

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ДЕТСКОЙ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИ ИМЕНИ Г. И. ТУРНЕРА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ЗАБАЛУЕВ
Михаил Викторович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С
ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

3.1.8 Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор
Виссарионов Сергей Валентинович

Санкт-Петербург - 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБОСНОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ (СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА)	15
1.1 Эпидемиология и патогенез постিশемических деформаций головки бедренной кости	15
1.2 Роль сетчатых артерий в кровоснабжении бедренной кости и формировании постিশемических деформаций	17
1.3 Группа заболеваний с постিশемическими деформациями проксимального отдела бедренной кости	20
1.3.1 Дисплазия тазобедренного сустава как причина постিশемических деформаций головки бедренной кости	21
1.3.2 Болезнь Легга-Кальве-Пертеса как ведущая причина постিশемических деформаций головки бедренной кости	24
1.3.3 Идиопатический асептический некроз головки бедренной кости	27
1.4 Хирургическое лечение пациентов с постিশемическими деформациями головки бедренной кости	31
1.5 Аддитивные технологии в хирургическом лечении детей с постিশемическими деформациями головки бедренной кости	37
2.1 Дизайн диссертационного исследования	41
2.2 Общая характеристика пациентов	44
2.3 Методы исследования	45
2.3.1 Клиническое исследование	45
2.3.2 Лучевые методы исследования	49
2.3.3 Метод 3D-моделирования и прототипирования	67
2.3.4 Магнитно-резонансная томография	69
2.3.5 Статистический метод исследования	70
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ	71
3.1 Результаты клинического метода исследования	72

3.1.1 Жалобы пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости	74
3.2 Особенности клинической картины у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости	77
3.3 Особенности лучевой картины у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости	81
3.4 Результаты магнитно-резонансной томографии	86
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ	93
4.1 Общие показания к хирургическому вмешательству у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости	94
4.2 Выбор метода хирургической коррекции у пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости	96
4.3 Особенности хирургического лечения пациентов контрольной группы исследования	98
4.4 Особенности хирургического лечения пациентов основной группы исследования	107
4.5 Особенности ведения пациентов в послеоперационном периоде	116
ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ	120
5.1 Сравнительные результаты клинического метода обследования пациентов после хирургического лечения	121
5.1.1 Анализ жалоб пациентов основной и контрольной групп после проведенного хирургического лечения	122
5.1.2 Сравнение результатов опроса пациентов по функциональным шкалам	123
5.1.3 Результаты клинического осмотра пациентов основной и контрольной групп после проведенного хирургического лечения	124
5.2 Результаты лучевого обследования пациентов основной и контрольной групп с постишемическими деформациями головки бедренной кости	126
5.3 Осложнения после выполнения хирургического вмешательства	142

5.4 Алгоритм выбора тактики хирургического лечения	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	147
ВЫВОДЫ	157
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	159
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	161

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы работы

Патология тазобедренного сустава у пациентов детского возраста остается одной из актуальных задач современной ортопедии, поскольку даже при наличии современных диагностических возможностей и совершенствовании лечебных подходов результаты лечения не всегда позволяют полностью предотвратить формирование стойких анатомо-функциональных нарушений. Частота распространенности дисплазии тазобедренного сустава варьируется в широких пределах - от 1,6 до 28,5 на 1000 человек [1, 2]. Частота встречаемости болезни Легга-Кальве-Пертеса (БЛКП) и идиопатического асептического некроза головки бедренной кости (ИАНГБК) по данным некоторых авторов варьируется от 6% до 48% [3]. Асептический некроз головки бедренной кости (АНГБК) у детей является важной проблемой детской ортопедии, поскольку может приводить к выраженному нарушению функции тазобедренного сустава и последующей инвалидизации. Последствия данной патологии нередко сохраняются и во взрослом возрасте. Как показывает анализ литературы, примерно у трети взрослых пациентов с коксартрозом его причины лежат в детских болезнях тазобедренных суставов. Речь идет о таких состояниях, как дисплазия, болезнь Пертеса и идиопатический асептический некроз головки бедра [4].

