрамедуллярной фиксации регенерата бедренной кости отмечают случаи переломов блокирующих винтов (Kim S.J. et al., 2012; Fernandes H.P., 2016; Wu W., Kuhn K.M., 2018; Farsetti P. et al., 2019). Имеющиеся исследования по устойчивости конструкций к циклическим нагрузкам относятся к фиксации переломов (Верховод А.Ю. с соавт., 2012; Brumback R.J. et al., 1999) и не могут быть перенесены на методики УПГ и УЗГ.

Методы последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза при удлинении и коррекции деформаций, а также при лечении ложных суставов, мало освещены в профильной научной литературе. В обзорах и при метаанализе методики УПГ и УЗГ часто объединяются, а не сравниваются (Jain S. et al, 2012; Xu W.G., 2017; Hosny G.A., 2020). Отсутствие сравнительных данных не позволяет определить предпочтительный выбор между удлинением поверх гвоздя и последовательной методикой при удлинении.

С учетом имеющихся проблем и вопросов были определены цель и задачи нашего диссертационного исследования.

Цель исследования – обосновать посредством анализа собственных экспериментальных и клинических исследований и данных профильных научных публикаций рациональную систему лечения пациентов с деформациями и дефектами длинных костей нижних конечностей, предполагающую использование известных и усовершенствованных технологий комбинированного, а также последовательного чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза.

Задачи исследования:

1. Разработать модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза для экспериментальных исследований на мелких животных.
2. Изучить особенности органотипической перестройки distractionного регенерата при удлинении голени кролика при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза в сравнении с удлинением поперх интрамедуллярного фиксатора и удлинением по Илизарову.
3. Изучить особенности динамики показателей маркеров синтеза и резорбции костной ткани в эксперименте при удлинении голени кролика при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза, удлинении поперх интрамедуллярного фиксатора в сравнении с удлинением по Илизарову.
4. Определить оптимальные компоновки аппаратов внешней фиксации для клинической реализации методик «удлинение поперх гвоздя (УПГ)», «удлинение затем гвоздь (УЗГ)», «аппарат затем гвоздь (АЗГ)» и в эксперименте сравнить возможности стандартных методик и методик, основанных на применении ортопедического гексапода.
5. Определить оптимальные схемы блокирования интрамедуллярного стержня при фиксации distractionного регенерата на основе математического моделирования устойчивости конструкции к циклическим нагрузкам.
6. На основании анализа полученных данных экспериментальных и клинических исследований усовершенствовать методы комбинированного (УПГ,

ЗДПГ) и последовательного (УЗГ, АЗГ) применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза.

7. Провести сравнительный анализ эффективности лечения пациентов с укорочениями нижних конечностей по методикам УПГ и УЗГ и сравнить клинические результаты с удлинением по Илизарову.

8. Провести сравнительный анализ эффективности лечения пациентов с деформациями нижних конечностей по методике АЗГ и с применением только чрескостного остеосинтеза.

9. Провести сравнительный анализ эффективности лечения пациентов с дефектами длинных костей нижних конечностей по методике ЗДПГ с замещением костных дефектов по Илизарову.

10. Разработать алгоритмы рационального выбора методов лечения пациентов с укорочениями, деформациями и дефектами длинных костей нижних конечностей.

Научная новизна исследования

1. Впервые в экспериментальном исследовании изучены особенности органотипической перестройки дистракционного регенерата при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза в сравнении с удлинением поверх интрамедуллярного фиксатора и по Илизарову.

2. Разработана оригинальная модель для изучения дистракционного остеогенеза при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза для удлинения сегментов конечностей у мелких лабораторных животных (Патент РФ на изобретение № 2593583).

3. Обоснован математически и успешно апробирован в клинике способ определения риска заклинивания интрамедуллярного стержня при удлинении поверх гвоздя бедренной кости.

4. Разработаны способы удлинения поверх гвоздя бедренной кости с использованием экстракортикальных фиксаторов (Патент РФ на изобретение № 2584555) и ортопедического гексапода с расчетом в компьютерной программе пошагового перемещения в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня (Патент РФ на изобретение № 2638279).

5. Разработан способ биллокального замещения поверх гвоздя дефектов дистального отдела бедренной кости и ДОКС на основе использования тросовых

тяг для перемещения фрагмента бедренной кости и компоновки аппарата внешней фиксации на голени с ортопедическим гексаподом для пошагового перемещения «большеберцового» фрагмента в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня.

6. На основе компьютерного моделирования устойчивости конструкций к циклическим нагрузкам при интрамедуллярной фиксации дистракционного регенерата обоснованы допустимые осевые нагрузки при ходьбе в зависимости от сегмента, диаметра блокирующих стержень винтов и веса пациента.

7. Получены новые данные о клинической эффективности методик «Удлинение поверх гвоздя», «Замещение дефекта поверх гвоздя», «Удлинение затем гвоздь» и «Аппарат затем гвоздь» при удлинении, замещении дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей в сравнении с чрескостным остеосинтезом по Илизарову.

8. На основе результатов сравнительного анализа разработаны алгоритмы рационального выбора способов удлинения, замещения дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей.

Практическая значимость результатов исследования

1. Разработанная оригинальная модель для изучения дистракционного остеогенеза при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза для удлинения сегментов конечностей у мелких лабораторных животных позволяет увеличить их количество в группах в интересах повышения достоверности сравнительных исследований.

2. По результатам стендовых исследований жесткости остеосинтеза определены оптимальные для клинического применения компоновки аппаратов для «Удлинения поверх гвоздя» бедренной и большеберцовой кости, а также для последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза при коррекции деформаций и удлинении бедренной кости, включая использование ортопедического гексапода.

3. Внедрение в клиническую практику способа определения риска заклинивания стержня при удлинении поверх гвоздя бедренной кости и применение для удлинения ортопедического гексапода позволило выполнять расчетное удлинение без применения форсированной дистракции и снизить частоту специфического для этой методики осложнения в виде преждевременного сращения на уровне регенерата.

4. Применение ортопедического гексапода при билокальном замещении поверх гвоздя ДОКС позволило расширить возможности методики с увеличением размера замещаемого дефекта более 6 см и применить данный метод для дефектов дистальной трети диафиза бедренной кости.
5. На основе исследований устойчивости конструкций к циклическим нагрузкам с применением компьютерного моделирования разработаны рекомендации по дозированию нагрузки при интрамедуллярной фиксации дистракционного регенерата в зависимости от сегмента, диаметра блокирующих стержень винтов и веса пациента.
6. Полученные данные об эффективности комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза в сравнении с чрескостным остеосинтезом при удлинении, замещении дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей позволили уточнить показания к применению данных методик с целью снижения количества осложнений и улучшения результатов лечения.
7. Применение разработанных алгоритмов рационального выбора вариантов оперативного лечения при удлинении, замещении дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей позволит сократить частоту осложнений и улучшить результаты лечения пациентов изученного профиля.

Методология и методы исследования

Исследование состоит из экспериментальной и клинической части. Экспериментальная часть, в свою очередь, подразделяется на исследование дистракционного остеогенеза на лабораторных животных и технические исследования, связанные с характеристикой металлоконструкций. Для решения первой задачи была разработана оригинальная модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза, эффективность которой была доказана в предварительных экспериментах на 28 кроликах. В основной части эксперимента на 54 кроликах решались вторая и третья задачи посредством проведения сравнительных исследований последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза (УЗГ) с классическим удлинением голени по Илизарову и удлинением поверх интрамедуллярного фиксатора (УПГ). Проведено сравнение морфологической картины, результатов морфометрии, рентгенографии, КТ и лабораторных показателей.

Техническая часть экспериментальных исследований была посвящена решению четвертой, пятой и шестой задач. Для этого на основании стендовых исследований жесткости остеосинтеза были определены оптимальные компоновки аппаратов для УПГ бедренной и большеберцовой костей и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза бедренной кости, в том числе – компоновки с использованием ортопедического гексапода. Компьютерное моделирование нагрузок на интрамедуллярный имплант и блокирующие винты при фиксации регенерата позволило определить их устойчивость к циклическим нагрузкам при ходьбе пациента в зависимости от сегмента (бедро – голень), диаметра блокирующих винтов и прилагаемой нагрузки. На основании этих данных были сформулированы рекомендации по нагрузкам в период формирования кортикальных пластинок в области регенерата. Математические расчеты риска заклинивания стержня при УПГ бедренной кости позволяют индивидуально у каждого пациента определить показания к применению ортопедического гексапода при удлинении и правильно выбрать интрамедуллярный имплант.

В клинической части исследования был проведен сравнительный анализ комбинированных и последовательных методик с чрескостным остеосинтезом при удлинении, замещении дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей. Для решения седьмой задачи было проведено сравнение различных методик удлинения длинных костей нижних конечностей при анализе 214 случаев удлинения, которые были разделены на 4 группы: УПГ (Гр-1) – 60 случаев, УЗГ (Гр-2) – 27 пациентов, удлинение по Илизарову (Гр-3, «Удлинение чрескостный остеосинтез» – УЧО) – 72 случая, и удлинение методом чрескостного остеосинтеза с одновременной коррекцией других компонентов деформаций (Гр-4, УДЧО) – 55 пациентов.

Для решения восьмой задачи было проведено сравнение методики ЗДПГ и чрескостного остеосинтеза при лечении 84 пациентов с сегментарными дефектами бедренной, большеберцовой костей и ДОКС с сопутствующим хроническим остеомиелитом в фазе ремиссии. Пациенты были распределены на 2 группы в зависимости от примененной методики: замещение дефекта поверх гвоздя (Гр-1, ЗДПГ) – 26 пациентов, и чрескостный остеосинтез (Гр-2, ЧО) – 58 пациентов. Для решения девятой задачи было выполнено сравнение мето-

дики последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (Гр-1, АЗГ – 31 случай) и чрескостного остеосинтеза (Гр-2, ЧО – 46 случаев) при коррекции деформаций бедренной и большеберцовой костей, в том числе – при наличии ложного сустава. Сравнивали величину регенератов; длительность периодов distraction, фиксации, чрескостного остеосинтеза и консолидации; соответствующие индексы; частоту осложнений. Оценку ближайших и среднесрочных результатов проводили с использованием опросников SF-32 и LEFS, а также определяли и сравнивали индекс лечебно-трудовой реабилитации.

Полученные результаты легли в основу решения десятой задачи, в рамках которого на основании полученных результатов были разработаны алгоритмы рационального выбора способов удлинения, замещения дефекта или коррекции деформации длинных костей нижних конечностей.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Проведенные экспериментальные исследования позволяют утверждать, что несоблюдение принципа сохранения целостности медуллярной полости при последовательном и комбинированном применении чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза уменьшает васкуляризацию регенерата, но не сказывается негативно на его формировании за счет сохранения эндостального и активизации периостального костеобразования.
2. Изученная в эксперименте последовательная методика удлинения костей отличается формированием кортикальных пластинок как из интермедиарной области, так и из периостального компонента, имеющего наибольшую плотность к концу периода фиксации, соответствующую плотности интактной кортикальной кости.
3. При выборе способа удлинения, замещения дефекта или коррекции деформации длинных костей нижних конечностей предпочтительными являются комбинированное и последовательное использование чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза, при которых снижается частота осложнений и не отмечается увеличения риска глубокой инфекции.
4. Последовательная методика при удлинении (УЗГ) в эксперименте показала лучшие характеристики сформированного регенерата и является предпочтительной в отношении консолидации. Но при клинических исследованиях

комбинированные методики (УПГ и ЗДПГ) зарекомендовали себя более эффективными в отношении снижения частоты осложнений, чем последовательные, что определяет целесообразность их выбора для удлинения костей нижней конечности и замещения их дефектов.

5. Использование метода определения риска заклинивания стержня при планировании и использование ортопедического гексапода исключают заклинивание интрамедуллярного стержня при удлинении бедренной кости, билоскальном замещении дефектов дистальной трети бедра и дефектов костей, образующих коленный сустав, «поверх гвоздя» за счет возможности пошагово перемещать костные фрагменты в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня.

6. Доступные в мировой ортопедической практике интрамедуллярные стержни для бедренной кости при фиксации дистракционного регенерата обеспечивают нагрузку на прооперированную конечность только до 20 – 30 кг, что требует совершенствования конструкций интрамедуллярных блокируемых имплантов для повышения эффективности методов УПГ и УЗГ за счет предупреждения разрушений блокирующих винтов.

7. Использование разработанных алгоритмов рационального выбора вариантов оперативного лечения пациентов изученного профиля обеспечивает достижение у них хороших клинических результатов в 70,9 – 81,5% случаев.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Полученные результаты диссертационного исследования основываются на анализе 472 тематических научных публикаций, результатах экспериментальных исследований на 82 кроликах и технических экспериментальных исследованиях, а также на сравнительном клиническом анализе особенностей и исходов лечения 375 профильных пациентов по различным методикам удлинения длинных костей нижних конечностей (214 случаев), замещения их дефектов (84 пациента) и коррекции деформаций (77 больных). При выполнении работы были использованы соответствующие задачам методы исследования. Полученные количественные данные были обработаны с применением соответствующих методов статистического анализа. Поэтому результаты проведенного исследования представляются достоверными, а сделанные выводы – обоснованными.

Результаты и основные положения нашей диссертационной работы были многократно доложены и обсуждены в рамках ряда наиболее значимых профильных российских и международных конгрессов: 34th SICOT Orthopaedic World Congress (Hyderabad, India, 2013); 8th International ASAMI Conference (Goa, 2014); Combined meeting of ILLRS, LLRS and ASAMI-BR (Miami, 2015); «Илизаровские чтения» (Курган, 2015, 2016, 2018, 2019); первом, втором, третьем, четвертом и пятом Всероссийских конгрессах травматологов-ортопедов с международным участием: «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях» (Санкт-Петербург, 2015, 2017, 2018, 2020); международной конференции «Травма» (Москва, 2016); Евразийском ортопедическом форуме (Москва, 2017); VI Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов (Казань, 2017); 3d World Ortho ReCon ILLRS & ASAMI Congress (Lisbon, 2017); 4th Combined Congress of the ASAMI-BR & ILLRS (Liverpool, UK, 2019); 9-th Latvian Conference of traumatology and orthopedics (Riga, 2019).