Течение данных патологических состояний отличается выраженной клинико-рентгенологической вариабельностью. В одних случаях по мере завершения патологического процесса сохраняется относительно сохранная форма головки бедренной кости, в других - развиваются значительные структурные изменения проксимального отдела бедренной кости, проявляющиеся утратой сферичности и грубой деформацией суставной поверхности. Возникающие патологические изменения со стороны проксимального отдела бедренной кости в результате этих заболеваний обозначаются как постишемические деформации головки бедренной кости (ПДГБК). В последующем формируются неблагоприятные биомеханические условия

функциональности сустава с развитием рентгенологических и клинических проявлений коксартроза [5]. Согласно классификации Kalamchi и MacEwen (1980) существуют 4 типа деформаций проксимального отдела бедренной кости, каждый из которых к окончанию роста пациента характеризуется формированием специфической деформации, обусловленной зоной поражения структур [6]. В отношении лечения незначительных деформаций бедренной кости нередко придерживаются выжидательной тактики. При коррекции выраженных деформаций головки бедренной кости, способствующих формированию фемороацетабулярного импинджмента (ФАИ), рассматриваются вне- и внутрисуставные методы устранения причин их возникновения.

Рядом авторов было установлено, что выполнение внесуставных вмешательств на проксимальном отделе бедренной кости при деформациях головки является эффективным методом купирования болевого синдрома и улучшения конгруэнтности в тазобедренном суставе, но не всегда в полной мере способствовало устранению деформация головки бедренной кости [7, 8]. При этом, внутрисуставные вмешательства, традиционно, сопряжены с высоким риском нарушения кровоснабжения эпифиза с риском развития асептического некроза головки бедренной кости и хондролита. Применение внутрисуставных вмешательств, устраняющих дисконгруэнтность в суставе, стало возможным благодаря R. Ganz, который разработал технологию малотравматичного безопасного хирургического вывиха бедра, позволяющую достичь полноценной визуализации головки бедренной кости и осуществить манипуляции на ней с сохранением кровоснабжения [9]. В основу данной работы были положены сведения об анатомии медиальной артерии, огибающей бедренную кость. Это позволило обосновать вариант хирургического доступа к тазобедренному суставу и выбрать направление рассечения капсулы таким образом, чтобы снизить риск повреждения сосудов, участвующих в кровоснабжении головки бедренной кости.

Основываясь на клинических наблюдениях, R. Ganz определил, что существуют различные типы деформаций тазобедренного сустава, в особенности проксимального отдела бедренной кости, которые непосредственно приводят к

повреждению суставной губы и хряща [10, 11]. Подходы к хирургическому лечению постишемических деформаций проксимального отдела бедренной кости различаются по объему и направленности коррекции. Внутрисуставные реконструктивные операции дают возможность работать непосредственно с деформированными участками головки и шейки бедренной кости. За счет этого можно улучшить соответствие суставных поверхностей и создать более благоприятные условия для восстановления биомеханики тазобедренного сустава.

Внесуставные операции решают совсем другую задачу. Они не трогают саму деформированную головку, а меняют положение бедренной кости в целом, чтобы улучшить механику сустава. То есть они как бы перестраивают пространственные взаимоотношения, но анатомию самой головки не корректируют.

Однако, в отечественной ортопедической практике исследования, касающиеся выполнения внутрисуставных вмешательств у детей на проксимальном отделе бедренной кости с использованием техники хирургического вывиха, носят единичный характер [12]. Следует признать, что информация относительно оптимальной стратегии лечения у детей достаточно разноречива: отсутствуют единые подходы к выбору метода коррекции, не определены четкие показания к применению внутрисуставных и внесуставных вмешательств, недостаточно изучены и оценены отдаленные результаты различных методик.

Помимо этого, в последнее время 3D-технологии все чаще стали применяться в детской ортопедической практике. В литературе имеются единичные работы о применении специальных шаблонов при корригирующей остеотомии бедренной кости у детей с идиопатическим асептическим некрозом [13, 14]. Результаты ортопедических операций напрямую зависят от точности предоперационного планирования и интраоперационного выполнения. Отличительной особенностью современных визуализирующих компьютерных технологий является тот факт, что они позволяют провести точную топическую диагностику, рассчитать параметрические данные, осуществить виртуальное

моделирование любого трехмерного объекта и сделать процесс выполнения оперативного вмешательства максимально предсказуемым и минимально субъективным. Совершенствование методов предоперационного планирования, включая применение современных 3D-технологий, расширяет возможности индивидуального выбора хирургической тактики у детей с ПДГБК. Вместе с тем отсутствие единого подхода к определению показаний для различных вариантов оперативного лечения свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения данной проблемы. Это определяет научную и практическую значимость настоящего диссертационного исследования.