Реализация результатов диссертационного исследования

По теме диссертационного исследования опубликовано 48 научных работ, в том числе – 11 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций диссертантов, 2 статьи в рецензируемых профильных зарубежных журналах, индексируемых в наукометрической базе Scopus; а также получено 3 патента РФ на изобретения.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практику работы клиники ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р.Вредена» МЗ РФ, Санкт-Петербург; отдела травматологии и ортопедии НИИ хирургии и неотложной медицины ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова» МЗ РФ, Санкт-Петербург.

Материалы диссертации используются также при обучении на базе ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» МЗ РФ клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования. Для врачей травматологов-ортопедов разработан специальный курс «Комбинированное и последовательное применение чрескостного остеосинтеза и внутренней фиксации».

Личное участие автора в получении результатов

Настоящее диссертационное исследование является самостоятельным трудом, основанным на личном опыте экспериментальной работы и личном клиническом опыте автора, который является инициатором выбора темы,

направления и дизайна представленного исследования, в основу которого положен критический анализ современной отечественной и зарубежной профильной научной литературы, позволивший корректно сформулировать актуальность, цель и задачи данного исследования. Автор лично провел экспериментальные исследования на 82 кроликах, биомеханические исследования, а также участвовал в этапном лечении профильных пациентов, включая хирургические операции, проводил обследования и динамическую оценку клинико-функциональных исходов. Также самостоятельно была выполнена статистическая обработка и интерпретация полученных количественных данных, сформулированы выводы и практические рекомендации, подготовлен текст всех разделов диссертации и написан ее автореферат.

Объем и структура диссертации

Диссертационное исследование изложено на 393 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, шести глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 195 работ отечественных и 277 – зарубежных авторов. В диссертации имеются 155 рисунков и 56 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, освещены его научная новизна и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту, представлены сведения о реализации и апробации работы, объеме и структуре диссертации.

В первой главе диссертации представлен критический анализ научных публикаций по проблеме лечения пациентов с деформациями и дефектами длинных костей нижних конечностей. Рассмотрены возможности интрамедуллярного блокируемого и чрескостного остеосинтеза при удлинении, замещении дефектов и коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей, а также имеющиеся ограничения по применению отдельных методик, типичные осложнения и недостатки. Выделены основные методики комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (УПГ, ЗДПГ, УЗГ и АЗГ), применяющиеся в клинической практике, проанализированы их преимущества, частота и специфика

осложнений на основе анализа научных публикаций. Проанализированы имеющиеся в научных публикациях данные по дистракционному остеогенезу при формировании регенерата по Илизарову и комбинированном чрескостном остеосинтезе и БИОС. При анализе научных публикаций не выявлено экспериментального обоснования последовательных методик, а анализ их клинического применения недостаточный. По данным литературы сохраняется более высокая частота, по сравнению с применением только ЧО, преждевременного сращения на уровне регенерата, отмечаемого преимущественно при удлинении бедренной кости; имеются противоречивые рекомендации по дозированию нагрузки при интрамедуллярной фиксации дистракционного регенерата. Эти нерешенные проблемы и спорные вопросы применения методик комбинированного и последовательного использования чрескостного остеосинтеза и БИОС определили цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе представлены материалы и методы диссертационного исследования, в ходе которого были проведены экспериментальные и клинические исследования. В рамках решения первой, второй и третьей задачи выполнены экспериментальные исследования дистракционного остеогенеза на 82 кроликах породы Советская шиншилла, на 24 животных отработана и обоснована экспериментальная модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (рис. 1, табл. 1).

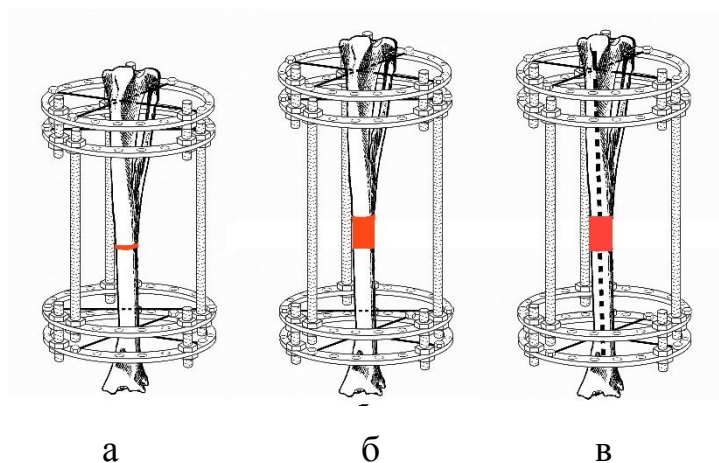


Рис.1. Экспериментальная модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза (Патент РФ на изобретение № 2593583): а – остеотомия, б – удлинение, в – установка интрамедуллярного фиксатора, частичное удаление спиц)



Рис. 2. Модель сравнения 1 (а) – блокирование консольными спицами, модель сравнения 2 (б) – блокирование интрамедуллярных спиц погружением в метаэпифиз

Таблица 1. Группы животных в экспериментальном исследовании.

Разработка и обоснование модели		
Группы	Методика	Кол-во животных
Контрольный регенерат (КР)	Удлинение голени кролика по Илизарову	6
Экспериментальная модель (ЭМ)	Модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза с сохранением аппарата со спицами в базовых опорах для имитации блокирования в период фиксации (рис. 1)	6
Модель сравнения 1 (МС-1)	Модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза с использованием интрамедуллярной спицы 2 мм, блокированной консольными спицами (рис. 2 а)	8
Модель сравнения 1 (МС-1)	Модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза с использованием двух спиц 1,2 мм, проведенных интрамедуллярно и фиксированных в проксимальном и дистальном отделе (рис. 2 б)	8
Сравнительные исследования дистракционных регенератов		
Контрольная (Гр-1)	Удлинение голени кролика по Илизарову	18
Опытная группа УЗГ (Гр-2)	Последовательное применение чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (применена экспериментальная модель)	18
Группа сравнения УПГ (Гр-3)	Удлинение на интрамедуллярном фиксаторе, в фазе фиксации сохранен аппарат со спицами в базовых опорах для имитации блокирования	18

Затем на 54 особях выполнены сравнительные исследования дистракционного остеогенеза (группы исследований представлены в табл. 1). Дистракция проводилась с 5 суток после операции в темпе 1 мм в сутки за 4 приема в течение 10 дней, период фиксации 30 суток, общий срок эксперимента 45 суток. В процессе эксперимента выполнялись рентгенограммы, КТ, определение плотности костной ткани по КТ, морфологические исследования, морфометрия с определением в различных зонах регенерата количества костных балок и сосудов. Также на различных сроках определялись показатели крови: С-реактивный белок, креатинин, кальций общий, фосфор неорганический, щелочная фосфатаза, P1NP.

Для решения четвертой задачи в экспериментальной части работы выполнены стендовые исследования жесткости модулей третьего порядка (МЗ) при комбинированном остеосинтезе большеберцовой и бедренной костей и последовательном чрескостном остеосинтезе и БИОС бедренной кости для определения оптимальных компоновок аппаратов. Для бедренной кости исследовались МЗ на основе экстракортикальных фиксаторов, также выполнены сравнения компоновок с ортопедическим гексаподом и стандартными соединительными элементами (130 серий экспериментов).

Для решения пятой задачи выполнено компьютерное моделирование в программном комплексе SolidWorks с определением количества циклов нагрузки до разрушения максимально нагруженного блокирующего винта с целью определения устойчивости интрамедуллярных блокированных конструкций к циклическим нагрузкам при ходьбе. При моделировании учитывались характеристики наиболее часто используемых сплавов на примере титана ВТ6, потеря прочностных свойств при обработке металла резанием, диаметр блокирующих винтов и их положение по отношению к оси нагрузки.

В рамках решения шестой задачи для прогнозирования риска заклинивания стержня при УПГ бедренной кости выполнены математические расчеты с определением точки заклинивания при заданном радиусе стержня и рассчитанном радиусе канала кости в сагиттальной плоскости на участке от остеотомии до свободного конца интрамедуллярного стержня. Также были разработаны способы УПГ бедренной кости с использованием экстракортикальных фиксаторов и ортопедического гексапода и способ билокального замещения поверх гвоздя ДОКС и дистального отдела бедренной кости.

В клинической части исследования в рамках решения седьмой, восьмой и девятой задач проведен анализ лечения в 375 случаях выполнения реконструктивных вмешательств на длинных костях нижних конечностей, которые разделены на 3 типа: удлинение сегментов нижних конечностей (214 случаев), замещение дефектов (84 случая) и коррекция деформаций длинных костей нижних конечностей (77 случаев), в том числе при лечении ложных суставов. В табл. 2 представлено распределение пациентов на группы при каждом типе реконструктивных вмешательств. При удлинении сегментов нижних конечностей проводилось сравнение методик УПГ и УЗГ с применением только чрескостного остеосинтеза, при замещении дефектов выполнялось сравнение ЗДПГ и

замещение дефектов по Илизарову. При коррекции деформаций сравнивалось последовательное применение чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (АЗГ) с коррекцией деформации и фиксацией в аппарате.

Таблица 2. Характеристика групп пациентов в клиническом исследовании

Группа	Характеристика	Кол-во случаев
Удлинение сегментов нижних конечностей – 214 случаев		
Гр-1 (УПГ)	Удлинение поверх гвоздя	60
Гр-2 (УЗГ)	Удлинение затем гвоздь (удлинение в аппарате с последующей установкой интрамедуллярного блокируемого стержня), после удлинения проводилась коррекция других компонентов деформации	27
Гр-3 (УЧО)	Удлинение-чрескостный остеосинтез Удлинение с применением только чрескостного остеосинтеза	72
Гр-4 (УДЧО)	Удлинение-коррекция деформации-чрескостный остеосинтез Удлинение с последующей коррекцией других компонентов деформации и фиксация в аппарате	55
Замещение дефектов сегментов нижних конечностей – 84 случая		
Гр-1 (ЗДПГ)	Замещение дефектов поверх гвоздя	26
Гр-2 (ЧО)	Замещение дефектов по Илизарову	58
Коррекция деформаций длинных костей нижних конечностей, в том числе при лечении ложных суставов – 77 случаев		
Гр-1 (АЗГ)	Последовательное применение чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза – Аппарат затем гвоздь	31
Гр-2 (ЧО)	Коррекция деформаций и фиксация с использованием только чрескостного остеосинтеза	46

Оценивалась длительность периода distraction (ПД), периода фиксации в аппарате (ПФ), периода чрескостного остеосинтеза (ПЧО), периода консолидации (в днях). Соответственно этим периодам определялись индексы distraction, фиксации (ИФ), чрескостного остеосинтеза (ИЧО) и консолидации (в днях на 1 см сформированного регенерата). Также сравнивалась частота различных осложнений, функциональные результаты по шкалам SF-32 и LEFS, результаты комплексной реабилитации по индексной оценке, разработанной В.Д. Макушиным в ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова». При анализе ослож-

нений их подразделяли по типам с использованием классификаций А.В. Попова (1991) и J. Caton (1991). Для оценки тяжести осложнений применялась классификация J. Caton (1991), которая рассматривает разделение пациентов на 3 категории в зависимости от влияния осложнений на результат лечения и необходимости дополнительных хирургических манипуляций. Для решения десятой задачи на основе сравнительного анализа материалов клинических исследований разработаны алгоритмы выбора способов удлинения сегментов нижних конечностей, замещения сегментарных дефектов и способов коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей.

Полученные результаты обрабатывались с использованием программного обеспечения STATISTICA for Windows (версия 9.0) и Microsoft Excel for Windows. Проверка сформированных выборок на нормальность распределения производилась в программной среде MatLab с использованием графического метода (метод номограмм). При соответствии выборок нормальному распределению (показатели морфометрии, данные лабораторных и стендовых исследований и ряда оценочных шкал) для оценки достоверности различий использован t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони, для сравнения зависимых выборок - парный t-критерий Стьюдента. В выборках, не соответствующих нормальному распределению для анализа и сравнения использовался критерий Манна-Уитни, медианный χ^2 и модуль ANOVA. Для анализа использованы методы описательной статистики, вычисление долевых соотношений. Сопоставление частотных характеристик качественных показателей (пол, диагноз, сопутствующая патология) проводилось с помощью непараметрических методов χ^2 , χ^2 с поправкой Йетса (для малых групп), критерия Фишера. Оценка изучаемых показателей в динамике (включая шкалы качества) после проведенного лечения выполнялись с помощью критерия знаков и критерия Вилкоксона. Критерием статистической достоверности получаемых результатов мы считали общепринятую в медицине величину $p < 0,05$.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований на лабораторных животных. Предложенная экспериментальная модель последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза с сохранением аппарата в фазе фиксации как имитации блокирования показала идентичность формирования регенерата при сравнении с полным переходом на внутреннюю фиксацию. В то же время предложенная

модель является более простой в применении, надежной с точки зрения фиксации, а также позволяет расширить экспериментальные исследования с использованием более мелких животных (кроликов) и формировать для исследования достаточные для достоверности группы имбредных особей.