Цель исследования - улучшить результаты хирургического лечения детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости с использованием методики хирургического вывиха бедра и технологии 3D-моделирования.

Задачи исследования

1. Изучить рентгеноанатомические особенности состояния тазобедренного сустава у детей с ПДГБК, выявить наиболее типичные их проявления.
2. Усовершенствовать методику выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости с применением техники хирургического вывиха бедра и использования аддитивных технологий.
3. Провести сравнительный анализ отдаленных результатов выполнения внесуставных и внутрисуставных хирургических вмешательств у детей с ПДГБК.
4. Разработать алгоритм хирургического лечения детей с ПДГБК.

Научная новизна исследования

1. Проведена систематизация и выделены наиболее типичные варианты ПДГБК у детей, сформировавшиеся в результате осложнений лечения дисплазии

тазобедренного сустава, перенесённого асептического некроза, с уточнением их клинико-рентгенологических особенностей.

2. Разработана методика выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости у детей с ПДГБК на основе предоперационного 3D-планирования с применением индивидуальных навигационных шаблонов, что позволило точно определить зону резекции и воспроизвести запланированную хирургическую коррекцию (патент РФ № 2833972 от 03.02.2025).

3. Выполнен сравнительный анализ эффективности внесуставных и внутрисуставных хирургических вмешательств у детей с ПДГБК с оценкой функциональных, рентгенологических результатов, а также частоты осложнений в отдалённом периоде наблюдения.

4. Разработан алгоритм дифференцированного хирургического лечения детей с ПДГБК, основанный на комплексной предоперационной оценке анатомо-функционального состояния тазобедренного сустава с использованием данных лучевых методов исследования и технологий 3D-моделирования. Применение алгоритма позволяет осуществить выбор оптимальной хирургической тактики, персонализировать лечение, добиться восстановления правильных анатомических взаимоотношений в суставе, улучшить функциональные результаты и снизить риск интра- и послеоперационных осложнений.

Практическая значимость исследования

1. У детей в возрасте 11–17 лет с постишемическими деформациями головки бедренной кости лучевое обследование должно быть комплексным. Помимо стандартной рентгенографии в двух проекциях, обязательно выполняется мультиспиральная компьютерная томография с построением 3D-реконструкции. Это позволяет детально оценить не только форму головки и степень её деформации, но и выявить наличие сам-дефекта, а также определить пространственную ориентацию шейки бедра. Полученные данные имеют

решающее значение при предоперационном планировании и выборе хирургической тактики.

2. С целью определения оптимального объема хирургического вмешательства у детей с ПДГБК до операции необходим расчет ключевых рентгенометрических параметров: индекса сферичности головки ISH, угла α , угла Виберга CEA, угла латерального смещения LDA, краниального смещения SL, индекса покрытия головки АНІ.

3. У пациентов с ПДГБК при ISH < 0,75, угле α > 55°, наличии сам-дефекта, грибовидной или седловидной форме головки показано внутрисуставное вмешательство (хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией); при показателях ISH > 0,80, CEA < 20°, LDA > 10°, АНІ < 60%, SL > 7 мм показано выполнение внесуставной корригирующей остеотомии бедренной кости.

4. Использование персонифицированных шаблонов-направителей у детей с ПДГБК позволяет добиться точного выполнения моделирующей резекции головки и шейки бедренной кости с нивелированием возможных субъективных ошибок позиционирования, что обеспечивает радикальное устранение сам-дефекта, восстановление сферичности головки, а также обеспечивает профилактику рецидива ФАИ и развития коксартроза в раннем возрасте пациента.

Методология и методы исследования

В исследование были включены 90 пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости III типа по классификации Kalamchi–MacEwen. Всего в работе проанализированы данные 100 тазобедренных суставов.

Все пациенты прошли полное клинико-инструментальное обследование и последующее хирургическое лечение в отделении патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Исследование проводилось в период с 2016 по 2025 год.

В зависимости от вида выполненного оперативного вмешательства все пациенты были разделены на две группы. Распределение проводилось ретроспективно с учётом возраста, пола и причины заболевания, что обеспечило сопоставимость групп по основным исходным параметрам.

В основную группу вошли 40 пациентов (41 тазобедренный сустав), которым в 2022–2025 годах выполнена внутрисуставная реконструкция по оригинальной методике. Вмешательство включало хирургический вывих бедра, моделирующую резекцию головки и шейки бедренной кости с использованием предоперационного 3D-планирования и индивидуальных персонифицированных шаблонов-направителей (патент РФ № 2833972).

Контрольную группу составили 50 пациентов (59 суставов), оперированных в 2016–2021 годах. Им проводились традиционные внесуставные корригирующие остеотомии проксимального отдела бедренной кости — вальгизирующие, деторсионные или их комбинации с транспозицией большого вертела. Выбор варианта остеотомии определялся характером деформации.

Оценка результатов проводилась на основе клинических и лучевых данных, полученных как до, так и после операции. Основное внимание уделяли параметрам, характеризующим тазобедренный сустав: форме головки бедренной кости, её положению и конгруэнтности суставных поверхностей.

Все показатели сравнивались между группами, а также с возрастными нормами, приведёнными в литературе для здоровых детей. Для оценки функционального статуса использовались опросник качества жизни PedsQL 4.0 и шкала боли VAS. Комплексный анализ клинических, лучевых и функциональных данных лёг в основу сравнительной оценки различных методов хирургического лечения.

На основе полученных результатов был разработан алгоритм диагностики и выбора тактики ведения пациентов с ПДГБК. В его основу легла объективная количественная оценка формы головки бедра, её пространственного положения и конгруэнтности суставных поверхностей с обязательным этапом предоперационного 3D-планирования.

Основные положения, выносимые на защиту

1. У детей с ПДГБК выделяются три наиболее характерных рентгенологических синдрома: нарушение сферичности головки, её латеральная миграция и изменение пространственной ориентации проксимального отдела бедренной кости (вальгусная установка). Указанные изменения определяют формирование ФАИ.

2. Разработанный подход к выполнению моделирующей резекции головки и шейки бедра с помощью хирургического вывиха и персонализированных шаблонов даёт возможность восстановить анатомию с высокой точностью. Операция позволяет убрать сат-дефект и нормализовать соотношения в суставе. По сравнению с внесуставными остеотомиями, этот метод даёт лучшие анатомические и функциональные результаты, а также сопровождается меньшим числом осложнений.

3. Комплексная предоперационная оценка анатомо-функционального состояния тазобедренного сустава с использованием современных лучевых методов исследования и технологий 3D-планирования является необходимым условием обоснованного выбора хирургической тактики у детей с ПДГБК.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Исследование опирается на данные отечественных и зарубежных научных работ, посвящённых хирургии постишемических деформаций головки бедренной кости у детей. Полученные выводы основаны на результатах статистической обработки данных, полученных в ходе комплексного обследования и лечения пациентов. Основная и контрольная группы были сопоставимы по возрасту, полу и этиологии заболевания, что обеспечило возможность корректного сравнительного анализа.

Результаты работы и ключевые положения диссертации докладывались на научно-практических конференциях разного уровня, включая ежегодные

«Турнеровские чтения» (2024, 2025) и Всероссийскую конференцию молодых учёных «Вреденовские игры 2025».

По теме работы опубликовано 3 печатные работы, 2 из которых — в журналах из перечня ВАК РФ, также получен патент РФ на изобретение № 2833972 от 03.02.2025 «Способ выполнения моделирующей резекции у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости».

Разработанные методики внедрены в практику отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России. Материалы диссертации используются в учебном процессе кафедры детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России при подготовке ординаторов и аспирантов.

Личное участие автора в получении результатов

Автор самостоятельно выполнил обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Совместно с научным руководителем определены цель, задачи и основные положения, выносимые на защиту.

Диссертант участвовал в планировании исследования, разработке его дизайна и выборе методов работы. Автор проводил отбор пациентов, сбор клинических данных и анализ результатов лучевой диагностики, а также сформировал электронную базу для последующей статистической обработки.

Статистическая обработка данных, их интерпретация, формулировка выводов и разработка практических рекомендаций выполнены автором самостоятельно. Диссертант также принимал участие в подготовке научных публикаций по теме исследования.