Проведенные сравнительные исследования дистракционных регенератов показали, что при всех методиках удлинения к расчетному сроку фиксации (30 суток) формируются полноценные кортикальные пластинки, отмечается как эндостальный, так и периостальный остеогенез. Во всех группах отмечено восстановление структур костного мозга. Но формирование кортикальных пластинок отличается при различных способах удлинения. В контрольной группе формирование кортикальных пластинок происходит преимущественно в интермедиарной области регенерата, отмечено активное эндостальное костеобразование (рис. 3 а). Это соответствует данным экспериментальных исследований, опубликованных в литературе (Илизаров Г.А. с соавт., 1975; Ларионов А.А., 1989; Ирьянов Ю.М. с соавт., 2007; Ерофеев С.А., 2014; Борзунов Д.Ю., 2016). Периостальный компонент выражен умеренно и к концу периода фиксации истончается и уплотняется, что соответствует картине поднадкостничного костеобразования, на которое указывали Choi I.H. с соавт. (2000).

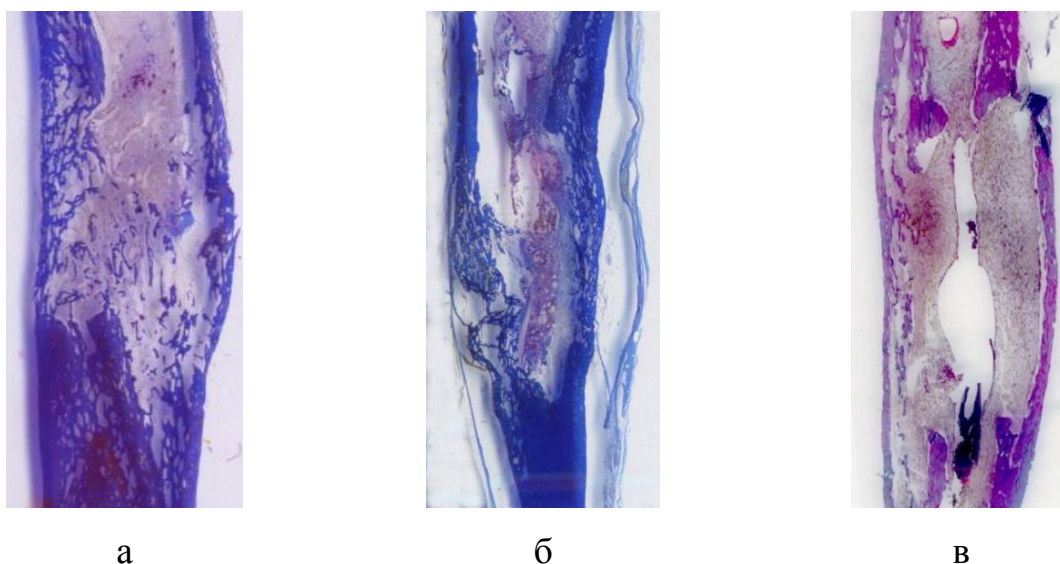


Рис. 3. Гистотопограммы регенератов на сроке 30-е сутки фиксации (окраска по Маллори): а – Гр-1 (контрольная), б – Гр-2 (УЗГ), в – Гр-3 (УПГ)

Показатели васкуляризации по данным морфометрии в контрольной группе выше во всех зонах к середине периода фиксации, а на уровне III и VI зон (ростковая зона регенерата) начиная с 5-х суток фиксации (рис. 4 а, б). При

более низких показателях васкуляризации в группах комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза отмечена активация периостального костеобразования.

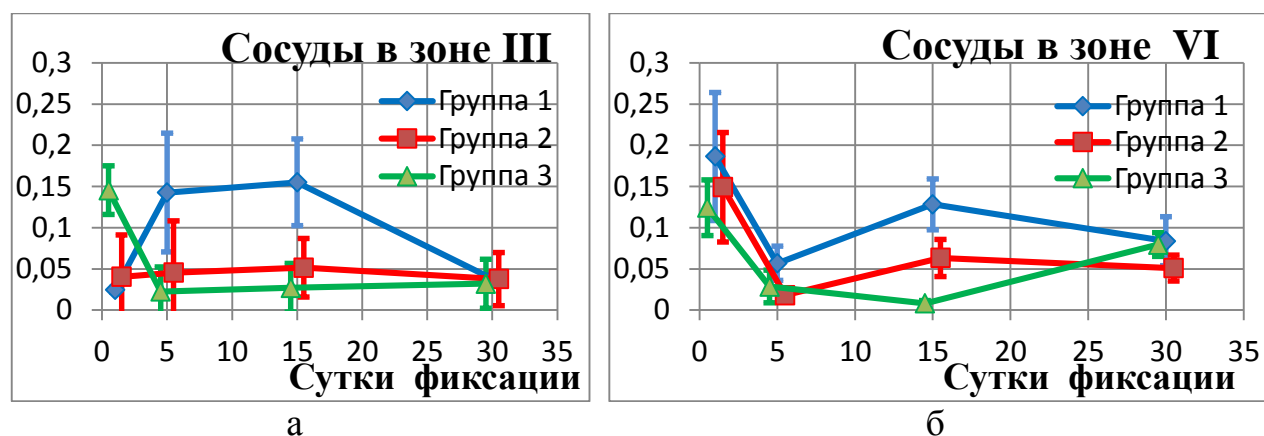


Рис. 4. Площадь, занимаемая сосудами, в ростковой зоне регенерата (1/100, $M \pm m$): а - III зона – периост, б – VI зона – интермедиарный регенерат

Формирование кортикальных пластинок в группе УПГ происходит преимущественно за счет периостального остеогенеза (рис. 3 в) в отличие от контрольной группы, в которой кортикальные пластинки формируются преимущественно за счет интермедиарной области регенерата. Преимущественный остеогенный потенциал периоста при комбинированном методе удлинения отмечали и другие авторы (Степанов М.А. с соавт., 2010; Еманов А.А. с соавт., 2013; Li G. et al., 1999). Более низкая васкуляризация при УПГ отмечена в экспериментальных исследованиях, опубликованных в литературе (Еманов А.А. с соавт., 2013, 2014; Ерофеев С.А., 2014). Наиболее мощные кортикальные пластинки с большей плотностью костной ткани формируются в группе УЗГ, при этом их формирование происходит как из интермедиарной области, так и за счет активного периостального остеогенеза (рис. 3 б, рис. 5). Это соответствует данным клинических исследований. На формирование мощных кортикальных пластинок с участием периоста по методике УЗГ указывают S.R. Rozbruch с соавт. (2008) и К. Емага с соавт. (2011). Подтверждение данного факта экспериментальными исследованиями ранее не было опубликовано. К 30-м суткам фиксации в группе УЗГ плотность костной ткани в периостальной области регенерата по данным КТ (рис. 5) превышает данный показатель в кортикальных пластинка контрольной группы в 1,8 раза, а в группе УПГ – в 1,6 раза, и соот-

ветствует показателям интактной кортикальной кости. Таким образом наиболее надежные, с точки зрения опороспособности, костные ткани в области регенерата могут быть получены при методике УЗГ.

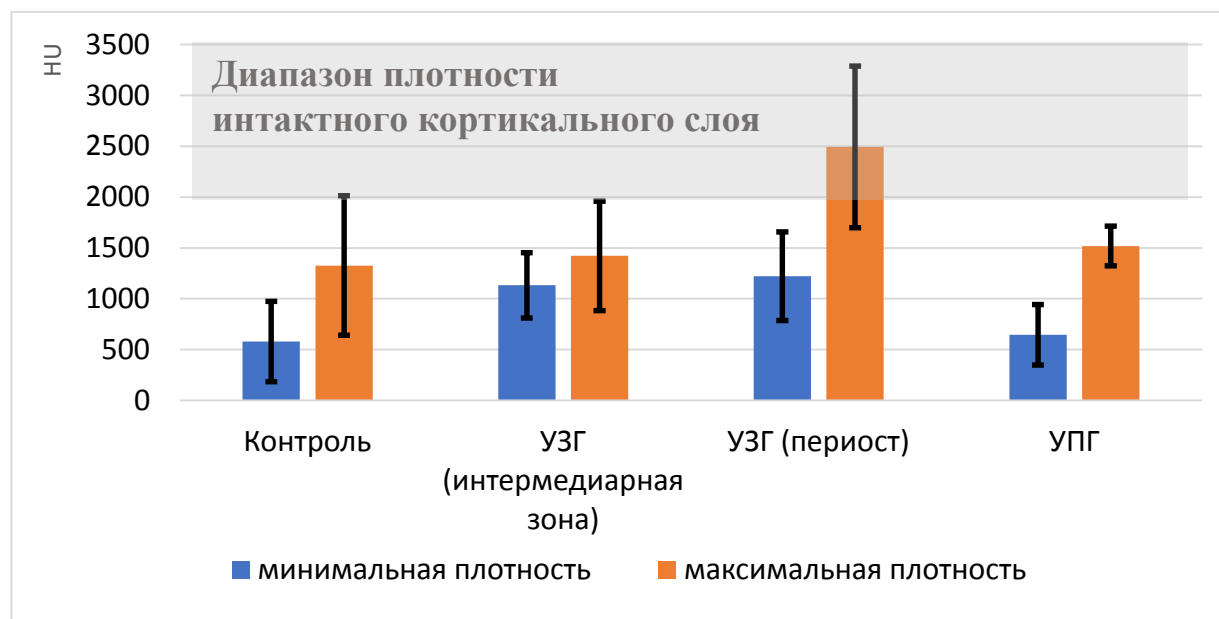


Рис. 5. Диапазон плотности ткани кортикальных пластинок в области регенерата по данным КТ, 30-е сутки фиксации (НУ)

Значимых отличий в динамике маркеров костного метаболизма в группах с различными методиками удлинения сегментов конечностей выявлено не было. Это позволяет заключить, что комбинированное и последовательное применение чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза не оказывает негативного влияния на обменные процессы в костной ткани в сравнении с формированием регенерата по Илизарову.

В четвертой главе объединены 3 раздела по вопросам, требующих технических исследований для обоснования применения различных методик. В первом разделе рассмотрены результаты стендовых исследований жесткости остеосинтеза при различных компоновках аппаратов для комбинированного и последовательного использования чрескостного остеосинтеза и БИОС. Для УПГ большеберцовой кости оптимальным является модуль третьего порядка (М3), комбинированный с интрамедуллярным стержнем, на основе 2-х одноопорных модулей с использованием трех стержней-шурупов в проксимальном отделе и двух спиц с упорной площадкой и стержня-шурупа в дистальном отделе. Для бедренной кости все исследованные М3 могут быть рекомендованы для клинической практики, так как обеспечивают жесткость остеосинтеза не

менее эталонного МЗ и превышают его в оптимальных компоновках по продольной жесткости до 110%, по жесткости во фронтальной плоскости – до 139%, в сагиттальной плоскости – до 51%, при ротации – до 150%. Применение ортопедического гексапода незначительно снижает показатели продольной жесткости остеосинтеза в некоторых компоновках, но сохраняется убедительное превышение показателей эталонного модуля. А при нагрузках в сагиттальной плоскости ортопедический гексапод повышает показатели жесткости остеосинтеза при антеградном введении стержня в два раза, а при ретроградном введении стержня – при ротационных нагрузках в два раза (рис. 6).

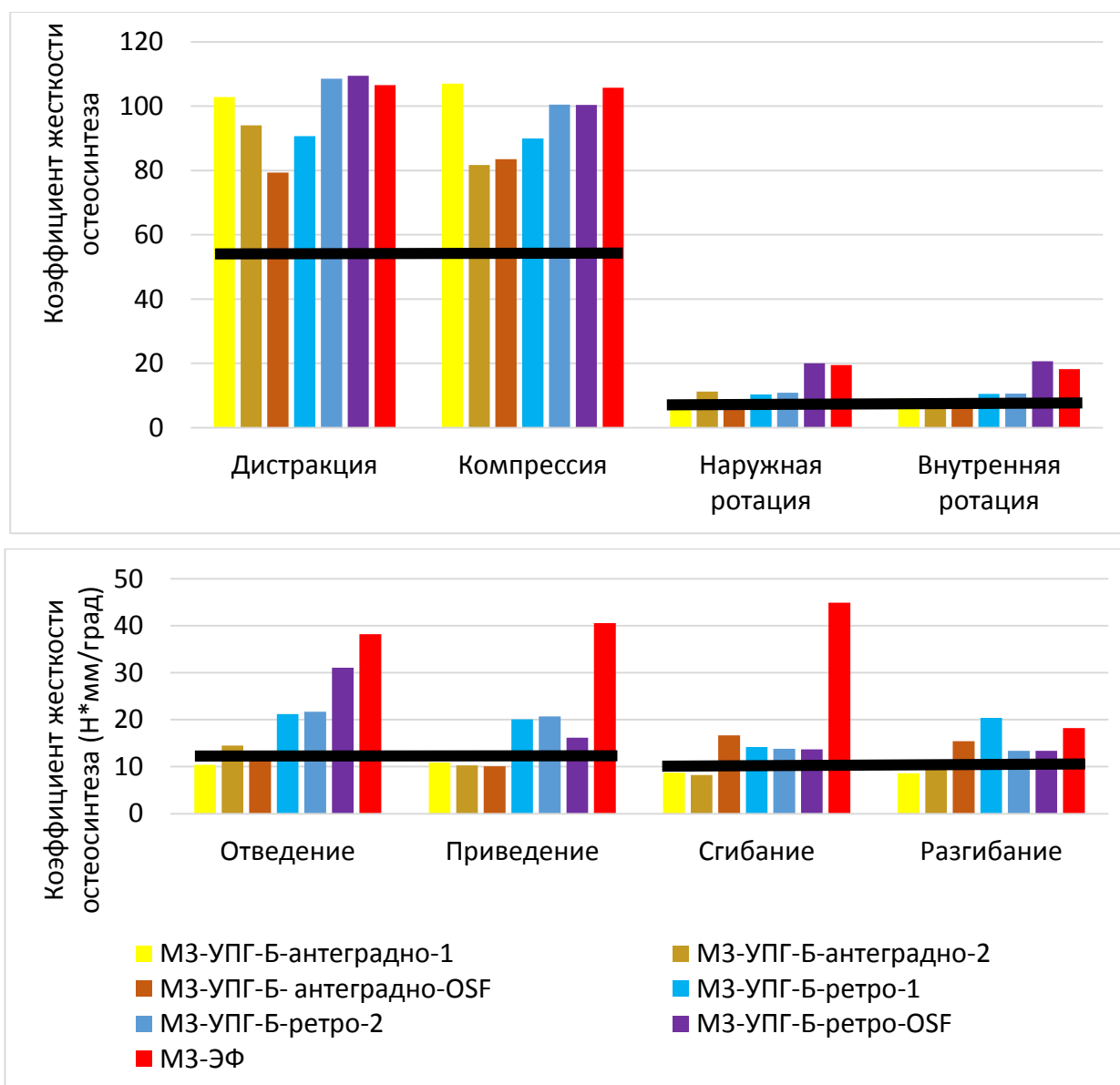


Рис. 6. Сравнительная характеристика коэффициента жесткости остеосинтеза исследуемых МЗ для УПГ бедренной кости при осевых (Н/мм), ротационных и угловых (Н*мм/град). Черными линиями обозначены показатели эталонного модуля, МЗ-ЭФ – модуль с использованием 4 ЭФ (для сравнения).

Во втором разделе рассмотрены результаты математических расчетов рисков заклинивания стержня при УПГ бедренной кости при использовании стержней с радиусом изгиба в сагиттальной плоскости 2 м и 3 м, которые представлены для дальнейшего клинического применения в виде номограмм и таблиц. Зная радиус планируемого к установке стержня и рассчитанный радиус канала кости можно определить на каком расстоянии от остеотомии произойдет заклинивание при определенном удлинении. Например, при удлинении на стержне с радиусом 2000 мм при радиусе канала 1800 мм после удлинения на 30 мм произойдет заклинивание на расстоянии 88 мм от уровня остеотомии, дальнейшее удлинение при помощи прямых соединительных стержней будет невозможно (табл. 3) или необходимо применение ортопедического гексапода и опции «многоэтапной коррекции деформации», позволяющей менять траекторию перемещения фрагментов.

Таблица 3. Результаты расчета риска заклинивания для стержня $R_c=2000$ мм и радиуса канала (R_k) от 1200 до 2000 мм, dL –удлинение (мм).

R_k	1200		1400		1600		1800		2000	
	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B
0	78	–	97	–	127	–	190	–	–	500
10	105	–	134	–	184	–	312	–	–	204
20	137	–	178	–	255	–	464	–	–	110
30	172	–	228	–	333	105	628	88	–	81
40	210	95	280	77	416	73	794	71	–	70
50	248	67	335	66	500	65	953	65	–	65
60	289	63	390	63	585	63	1104	63	–	63
70	330	63	446	63	669	63	1243	63	–	63

На основании полученных данных сформулированы показания к УПГ бедренной кости с использованием ортопедического гексапода:

1. Все случаи удлинения более 40 мм;
2. Необходимость одновременно устранять торсионную деформацию;
3. Если радиус канала, рассчитанный на участке от остеотомии до свободного конца стержня, равен или превышает радиус стержня;
4. Во всех случаях, когда расчет показывает угрозу заклинивания до окончания необходимого удлинения.

В третьем разделе представлены результаты компьютерного моделирования разрушения блокирующих винтов при циклических нагрузках. Количество

циклов, необходимое для перестройки регенерата длиной 5 см при среднем периоде фиксации 200 дней, определено в 1 000 000. Данные для фиксации дистракционного регенерата большеберцовой кости представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты расчета максимальных напряжений и количества циклов до разрушения максимально нагруженного блокирующего винта в зависимости от прилагаемого веса при фиксации регенерата большеберцовой кости (обозначение E+0X соответствует 10^x).

Прилагаемая нагрузка весом, кг	40	50	60	70
Сила на наиболее нагруженный блокирующий винт, Н	960	1200	1440	1680
Максимальное напряжение в блокирующем винте 4,5 мм, Па	5,35E+08	6,68E+08	8,02E+08	9,35E+08
Число циклов до разрушения винта 4,5 мм	2,17E+19	1,86E+06	1,23E+03	1,54E+01
Максимальное напряжение в блокирующем винте 5 мм, Па	2,85E+08	3,57E+08	4,28E+08	5,00E+08
Число циклов до разрушения винта 5 мм	Нет разрушения			
Максимальное напряжение в блокирующем винте 5,5 мм	2,22E+08	2,77E+08	3,33E+08	3,88E+08
Число циклов до разрушения винта 5,5 мм	Нет разрушения			

Таблица 4 (продолжение) обозначение E-0X соответствует 10^{-x}

Прилагаемая нагрузка весом, кг	80	90	100	110
Сила на наиболее нагруженный блокирующий винт, Н	1920	2160	2400	2640
Максимальное напряжение в блокирующем винте 4,5 мм, Па	1,07E+09	1,20E+09	1,34E+09	1,47E+09
Число циклов до разрушения винта 4,5 мм	6,72E-01	5,86E-02	7,93E-03	1,46E-03
Максимальное напряжение в блокирующем винте 5 мм, Па	5,71E+08	6,42E+08	7,14E+08	7,85E+08
Число циклов до разрушения винта 5 мм	5,73E+11	1,71E+07	8,69E+04	2,46E+03
Максимальное напряжение в блокирующем винте 5,5 мм	4,44E+08	4,99E+08	5,55E+08	6,10E+08
Число циклов до разрушения винта 5,5 мм	Нет разрушения		7,68E+13	6,11E+08

Использование для блокирования интрамедуллярных имплантов винтов 5,5 мм и более дает достаточный запас прочности для нагрузки на время органотипической перестройки дистракционного регенерата большеберцовой кости. Хорошую устойчивость к циклическим нагрузкам показывают схемы блокирования интрамедуллярных стержней винтами диаметром 5 мм. Жесткое ограничение нагрузок в период органотипической перестройки регенерата большеберцовой кости потребуется только для пациентов с весом более 90 кг. Блокирование интрамедуллярных стержней винтами с диаметром 4,5 мм предполагает строгое ограничение нагрузки на весь период органотипической перестройки регенерата. Даже «случайные» нагрузки полным весом более 60 кг могут привести к разрушению наиболее нагружаемого винта.

Вследствие несовпадения оси механической нагрузки и анатомической оси бедра условия нагрузки при фиксации регенерата бедренной кости более сложные и включают кроме ударных осевых нагрузок срезающее действие на блокирующие винты при возникающем вращающем моменте. Имеющиеся на настоящий момент интрамедуллярные импланты для бедренной кости позволяют давать при фиксации регенерата нагрузку только до 20-30 кг.

В пятой главе проанализированы результаты удлинения длинных костей нижних конечностей по данным методикам УПГ и УЗГ в сравнении с удлинением при использовании только чрескостного остеосинтеза. В табл. 5 приведены данные в группах по полу, возрасту и величине удлинения.

Таблица 5. Общая характеристика групп пациентов при удлинении сегментов (подгруппа 1 – бедренная кость, подгруппа 2 - голень)

Группа	Гр-1 (УПГ)		Гр-2 (УЗГ)		Гр-3 (УЧО)		Гр-4 (УДЧО)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Подгруппа	1	2	1	2	1	2	1	2
Кол-во случаев	44	16	16	11	43	29	37	18
Возраст (лет)	37,1 ±1,7	34,6 ±3,2	34,4 ±3,1	33,5 ±4,0	32,0 ±1,7	32,5 ±2,3	30,6 ±2,0	33,1 ±3,3
Пол (М/Ж)	30/14	12/4	11/5	5/6	16/17	21/8	21/16	10/8
Величина удлинения (см)	4,3 ±0,2	3,8 ±0,9	4,3 ±0,3	5,1 ±0,5	4,6± 0,2	4,3 ±0,3	4,7 ±0,2	4,2 ±0,4

В Гр-2 и Гр-4 кроме удлинения проводилась коррекция других компонентов деформации, период дистракции в этих группах был достоверно выше ($p < 0,05$), чем в Гр-1 и Гр-3. Поэтому сравнение ПЧО, ИЧО, периода и индекса

консолидации проводилось между Гр-1 и Гр-3, Гр-2 и Гр-4. В табл. 6 приведены сравнительные данные периодов и индексов distraction, фиксации, чрескостного остеосинтеза и консолидации. ПЧО в Гр-1 (УПГ) составил $85,1 \pm 5,8$ дней и был в 3,6 раза меньше ($p < 0,05$), чем в Гр-3 ($310,8 \pm 20,3$ дней). ИЧО в этих группах был $20,0 \pm 1,2$ дней/см и $71,9 \pm 4,5$ дней/см, соответственно, и отличался также в 3,6 раза ($p < 0,05$). В Гр-2 (УЗГ) ПЧО составил $98,0 \pm 6,4$ дней и был в 3 раза меньше ($p < 0,05$), чем в Гр-4 ($293,1 \pm 15,4$ дней). ИЧО в этих группах составил $22,2 \pm 1,8$ дней/см и $70,0 \pm 5,1$ дней/см и отличался также в 3 раза ($p < 0,05$).

Таблица 6. Сравнительная оценка периодов и индексов distraction, фиксации, чрескостного остеосинтеза и консолидации при удлинении сегментов нижних конечностей ($M \pm m$)

Группа	Гр-1 (УПГ)		Гр-2 (УЗГ)		Гр-3 (УЧО)		Гр-4 (УДЧО)	
Подгруппа	1	2	1	2	1	2	1	2
Кол-во случаев	44	16	16	11	43	29	37	18
Величина удлинения (см)	$4,3 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,9$	$4,3 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,4$
ПД (дней)	$55,0 \pm 3,8$	$50,6 \pm 5,3$	$70,1 \pm 7,4$	$71,4 \pm 9,8$	$62,8 \pm 3,2$	$59,6 \pm 5,9$	$75,4 \pm 4,4$	$71,8 \pm 9,1$
ПФ (дней)	$20,5 \pm 5,5$	$31,9 \pm 9,0$	$16,2 \pm 6,0$	$25,6 \pm 8,0$	$224,4 \pm 27,8$	$279,9 \pm 25,2$	$204,7 \pm 17,8$	$240,9 \pm 19,7$
ИФ (дней/см)					$50,1 \pm 5,9$	$82,2 \pm 6,4$	$47,4 \pm 5,8$	$62,6 \pm 6,2$
ПЧО (дней)	$83,3 \pm 7,1$	$90,1 \pm 10,3$	$91,4 \pm 7,5$	$101,9 \pm 10,3$	$291,4 \pm 28,4$	$339,5 \pm 27,8$	$282,2 \pm 20,4$	$315,3 \pm 21,7$
ИЧО (дней/см)	$18,7 \pm 1,3$	$23,9 \pm 5,9$	$22,6 \pm 2,7$	$20,3 \pm 1,5$	$65,0 \pm 6,1$	$80,5 \pm 6,3$	$64,8 \pm 6,9$	$80,6 \pm 6,5$
Период консолидации (дней)	$213,5 \pm 10,8$	$187,6 \pm 14,7$	$240,9 \pm 23,6$	$259,0 \pm 26,6$	$291,4 \pm 28,4$	$339,5 \pm 27,8$	$282,2 \pm 20,4$	$315,3 \pm 21,7$
Индекс консолидации (дней/см)	$50,9 \pm 1,9$	$51,3 \pm 3,4$	$64,6 \pm 14,5$	$53,0 \pm 4,8$	$65,0 \pm 6,1$	$80,5 \pm 6,3$	$64,8 \pm 6,9$	$80,6 \pm 6,5$

В Гр-3 и Гр-4 период консолидации и индекс консолидации соответствовал ПЧО и ИЧО. В Гр-1 период консолидации был на 30% меньше ($p = 0,016$), чем в Гр-3 ($206,5 \pm 8,8$ дней и $310,7 \pm 20,3$ дней, соответственно). Аналогичная картина по индексам консолидации: $51,0 \pm 1,6$ дней/см в Гр-1 и $71,9 \pm 4,5$ дней/см в Гр-3 ($p = 0,005$). В Гр-2 период консолидации $248,4 \pm 17,2$ дней также достоверно ($p = 0,04$) меньше, чем в Гр-4 ($293,0 \pm 15,4$ дней), но в пределах 17%. Аналогичная закономерность и индексов консолидации: $59,9 \pm 8,7$ дней/см в Гр-2 и $70,0 \pm 5,1$

дней/см в Гр-4 ($p=0,02$). В группах 1 и 2 (УПГ и УЗГ) общее количество осложнений меньше на 30-40%, чем в группах с применением только ЧО (табл. 7).

Таблица 7. Сравнительная характеристика осложнений при удлинении сегментов нижних конечностей

Группы	Гр-1, УПГ	Гр-2, УЗГ	Гр-3, УЧО	Гр-4, УДЧО	
Количество случаев	60	27	72	55	
Осложнения по Caton	Количество (%)				
Воспаление в области ЧЭ	I	6 (10%)	3 (11,1%)	21 (29,2%)	12 (21,8%)
	II	1 (1,7%)	1 (3,7%)	3 (4,2%)	2 (3,6)
	всего	7 (11,7%)	4 (14,8%)	24 (33,3%)	14 (25,4%)
Глубокая инфекция, обострение хронич.	II	4 (6,7%)	-	5 (6,9%)	2 (3,6%)
	III	1 (1,7%)	-	-	1 (1,8%)
	всего	5 (8,3%)	-	5 (6,9%)	3 (5,5%)
Перелом или деформация ЧЭ	I	1 (1,7%)	-	1 (1,4%)	1 (1,8%)
	II	1 (1,7%)	1 (3,7%)	5 (6,9%)	3 (5,5%)
	всего	2 (3,3%)	1 (3,7%)	6 (8,3%)	4 (7,3%)
Переломы, деформация внут. конструкций	I	1 (1,7%)	1 (3,7%)	-	-
	II	1 (1,7%)	2 (7,4%)	-	-
	всего	2 (3,3%)	3 (11,1%)	-	-
Переломы после демонтажа АВФ	II	-	-	-	-
	III	-	-	3 (4,2%)	4 (7,3%)
	всего	-	-	3 (4,2%)	4 (7,3%)
Периимплантные переломы	II	1 (1,7%)	-	-	-
	всего	1 (1,7%)	-	-	-
Деформация регенерата	I	-	1 (4,2%)	1 (1,4%)	3 (5,5%)
	II	1 (1,7%)	1 (4,2%)	3 (4,2%)	4 (7,3%)
	всего	1 (1,7%)	2 (8,3%)	4 (5,6%)	7 (12,7%)
Нарушения процессов консолидации	I	1 (1,7%)	1 (4,2%)	1 (1,4%)	6 (10,9%)
	II	2 (3,3%)	1 (4,2%)	10 (13,9%)	5 (9,1%)
	всего	3 (5%)	2 (8,3%)	11 (15,3%)	11 (20%)
Преждевременное сращение	II	5 (8,3%)	-	-	3 (5,5%)
	всего	5 (8,3%)	-	-	3 (5,5%)
Контрактуры, подвывихи	II	2 (3,3%)	7 (29,2%)	11 (15,3%)	14 (25,5%)
	всего	2 (3,3%)	7 (29,2%)	11 (15,3%)	14 (25,5%)
Невропатии	I	1 (1,7%)	-	2 (2,8%)	4 (7,3%)
	всего	1 (1,7%)	-	2 (2,8%)	4 (7,3%)
Всего осложнений	I	10 (16,7%)	6 (22,2%)	26 (36,1%)	26 (47,3%)
	II	18 (30%)	13 (48,2%)	37 (51,4%)	33 (60,0%)
	III	1 (1,7%)	-	3 (4,2%)	5 (9,1%)
	всего	29 (48,3%)	19 (70,4%)	66 (91,7%)	64 (116,4%)

В Гр-1 (УПГ) отмечено 29 случаев осложнений (48,3%), тогда как в Гр-3 (Удлинение-ЧО) - 66 случаев (91,7%). В Гр-2 (УЗГ) отмечено 19 случаев осложнений (70,4%), а в сравниваемой Гр-4 (Удлинение и коррекция деформаций-ЧО) - 64 случая (116,4%). Так воспаления в области ЧЭ при УПГ снижаются в 3 раза по сравнению с ЧО (11,7% и 33,3% соответственно). Это коррелирует с уменьшением ПЧО при сравнении данных групп и соответствует данным литературы о соответствии количества воспалений в области ЧЭ длительности ПЧО (Fragomen A.T. et al., 2017). В то же время в Гр-2 (УЗГ) наблюдается достоверное ($p < 0,05$), но менее значительное (в 1,7 раза) снижение частоты этого осложнения по сравнению с Гр-4: 14,8% и 25,8% соответственно. Частота переломов и деформаций ЧЭ снижается при УПГ по сравнению с удлинением методом ЧО в 2,5 раза (3,3% и 8,3% соответственно), при методике УЗГ по сравнению с удлинением и коррекцией деформации методом ЧО в 1,7 раза (4,2% и 7,3% соответственно). Но с учетом переломов и деформаций погружных конструкций (3,3% в Гр-1 и 12,5% в Гр-2) общая частота повреждений металлоконструкций в Гр-1 (УПГ) не уменьшается по сравнению с Гр-3, а в Гр-2 (УЗГ) увеличивается по сравнению с Гр-4. Контрактуры суставов и подвывихи в Гр-1 отмечены в 5 раз реже, чем в Гр-3 (3,3% и 15,3% соответственно), между Гр-2 и Гр-4 значимых отличий не выявлено. В то же время при удлинении бедренной кости частота формирования контрактур коленного сустава и/или подвывиха убедительно снижалась как при УПГ, так и при методике АЗГ. Нарушения процессов консолидации в Гр-1 отмечены в 5 раз реже (5%), чем в Гр-3 (15,3%), а в Гр-2 (8,3%) в 2,5 раза реже, чем в Гр-4 (20%).

В то же время при УПГ отмечено 5 случаев (8,3%) преждевременной консолидации, и только один из них относится к удлинению голени. Это специфическое осложнение при УПГ бедренной кости. Необходимо отметить, что применение форсированной дистракции при УПГ бедренной кости потребовалось у 16 из 44 пациентов, а в 4 случаях произошла преждевременная консолидация, связанная с заклиниванием стержня в костномозговом канале. Для предотвращения данного осложнения разработан способ УПГ бедренной кости с использованием ортопедического гексапода (Патент РФ на изобретение № 2638279), позволяющий пошагово перемещать фрагмент, изменяя траекторию соответственно кривизне интрамедуллярного стержня (рис. 7 а, б).



Рис. 7. Финальная схема расчета удлинения на шаге 14 программы компьютерной навигации: а - при удлинении на антеградном стержне, б – при удлинении на ретроградном стержне

В разделе особенностей хирургической техники при УПГ подробно изложены клинические аспекты применения ортопедического гексапода при УПГ бедренной кости: особенности монтажа гексапода при антеградно и ретроградном введении стержня, выполнение и подготовка рентгенограмм, особенности работы с программой компьютерной навигации при пошаговом перемещении фрагмента с изменением траектории в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня, клинические примеры удлинения на антеградном и ретроградном стержне. При применении у 11 пациентов для удлинения бедренной кости ортопедического гексапода у 10 пациентов планируемое удлинение выполнено в соответствии с расчетами программы без формированной дистракции. Преждевременная консолидация отмечена в 1 случае, когда удлинение проводилось на установленном на предыдущем этапе лечения трансартикулярном индивидуальном стержне, а заклинивание произошло около чрескостных элементов, проведенных на уровне анкилозированного коленного сустава.

При сравнении показателей функциональных шкал отмечены более высокие показатели в Гр-1 (УПГ) и Гр-2 (УЗГ) шкалы SF-36 «Психическое здоровье - МН» и «Эмоциональное функционирование - RE» на сроке 6 месяцев и 1-2 года после перехода к полной нагрузке ($p < 0,05$) по сравнению с Гр-3 и Гр-4 (применение только ЧО) на этих же сроках после демонтажа аппарата. Это косвенно свидетельствует о большей комфортности в процессе лечения при методиках УПГ и УЗГ. При этом показатели физического функционирования по шкалам SF-36 и LEFS значимых отличий в группах не имели ($p > 0,05$), как и

показатели интенсивности боли и общего состояния здоровья. При оценке результатов лечебно-трудовой реабилитации хорошие результаты при УПГ составили 71,6%, при методике УЗГ – 81,5%, в Гр-3 (УЧО) – 49,7%, в Гр-4 (УДЧО) – 63,6%. Удовлетворительные результаты были, соответственно, в 25% (УПГ); 18,5% (УЗГ); 37,7% (УЧО) и 30,9% (УДЧО). Неудовлетворительные результаты отмечены в 3,3% при УПГ, в 2,6% в группе УЧО, в 5,5% в группе УДЧО, при методике УЗГ – не отмечены.

На основании проведенного сравнительного анализа результатов лечения разработан алгоритм выбора способа удлинения длинных костей нижних конечностей, включающий оценку инфекционных рисков, возможности одновременной коррекции деформации, риска заклинивания стержня при УПГ бедренной кости (рис. 8).

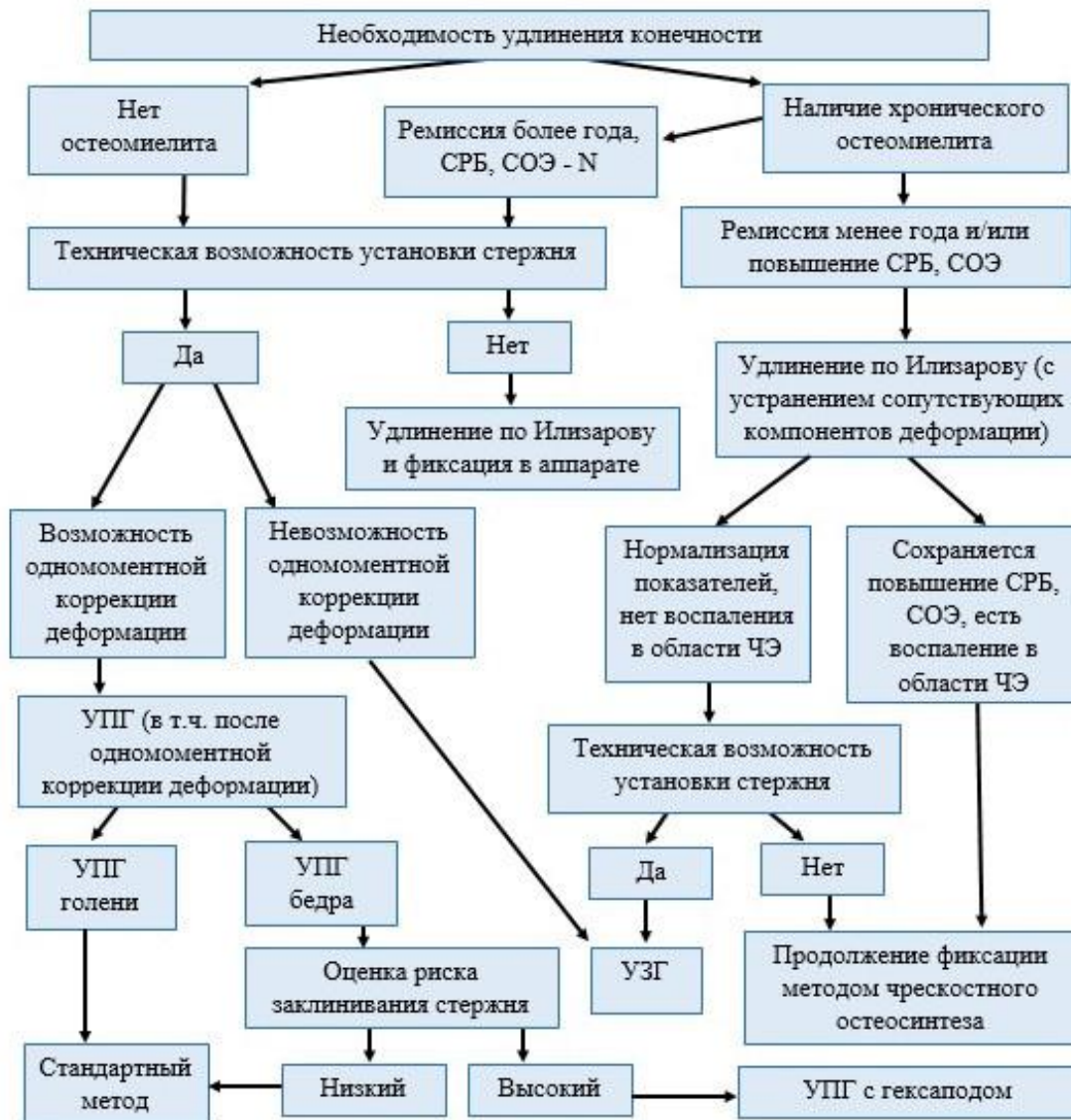


Рис. 8. Алгоритм выбора способа удлинения сегментов нижних конечностей.

В шестой главе проанализированы особенности хирургической техники при методике ЗДПГ, в том числе рассмотрены риски заклинивания «большеберцового» фрагмента при билोकальном замещении дефекта (рис. 9 а). Разработанная методика билोकального замещения ДОКС и дефектов дистального отдела бедренной кости с использованием тросовых тяг для перемещения фрагмента бедренной кости и ортопедического гексапода для перемещения «большеберцового фрагмента» в аппарате (рис. 9 б) позволяет пошагово перемещать фрагмент в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня.

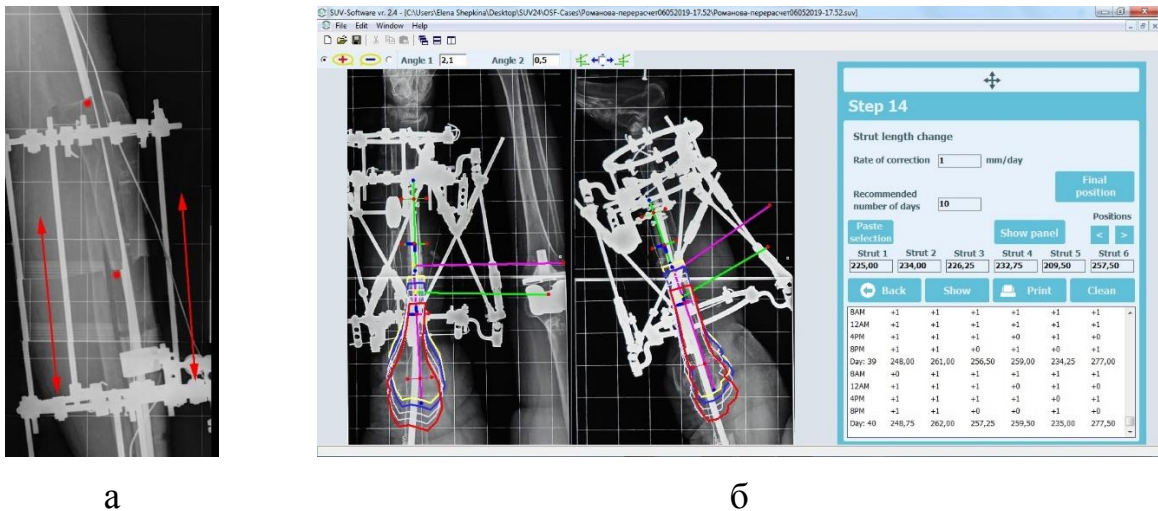


Рис. 9: а – схема заклинивания при перемещении «большеберцового» фрагмента при перемещении дистракцией на прямых соединительных стержнях, б – финальная схема перемещения фрагмента с помощью ортопедического гексапода при использовании опции многоэтапной коррекции

Для оценки эффективности методики ЗДПГ проведено сравнение результатов с замещением сегментарных дефектов по Илизарову. В табл. 8 представлена характеристика групп пациентов по возрасту, полу, локализации и величине дефектов, а также величине замещенного дефекта. Суммарная величина дефектов различалась между группами, но группы были сравнимы по величине замещенного на данном этапе дефекта. Все пациенты к моменту замещения костного дефекта прошли лечение в объеме радикальной санации очага остеомиелита, в 20 случаях в Гр-1 и в 6 случаях в Гр-2 была выполнена установка антибактериального спейсера. Период дистракции в среднем был незначительно более длительным в Гр-2 (ЧО), но без достоверной разницы показателей между группами ($p > 0,05$). В Гр-2 (ЧО) при монолокальном замещении дефекта период фиксации составил $347,0 \pm 23,8$ дней; индекс фиксации $62,5 \pm 4,8$ дней/см. При билोकальном замещении дефекта $457,3 \pm 39,7$ дней и $50,2 \pm 5,5$

дней/см соответственно. ПЧО в Гр-1 (ЗДПГ) составил $160,6 \pm 26,7$ дней и был в 3 раза меньше ($p < 0,05$), чем в Гр-2 – $496,4 \pm 24,8$ дней. ИЧО в Гр-1 составил $25,2 \pm 5,0$ дней/см и также был в 3 раза меньше ($p < 0,05$), чем в Гр-2, где составил $74,6 \pm 4,3$ дней/см (табл. 9).

Таблица 8. Сравнительная характеристика групп пациентов по возрасту, полу, локализации и величине дефекта ($M \pm m$)

Группы	Гр-1 (ЗДПГ)				Гр-2 (ЧО)			
	голень	бедро	ДОКС	всего	голень	бедро	ДОКС	всего
Кол-во случаев	5	5	16	24	40	4	14	58
М/Ж	5/0	2/3	10/6	17/9	31/9	2/2	5/9	38/20
Возраст (лет)	$38,2 \pm 7,0$	$42,2 \pm 5,6$	$38,7 \pm 3,8$	$39,3 \pm 2,8$	$39,0 \pm 2,0$	$30,8 \pm 4,4$	$44,1 \pm 4,0$	$39,7 \pm 1,7$
Величина дефекта (см)	$8,0 \pm 1,9$	$15,8 \pm 2,9$	$19,9 \pm 0,9$	$16,9 \pm 1,4$	$9,3 \pm 0,7$	$10,5 \pm 2,6$	$20,2 \pm 1,7$	$12,0 \pm 0,9$
Величина замещенного дефекта (см)	$4,0 \pm 0,8$	$5,4 \pm 1,0$	$8,2 \pm 1,2$	$7,0 \pm 0,8$	$6,7 \pm 0,4$	$6,8 \pm 1,6$	$9,1 \pm 1,1$	$7,3 \pm 0,4$

Таблица 9. Величина регенератов, периоды и индексы distraction, фиксации, ЧО и консолидации ($M \pm m$)

	Гр-1 (ЗДПГ)		Гр-2 (ЧО)	
	Моно-локальное	билокальное	Моно-локальное	билокальное
Величина регенератов (см)	$4,9 \pm 0,4$	$10,6 \pm 1,5$	$6,0 \pm 0,3$	$9,8 \pm 0,7$
ПД (дней)	$73,7 \pm 9,6$	$100,6 \pm 18,9$	$106,5 \pm 7,0$	$112,8 \pm 17,0$
ПФ (дней)	$31,9 \pm 8,8$	$128,6 \pm 53,4$	$347,0 \pm 23,8$	$457,3 \pm 39,7$
ИФ (дней/см)			$62,7 \pm 4,8$	$50,2 \pm 5,5$
ПЧО (дней)	$113,3 \pm 15,1$	$236,3 \pm 61,0$	$455,5 \pm 26,8$	$574,3 \pm 48,4$
ИЧО (дней/см)	$22,5 \pm 2,2$	$29,3 \pm 13,0$	$81,1 \pm 5,5$	$62,2 \pm 6,2$
Период консолидации (дней)	$337,9 \pm 54,7$	$459,5 \pm 54,0$	$455,5 \pm 26,8$	$574,3 \pm 48,4$
Индекс консолидации (дней/см)	$66,6 \pm 10,1$	$41,2 \pm 4,15$	$81,1 \pm 5,5$	$62,2 \pm 6,2$

При монолокальном замещении дефекта ПЧО Гр-1 был в 4 раза меньше, чем в Гр-2, а ИЧО отличался в 3,5 раза. При билокальном замещении дефекта

ПЧО в Гр-1 был в 2,5 раза меньше, чем в Гр-2, а ИЧО в 2 раза меньше ($p < 0,05$). Для оценки результата важное значение имеет период консолидации и индекс консолидации. Данный показатель для Гр-2 (ЧО) совпадает с ПЧО и ИЧО. При сравнении периодов консолидации при монолокальном замещении дефекта период консолидации в Гр-1 был на 25% меньше ($p = 0,005$), чем в Гр-2; индекс консолидации – на 18% меньше ($p = 0,004$). При билокальном замещении дефекта период консолидации в Гр-1 был меньше, чем в Гр-2 на 20% ($p = 0,004$), а индекс консолидации на 34% ($p = 0,005$). Таким образом опороспособность конечности при ЗДПГ восстанавливалась быстрее. Но при сравнении функциональных показателей шкал SF-32 и LEFS были отмечены более низкие показатели физического функционирования в группе ЗДПГ при оценке среднесрочных результатов, что объясняется большей долей в этой группе пациентов с ДОКС, у которых функция коленного сустава была утрачена до начала замещения дефекта и не может быть восстановлена. Характеристика осложнений при ЗДПГ представлена в табл. 10, для чрескостного остеосинтеза – в табл. 11.

Таблица 10. Характеристика осложнений в Гр-1 (ЗДПГ)

Количество случаев	Гр-1 (ЗДПГ) – 26 случаев			
	по Caton			Всего
	I	II	III	
Осложнения: случаев (%)				
Воспаление в области ЧЭ	4 (15,4%)	2 (7,7%)	-	6 (23,1%)
Глубокая инфекция	-	1 (3,9%)	2 (7,7%)	3 (11,5%)
Перелом ЧЭ или конструкций аппарата, в т.ч. обрыв тросов	-	9 (34,6%)	-	9 (34,6 %)
Перелом погружных конструкций	1 (3,9%)	-	1 (3,9%)	2 (7,7%)
Нестабильность конструкции аппарата, в т.ч. чрескостных элементов	-	2 (7,7%)	-	2 (7,7%)
Преждевременное сращение	-	3 (11,5%)	1 (3,9%)	4 (15,4%)
Замедленная консолидация, ложный сустав	-	3 (11,5%)	-	3 (11,5%)
Перелом на уровне регенерата или области адаптации	-	-	1 (3,9%)	1 (3,9%)
Периимплантные переломы	-	1 (3,9%)	-	1 (3,9%)
Деформация или потеря длины регенерата	-	1 (3,9%)	-	1 (3,9%)
Повреждения сосудов	-	1 (3,9%)	-	1 (3,9%)
Всего осложнений	5 (19,2%)	23 (88,5%)	5 (19,2%)	33 (126,9%)

Таблица 11. Характеристика осложнений в Гр-2 (ЧО)

Количество случаев	Гр-2 (ЧО) – 58 случаев			
	по Caton			Всего
	I	II	III	
Осложнения: случаев (%)				
Воспаление в области ЧЭ	14 (24,1%)	20 (34,5%)	-	34 (58,6%)
Поверхностный некроз в области хирургического доступа	-	2 (3,5%)	-	2 (3,5%)
Глубокая инфекция	-	3 (5,2 %)	3 (5,2%)	6 (10,3%)
Перелом ЧЭ или конструкций аппарата, в т.ч. обрыв тракционных тросов	3 (5,2%)	6 (10,3%)	-	9 (15,5%)
Нестабильность конструкции аппарата, в т.ч. чрескостных элементов	-	4 (6,9%)	-	4 (6,9%)
Преждевременное сращение	-	1 (1,7%)	-	1 (1,7%)
Замедленная консолидация, ложный сустав	1 (1,7%)	17 (29,3%)	2 (3,5%)	20 (34,5%)
Перелом на уровне регенерата или области адаптации	-	1 (1,7%)	1 (1,7%)	2 (3,5%)
Периимплантные переломы	-	2 (3,5%)	-	2 (3,5%)
Деформация или потеря длины регенерата	1 (1,7%)	6 (10,3%)	-	7 (12,1%)
Контрактуры суставов	1 (1,7%)	5 (8,6%)	-	6 (10,3%)
Невропатия	3 (5,2%)	1 (1,7%)	-	4 (6,9%)
Всего осложнений	23 (39,7%)	68 (117,2%)	6 (10,3%)	97 (167,2%)

Уменьшение периода чрескостного остеосинтеза в группе ЗДПГ коррелировало со снижением количества типичных для чрескостного остеосинтеза осложнений. Осложнения при ЗДПГ отмечены у 16 пациентов – 33 осложнения (126,9%), в Гр-2 (ЧО) – у 54 пациентов: 97 осложнений (167,2%). Осложнения категории Caton I отмечены в Гр-1 в 19,2%, в Гр-2 в 39,7 %; категории Caton II отмечены в Гр-1 в 88,5%, в Гр-2 в 117,2 %; категории Caton III в Гр-1 в 19,2%, в Гр-2 в 10,3%. Частота осложнений категории Caton I и Caton II была выше в Гр-2 (ЧО), категории Caton III выше в Гр-1 (ЗДПГ). Воспаление в области чрескостных элементов в Гр-1 отмечено в 23,1 %, при этом преобладали осложнения категории Caton I – 15,4 %; в Гр-2 в 2,5 раза чаще - 58,6 %, при этом преобладали осложнения категории Caton II - 34,5 %. Глубокая инфекция встречалась с одинаковой частотой в обеих группах: в Гр-1 11,5 %, в Гр-2

в 10,3 %. Переломы чрескостных элементов отмечены в 9 случаях в обеих группах, но в Гр-1 это составило 34,6 %, а в Гр-2 – 15,5 %. То есть частота этого осложнения была выше в 2 раза при ЗДПГ. Обращает на себя внимание, что все 9 случаев данного осложнения в Гр-1 представлены обрывами тракционных тросов, изготовленных интраоперационно из хирургической проволоки. При применении в дальнейшем штатных тросов данного осложнения отмечено не было. Также отмечено 2 случая разрушения погружных конструкций.

На основании анализа результатов лечения пациентов и осложнений сформулирован алгоритм выбора способа замещения сегментарного дефекта длинных костей нижних конечностей после РХООВО (рис. 10).

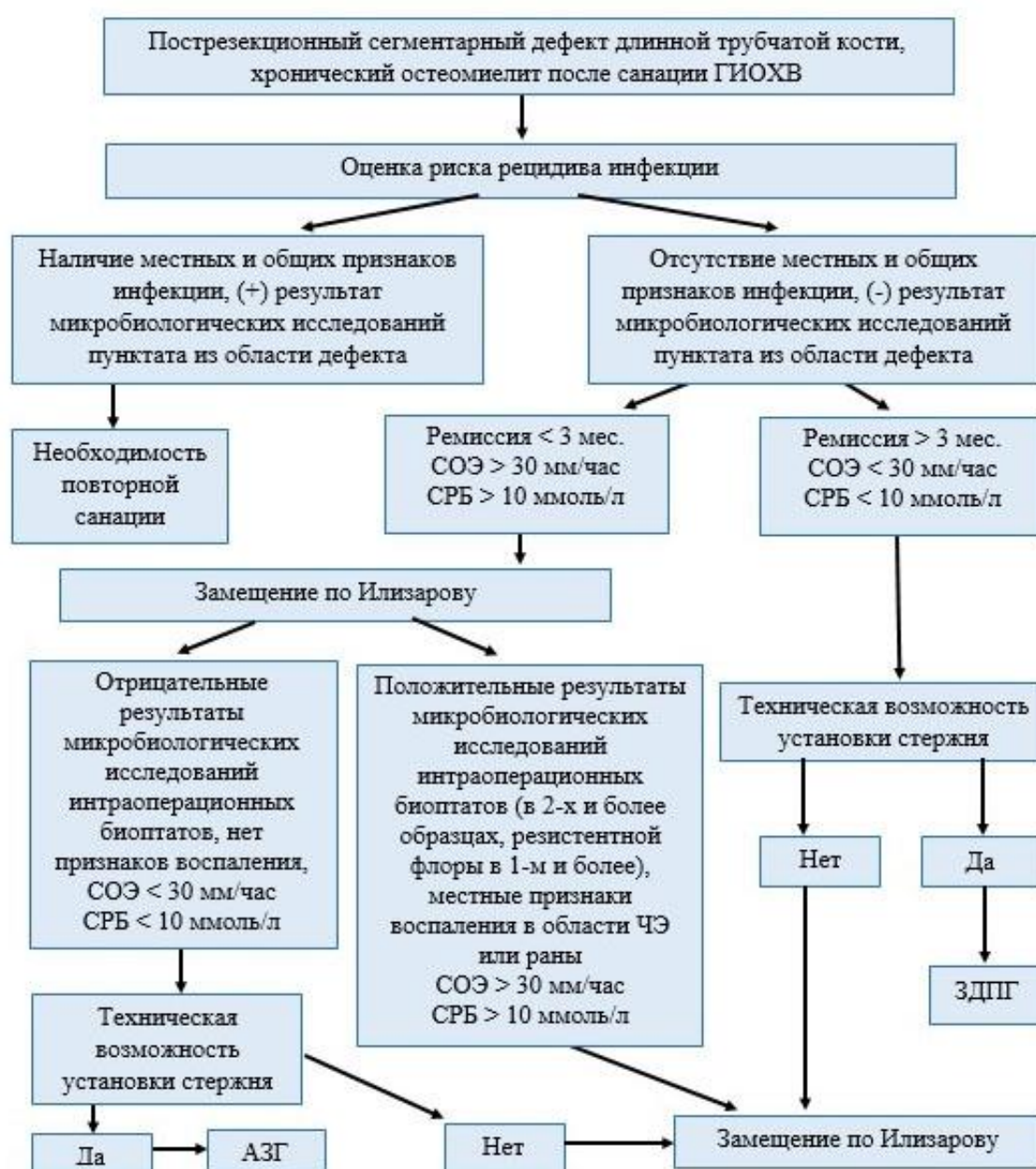


Рис. 10. Алгоритм выбора способа замещения сегментарного дефекта.

В седьмой главе проанализированы результаты применения методики АЗГ при коррекции деформаций длинных костей нижних конечностей, в том числе при наличии ложного сустава. Поэтому в каждой группе выделены подгруппа 1 – деформации (АЗГ-Д, ЧО-Д) и подгруппа 2 – ложные суставы (АЗГ-ЛС, ЧО-ЛС). В табл. 12 представлена характеристика групп пациентов.

Таблица 12. Сравнительная характеристика пациентов по возрасту, полу и характеристике деформации (M±m)

Группа	Гр-1 (АЗГ)		Гр-2 (ЧО)	
	1 (АЗГ-Д)	2 (АЗГ-ЛС)	1 (ЧО-Д)	2 (ЧО-ЛС)
Подгруппа	1 (АЗГ-Д)	2 (АЗГ-ЛС)	1 (ЧО-Д)	2 (ЧО-ЛС)
Количество случаев	10	21	23	23
Возраст (лет)	35,5±3,8	44,5±3,2	37,0±3,3	46,2±3,0
Пол (М/Ж)	6/4	12/9	8/15	14/9
Вальгусные деформации (случаев/град.)	11 (14,4±2,6)		21 (16,4±1,8)	
Варусные деформации (случаев/град.)	20 (20,0±1,6)		25 (18,6±1,8)	

Период чрескостного остеосинтеза в Гр-1 был достоверно меньше, чем в Гр-2 в 6 раз и составил соответственно 45,8±5,7 и 278,0±18,8 дней. Период консолидации достоверно отличался в обеих группах между подгруппами и был меньше в пределах 25-30% при коррекции деформаций, чем при лечении ложных суставов. В то же время при сравнении между аналогичными подгруппами выявляется большая разница. Так в подгруппе АЗГ-ЛС период консолидации меньше, чем в подгруппе ЧО-ЛС на 38%, а в подгруппе АЗГ-Д меньше на 32% (p<0,05), чем в подгруппе ЧО-Д. Данные периодов коррекции, фиксации, ПЧО и период консолидации по подгруппам представлены в табл. 13.

Таблица 13. Периоды коррекции, фиксации, ЧО и консолидации (M±m)

Группа	Гр-1 (АЗГ)		Гр-2 (ЧО)	
	1 (АЗГ-Д)	2 (АЗГ-ЛС)	1 (ЧО-Д)	2 (ЧО-ЛС)
Период коррекции (дней)	24,8±4,7	22,3±3,6	35,3±4,1	31,1±4,8
ПФ (дней)	13,2±3,4	21,5±6,1	195,6±16,8	289,4±30,9
ПЧО (дней)	41,5±3,8	47,8±8,5	236,0±19,8	320,1±30,8
Период консолидации (дней)	155,6±6,2	201,7±20,9	228,0±20,0	322,9±33,7

При оценке лечебно-трудовой реабилитации в Гр-1 результат оценен как хороший в 70,9%, как удовлетворительный – в 25,8%, как неудовлетворительный. В Гр-2 хорошие и удовлетворительные результаты составили по 50%.

В Гр-1 осложнения отмечены в 9 случаях (29%), в Гр-2 отмечено 50 осложнений (108,7%). В обеих группах преобладали осложнения категории II по Caton. Наиболее частым осложнением было воспаление мягких тканей в области чрескостных элементов, которое отмечено в 12,9% в Гр-1 и в 39,1% в Гр-2. Характеристика осложнений представлена в табл. 14.

Таблица 14. Сравнительная характеристика осложнений

Количество случаев	Гр-1 (АЗГ) – 31				Гр-2 (ЧО) – 46			
	по Caton			Всего	по Caton			Всего
	I	II	III		I	II	III	
Осложнения: случаев (%)								
Воспаление в области ЧЭ	2 (6,6%)	2 (6,6%)	-	4 (12,9%)	12 (26%)	6 (13%)	-	18 (39,1%)
Глубокая инфекция	-	-	-	-	-	4 (8,7%)	-	4 (8,7%)
Перелом ЧЭ, деталей АВФ	-	-	-	-	-	9 (19,6%)	-	9 (19,6%)
Перелом погружных конструкций	-	-	1 (3,2%)	1 (3,2%)	-	-	-	-
Перелом после демонтажа АВФ	-	-	-	-	-	1 (2,2%)	-	1 (2,2%)
Замедленная консолидация, ложный сустав	-	1 (3,2%)	1 (3,2%)	2 (6,6%)	-	8 (17,4%)	-	8 (17,4%)
Деформация или потеря длины	-	1 (3,2%)	-	1 (3,2%)	-	4 (8,7%)	-	4 (8,7%)
Контрактуры суставов	-	-	-	-	-	4 (8,7%)	-	4 (8,7%)
Невропатии	-	-	-	-	2 (4,5%)	-	-	2 (4,5%)
Повреждения сосудов	-	1 (3,2%)	-	1 (3,2%)	-	-	-	-
Всего осложнений	2 (6,6%)	5 (16,1%)	2 (6,6%)	9 (29%)	14 (30,4%)	35 (76%)	1 (2,2%)	50 (108,7%)

На втором месте по частоте в Гр-2 находится нарушение целостности чрескостных элементов – 19,6%. В Гр-1 данного осложнения не отмечено, но

был один случай (3,2%) перелома интрамедуллярного стержня на фоне замедленной консолидации. На третьем месте по частоте в Гр-2 находятся нарушения процессов консолидации – 17,4%, в то время как в Гр-1 данное осложнение отмечено только в 6,6% случаев. Глубокая инфекция и контрактуры суставов отмечены только в Гр-2.

На основании сравнения результатов лечения пациентов и анализа осложнений сформулирован алгоритм выбора способа коррекции деформаций сегментов нижних конечностей, в том числе при лечении ложных суставов. Алгоритм выбора способа лечения представлен на рис. 11.

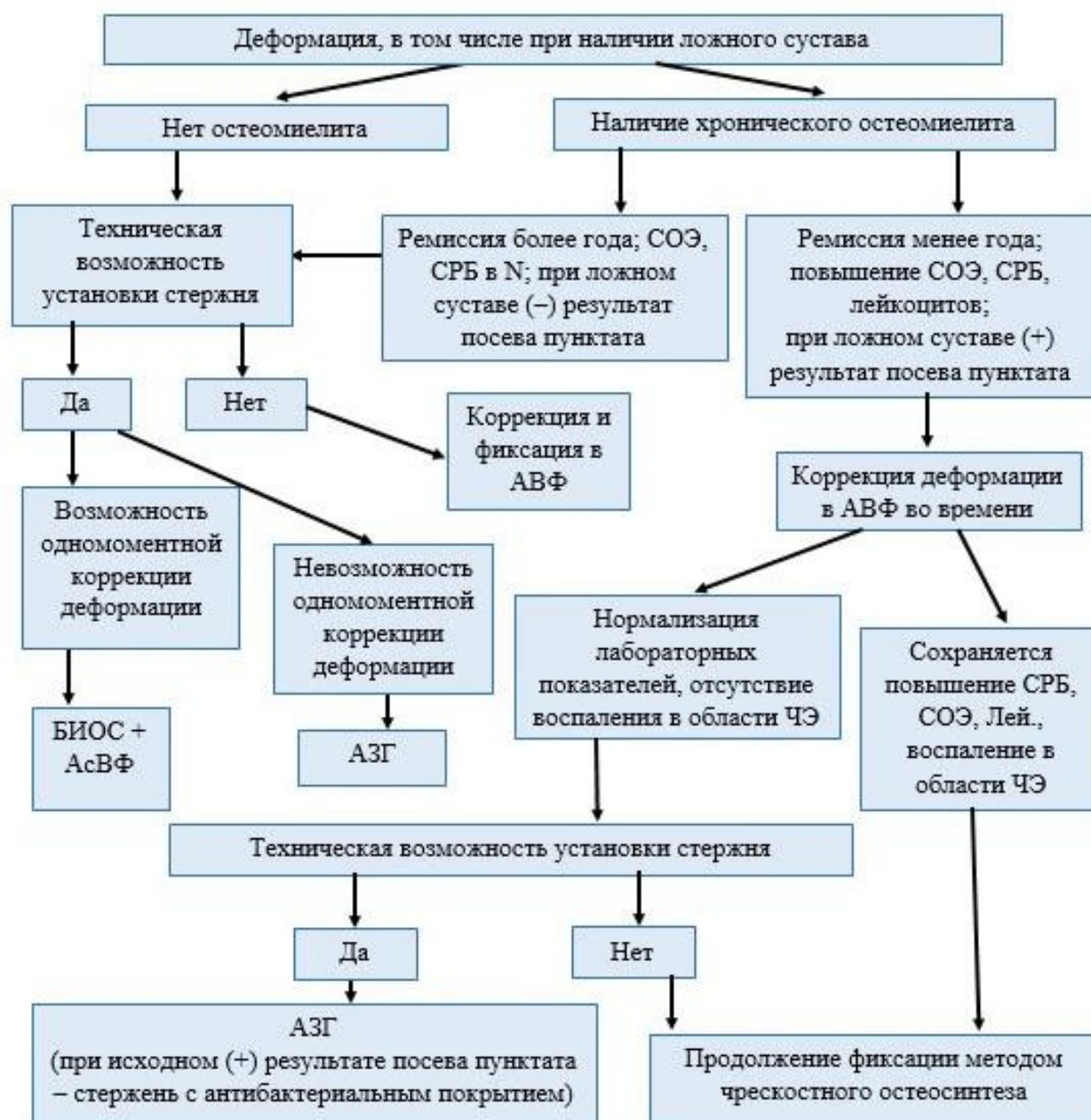


Рис. 11. Алгоритм выбора способа коррекции деформации

В заключении подведены общие итоги проведенной работы, представлены сведения по решению всех десяти задач диссертационного исследования и кратко обсуждены полученные результаты.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная модель для изучения в эксперименте последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза, предполагающая имитацию блокирования интрамедуллярного стержня, обеспечивает надежную фиксацию без потери длины регенерата, технически проста и легко воспроизводима, что обеспечивает возможность стандартизованного проведения соответствующих экспериментов в достаточно больших группах мелких имбредных животных.
2. Проведенные экспериментальные исследования на кроликах показали, что последовательное применение чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза обеспечивает формирование наиболее качественной структуры кортикальных пластинок, соответствующих показателю плотности интактной кортикальной кости, а плотность периостального компонента регенерата к концу периода фиксации при последовательной методике превышает плотность кортикальных пластинок при удлинении «поверх гвоздя» в 1,6 раза, а в сравнении с классическим удлинением по Илизарову – в 1,8 раза.
3. Результаты наших экспериментальных исследований не выявили статистически достоверной разницы в показателях маркеров синтеза и резорбции костной ткани при удлинении конечности поверх интрамедуллярного фиксатора, по Илизарову и при последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза, что позволило сделать заключение о том, что комбинированные и последовательные методики использования чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза не оказывают негативного влияния на обменные процессы в костной ткани в сравнении с формированием регенерата по методу Илизарова.
4. Разработанные компоновки аппаратов для методик «удлинение поверх гвоздя (УПГ)», «удлинение затем гвоздь (УЗГ)», «аппарат затем гвоздь (АЗГ)» обеспечивают жесткость остеосинтеза не менее эталонного модуля 3-го порядка и превышают его в оптимальных компоновках по продольной жесткости до 110%, по жесткости во фронтальной плоскости – до 139%, в сагиттальной

плоскости – до 51%, при ротации – до 150%, при этом применение ортопедического гексапода повышает показатели жесткости остеосинтеза при антеградном введении стержня в сагиттальной плоскости в два раза, а при ретроградном введении стержня также в два раза повышается жесткость остеосинтеза при ротационных нагрузках.

5. Для интрамедуллярной фиксации регенерата большеберцовой кости оптимальной схемой блокирования стержней диаметром 9 – 10 мм является применение 3-х винтов диаметром 5 мм в проксимальном и дистальном отделах, один из которых может быть проведен в динамическое отверстие, а для стержней диаметром 11 мм и больше оптимальным является блокирование винтами диаметром 5,5 мм. При интрамедуллярной фиксации регенерата бедренной кости блокирование винтами 4,5 мм не обеспечивает надежной фиксации даже при дозированной нагрузке, блокирование винтами 5 мм позволяет давать дозированную нагрузку на нижнюю конечность до 20 – 30 кг, а при изменении конструкции винта – до 50 кг.

6. Стабильная фиксация интрамедуллярного стержня и применение кабельной техники перемещения костных фрагментов при замещении ДОКС и дефектов бедренной кости позволяют использовать минимальные (1 – 3 опоры) компоновки аппаратов внешней фиксации.

7. При наличии риска заклинивания костного фрагмента при удлинении бедренной кости поверх гвоздя, а также «большеберцового» фрагмента при биллокальном замещении ДОКС показано использование ортопедического гексапода с расчетом в компьютерной программе пошагового перемещения костных фрагментов в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня.

8. Методы комбинированного и последовательного использования интрамедуллярного и чрескостного остеосинтеза в сравнении с использованием чрескостного остеосинтеза обеспечивают более раннее восстановление опороспособности нижней конечности (до 25 – 40% от аналогичного периода при использовании ЧО) и ее функций (до 35 – 50%), повышают комфортность лечения для пациентов и улучшают их психоэмоциональное состояние.

9. Сокращение продолжительности периода чрескостного остеосинтеза в 2,5 – 3,6 раза при комбинированном и последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза позволяет до-

стoверно ($p < 0,05$) снизить частоту воспалений в области чрескостных элементов в 1,7 – 3 раза, контрактур суставов – в 2 – 5 раз, нарушений процессов консолидации костных фрагментов – в 2,5 – 5 раз, уменьшает риски деформаций или потери длины регенерата – в 2 – 3 раза, а также снижает частоту переломов чрескостных элементов в 6 раз при использовании методики АЗГ.

10. Разработанные алгоритмы рационального выбора способов удлинения сегментов нижних конечностей, коррекции их деформаций и замещения костных дефектов обосновывают у пациентов изученного профиля оптимальной выбор между чрескостным остеосинтезом, комбинированным или последовательным применением чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза, что повышает комфортность лечения, сокращает частоту типичных для чрескостного остеосинтеза осложнений от 2 до 5 раз, а также обеспечивает достижение хороших результатов хирургического лечения в 70,9% – 81,5% случаев.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выборе предпочтительного способа замещения костных дефектов, коррекции деформаций или удлинения сегментов нижних конечностей в случаях отсутствия противопоказаний к применению интрамедуллярной фиксации предпочтение следует отдавать комбинированным или последовательным методикам применения чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза.

2. При прочих равных условиях при удлинении сегментов нижней конечности и для замещения дефектов костей голени и бедра целесообразно считать приоритетными методики не последовательного, а комбинированного чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (удлинение сегментов поверх гвоздя – УПГ или замещение костных дефектов поверх гвоздя – ЗДПГ), которые обеспечивают достоверное снижение частоты встречаемости типичных для чрескостного остеосинтеза осложнений в 3 – 5 раз.

3. В случаях планирования к применению методики УПГ при удлинении бедра необходимо определить по рентгенограммам радиус изгиба костномозгового канала на участке от остеотомии до свободного от блокирования конца стержня и, используя разработанный нами способ, определить по номограммам или таблицам возможность удлинить сегмент в намеченных пределах без заклинивания, а при наличии такого риска следует применить ортопедический

гексапод, который целесообразно также использовать во всех случаях торсионных деформаций бедренной кости.

4. При фиксации дистракционного регенерата большеберцовой кости следует учитывать, что блокирующие винты диаметром 5 мм обеспечивают нагрузку до полной при весе пациента в пределах 90 кг, винты диаметром 5,5 мм – до 110 кг, а при использовании винтов диаметром 4,5 мм во всех случаях требуются ограничения нагрузки до формирования кортикальных пластинок на 2/3 окружности регенерата. При фиксации дистракционного регенерата бедренной кости использование блокирующих винтов диаметром 4,5 мм не рекомендуется, так как не обеспечивает надежной фиксации даже при дозированной нагрузке, а при блокировании винтами диаметром 5 мм возможна нагрузка только до 20 – 30 кг.

5. При монолокальном замещении дефектов бедренной кости и дефектов области коленного сустава с использованием методики «замещение дефекта поверх гвоздя» целесообразно применять тросовые тяги и минимизированные компоновки аппаратов внешней фиксации на основе одной или двух опор в дистальном отделе бедра или в области голени.

6. При билочальном замещении «поверх гвоздя» дефектов протяженностью до 6 см в дистальном отделе бедренной кости и ДОКС целесообразно применение тросовых тяг для перемещения проксимального костного фрагмента и аппарата Илизарова с целью встречного перемещения дистального («большеберцового») костного фрагмента, а при костных дефектах свыше 6 см следует использовать ортопедический гексапод, обеспечивающий перемещение дистального фрагмента в соответствии с кривизной интрамедуллярного стержня, что позволяет избежать заклинивания перемещаемого костного фрагмента.

7. При выборе способа замещения дефектов бедренной, большеберцовой кости или ДОКС важнейшими факторами, определяющим целесообразность использования той или иной хирургической тактики, являются наличие у пациента хронического остеомиелита и длительность ремиссии инфекционного процесса, а планирование хирургического лечения целесообразно проводить пошагово в соответствии с разработанным нами алгоритмом, представленным и подробно описанным в заключительном разделе шестой главы.

8. При укорочении нижней конечности рациональный выбор методики для удлинения ее сегментов целесообразно проводить в соответствии с обоснованным нами специальным алгоритмом, приведенным и подробно рассмотренным в пятой главе диссертации и учитывающим, прежде всего, наличие и характер протекания остеомиелитического процесса на пораженных сегментах.

9. При коррекции деформаций бедра и голени, в том числе – при наличии ложных суставов этих сегментов, планирование оперативного лечения следует проводить с учетом определенных значимых клинических факторов, приведенных в предложенном нами алгоритме, подробно рассмотренном в заключительном разделе седьмой главы.

10. Для реализации комбинированных и последовательных методик применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза травматолог-ортопед должен не только в совершенстве владеть методами чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза, но и иметь дополнительную подготовку по удлинению и коррекции деформаций конечностей, а также по комбинированному и последовательному применению методик внешней и внутренней фиксации, а соответствующее повышение квалификации можно пройти на базе НМИЦ ТО имени Р.Р.Вредена в рамках специализированных курсов: «Коррекция деформаций длинных костей конечностей по Илизарову», «Коррекция деформаций с использованием ортопедического гексапода Орто-СУВ», «Комбинированное и последовательное применение внешней и внутренней фиксации».

11. Лечение пациентов с деформациями, ложными суставами, укорочениями и дефектами длинных костей нижней конечности является сложным и длительным (многоэтапным), а сами больные нередко входят в группу социально слабо защищенных слоев населения, что определяет необходимость четкого планирования всех лечебных этапов с использованием бюджетного финансирования в рамках программ ОМС и ВМП, четкой организацией повторных госпитализаций для сокращения периодов вынужденного ношения аппаратов внешней фиксации с целью предупреждения осложнений, характерных для чрескостного остеосинтеза, а также участия в лечебном процессе квалифицированных специалистов, владеющих методиками внешней фиксации и их сочетаниями с интрамедуллярным блокируемым остеосинтезом

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Виленский В.А., Скоморошко П.В., Тюляев Н.В. Коррекция деформаций бедренной кости по Илизарову и основанным на компьютерной навигации аппаратом «Орто-СУВ» // Травматология и ортопедия России. – 2011. – №3. – С. 32-39.
2. Solomin L.N., Paley D., Shchepkina E.A., Vilensky V.A., Skomoroшко P.V. A comparative study of the correction of femoral deformity between the Ilizarov apparatus and Ortho-SUV frame // International Orthopaedics.– 2014.– Vol. 38, N 4.– P. 865-872.
3. Solomin L.N., Shchepkina E., Kulesh P., Korchagin K.L. Case 52: Bifocal Staged Bone Transport of a 30 cm Defect Including the Knee Joint / In: Limb Lengthening and Reconstruction Surgery Case Atlas. Adult Deformity-Tumor-Upper Extremity / Eds. Rozbruch S.R., Hamdy R.C.– 2015, Springer International Publishing. P. 347-352.
4. Корчагин К.Л., Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Сабиров Ф.К. Реконструктивные вмешательства у пациентов с дефектами костей, образующих коленный сустав // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии : Сборник научных статей, посвященный 110-летию РНИИТО им. Р.Р. Вредена.– СПб, 2016.– С. 112-116.
5. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л. Замещение по Илизарову обширного дефекта костей, образующих коленный сустав (клиническое наблюдение) // Гений ортопедии.– 2017, Т. 23.– № 3.- С. 354-358.
6. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Таката М., Цучия Х. Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода // Травматология и ортопедия России.– 2017, Т. 23.– №3. – С. 103-109.
7. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Замещение обширного дефекта костей, образующих коленный сустав, с использованием комбинации внешней и внутренней фиксации (клиническое наблюдение) // Политравма. – 2018. – №3. – С. 61-67.
8. Щепкина Е.А., Лебедков И.В., Соломин Л.И., Нетылько Г.И., Сушков И.В., Анисимова Л.О. Экспериментальное обоснование комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного заблокированного остеосинтеза // Достижения российской травматологии и ортопедии : Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. В 3-х томах.– СПб, 2018.– Т. 1. – С. 354-357.
9. Корчагин К.Л., Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Сабиров Ф.К. Предварительные результаты замещения обширных дефектов костей, образующих коленный сустав // Достижения российской травматологии и ортопедии : Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. В 3-х томах.– СПб, 2018.– Т. 1. – С. 182-185.

10. Щепкина Е.А. Комментарий к статье «"Ишемический" дистракционный регенерат: толкование, определение, проблемы, варианты решения» // *Травматология и ортопедия России.*– 2019, Т. 27.– №1.– С. 77-79.
11. Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Замещение сегментарных дефектов длинных костей нижних конечностей у пациентов с хроническим остеомиелитом (замещение дефекта на интрамедуллярном стержне в сравнении с методом Илизарова) // *Осложнения в ортопедии и травматологии. Клинические и экспериментальные аспекты : Материалы научно-практ. конф. с междунар. участием «Илизаровские чтения».*– Курган, 2019.– С. 210-211.
12. Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Сабиров Ф.К., Корчагин К.Л., Лебедков И.В. Возможности ортопедического гексапода и опции многоэтапной коррекции в предотвращении технических осложнений при удлинении бедренной кости и замещении дефектов поверх интрамедуллярного стержня // *Осложнения в ортопедии и травматологии. Клинические и экспериментальные аспекты: Материалы научно-практ. конф. с междунар. участием «Илизаровские чтения».* – Курган, 2019.– С. 211-212.
13. Shchepkina E.A., Solomin L.N., Sabirov F.K., Korchagin K.L., Lebedkov I.V. Femur lengthening over the nail with orthopedics hexapod using option "multi total residual" ortho-suv softwear // 9-th Latvian Conference of traumatology and orthopedics / Latvijas traumatologu ortopedu conference : Programma & Tezes.– Riga, 2019.– P. 13-14.
14. Соломин Л.Н., Е.А. Щепкина, К.Л. Корчагин, Ф.К. Сабиров. Сравнительный анализ артродезирования коленного сустава длинными блокируемыми стержнями и аппаратом Илизарова при последствиях глубокой инфекции после эндопротезирования // *Травматология и ортопедия России.*– 2020, Т. 26. – №3. – С. 109-118.
15. Щепкина Е.А., Лебедков И.В., Нетылько Г.И., Соломин Л.Н., Анисимова Л.О., Трушников В.В., Сушков И.В. Дистракционный остеогенез при комбинированном и последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза: экспериментальное исследование // *Травматология и ортопедия России.*– 2021, Т. 27. – №1. – С. 19-36.
16. Щепкина Е. А., Лебедков И. В., Соломин Л. Н., Корчагин К. Л., Сабиров Ф. К., Парфеев Д. Г. Сравнительная оценка удлинения длинных костей нижних конечностей по Илизарову и «поверх» интрамедуллярного стержня // *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова.*– 2021, Т. 28.– №1 – С. 40–51.
17. Щепкина Е.А., Лебедков И.В., Нетылько Г.И., Соломин Л.Н., Трушников В.В., Вершинин Д.М. Экспериментальное моделирование комбинированного и последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза // *Acta Biomedica Scientifica.*– 2021, Т. 6.– №2.– С. 184-197.

18. Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Сравнительная оценка замещения посттравматических дефектов бедренной и большеберцовой костей по Илизарову и поверх интрамедуллярного стержня // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.– 2021.– №2. – С. 80-88.
19. Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Сауга О.И., Сабиров Ф.К., Обоснование применения ортопедического гексапода при удлинении бедренной кости «поверх» интрамедуллярного стержня// Кафедра травматологии и ортопедии.– 2021, Т. 45.– №3.– С.26-35.
20. Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Buksbaum J.R., Sheridan G.A., Rozbruch S.R. Knee Joint Bone Defects: Reconstruction With Bone Transport and Arthrodesis // J Arthroplasty.– 2021.– Vol. 36, N 8.– P. 2896-2906.
21. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Соломин Л.Н., Тихилов Р.М., Артюх В.А., Божкова С.А., Корчагин К.Л., Иванов П.П., Преображенский П.М., Щепкина Е.А. Лечение инфекционных осложнений после эндопротезирования коленного сустава / Руководство по первичному эндопротезированию коленного сустава / под ред. Т.А. Кулябы, Н.Н. Корнилова, Р.М. Тихилова. – Санкт-Петербург : НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, 2021. – С.392-455.
22. Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Щепкина Е.А., Куляба Т.А., Артюх В.А., Преображенский П.М. Операции отчаяния при инфекционных осложнениях эндопротезирования коленного сустава: резекционная артропластика, артродезирование, ампутация. / Руководство по ревизионному эндопротезированию коленного сустава / под ред. Т.А. Кулябы, Н.Н. Корнилова, Р.М. Тихилова. – Санкт-Петербург : НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, 2021. – С. 320-349.
23. Патент РФ № 2584555 С1. Способ удлинения бедренной кости поверх интрамедуллярного стержня: № 2015106484, заявл. 20.05.16, опубл. 25.02.15 / Л.Н. Соломин, Е.А. Щепкина, Ф.К. Сабиров, И.В. Лебедков; заявитель, патентообладатель ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Бюл. № 14.– 19 с.
24. Патент РФ № 2593583 С1. Способ моделирования последовательного применения чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза: № 2015129138/14; заявл. 16.07.15; опубл. 10.08.16 / Е.А. Щепкина, Л.Н. Соломин, Г.И. Нетылько, И.В. Лебедков, П.Н. Кулеш; заявитель, патентообладатель ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Бюл. № 22.– 19 с.
25. Патент РФ №2638279 С1. Способ удлинения бедренной кости поверх интрамедуллярного стержня: № 2016133696, заявл. 16.08.2016, опубл. 12.12.17 / Л.Н. Соломин, П.В. Скоморошко, Е.А. Щепкина, К.Л. Корчагин, Ф.К. Сабиров, И.В. Лебедков; заявитель, патентообладатель ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Бюл. № 35.– 15 с.