При непосредственном участии автора разработан и внедрён способ хирургического вывиха бедра с моделирующей резекцией головки и шейки

бедренной кости с использованием персонифицированных 3D-шаблонов-направителей (патент РФ № 2833972).

Автор лично участвовал в выполнении оперативных вмешательств у всех пациентов основной группы, а также провёл оценку результатов лечения в раннем и отдалённом послеоперационном периодах.

Объем и структура диссертации

Материалы диссертации представлены на 181 страницах. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Основное содержание работы изложено на 160 страницах машинописного текста, иллюстрировано 10 таблицами и 45 рисунками. Библиографический список включает 175 источников литературы - 26 отечественных и 149 иностранных.

ГЛАВА 1

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Эпидемиология и патогенез постишемических деформаций головки бедренной кости

Патология тазобедренного сустава у детей продолжает сохранять высокую актуальность в структуре заболеваний опорно-двигательного аппарата. Деструктивные изменения в этой области закономерно приводят к деформации суставных структур, ограничению функциональных возможностей конечности и существенному снижению качества жизни пациентов детского возраста [7, 8]. Особое место среди причин обращения к детскому ортопеду занимают дегенеративно-дистрофические поражения тазобедренных суставов. Их развитие во многом связано с первичным повреждением гиалинового хряща и субхондральной костной ткани, после чего патологический процесс постепенно распространяется на метаэпифизарную зону проксимального отдела бедренной кости [9, 10]. Дальнейшее прогрессирование заболевания сопровождается формированием локального воспаления в суставе, активацией цитокиновых механизмов и развитием гипоксически-ишемических изменений, которые могут завершаться апоптозом клеток и некрозом костно-хрящевых структур [11, 12].

При обследовании детей с многоплоскостными деформациями головки и шейки бедренной кости выявляется комплекс анатомо-функциональных нарушений. К ним относятся изменение нормальных взаимоотношений между суставными поверхностями, формирование очагов гетеротопической оссификации и остеофитов, уменьшение амплитуды движений в тазобедренном суставе, а также ухудшение показателей повседневной активности и качества жизни [13].

По данным различных исследователей, распространенность подобных состояний варьирует в широких пределах и может составлять от 2 до 50 и более случаев на 1000 населения [15, 22-24]. О.Н. Гудушаури с соавторами указывают,

что у пациентов старше 15 лет с патологией тазобедренного сустава признаки коксартроза в молодом возрасте выявляются в 86,3% наблюдений [16]. Несмотря на расширение диагностических возможностей, проблема позднего выявления данной патологии остается нерешенной [17]. Кроме того, заболевания тазобедренного сустава, перенесенные в детском возрасте, рассматриваются как один из существенных факторов последующего развития коксартроза у взрослых и могут быть связаны примерно с каждым третьим случаем его формирования [25]. О высокой медико-социальной значимости данной проблемы также свидетельствует большое количество операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Ежегодно в мире выполняется более 1 млн таких вмешательств. В Российской Федерации частота тотального эндопротезирования составляет около 25 операций на 100 000 населения [18].

Всё многообразие клинико-рентгенологических проявлений данной патологии объединяется термином “postischemic deformity”, отражающим формирование деформации проксимального отдела бедренной кости в результате ишемического повреждения с последующим её прогрессированием в процессе роста и развития ребёнка [26, 27].

S. Jacobsen и S. Sonn-Holm (2004) показали, что возраст пациента и наличие в анамнезе БЛКП или идиопатического асептического некроза головки бедренной кости являются значимыми факторами риска развития коксартроза [28].

В соответствии с одной из патогенетических концепций, формирование коксартроза во многом определяется структурной перестройкой гиалинового хряща. К числу таких изменений относят нарушение организации микрофибриллярного матрикса и распад протеогликановых комплексов, что приводит к снижению механической устойчивости хрящевой ткани [11]. Образующиеся при ее повреждении фрагменты хрящевого матрикса могут поддерживать внутрисуставную воспалительную реакцию, способствовать активации процессов остеолита и последующему замещению нормальных тканей фиброзным компонентом [12]. Кроме того, в ходе исследований выявлены нарушения обмена гликозаминогликанов и повышение уровня оксипролина, что

свидетельствует о дегенеративных изменениях [20]. Эти процессы прогрессируют и вовлекают хрящевую модель головки бедренной кости [29]. По данным М. Fujii и соавт. (2009) при дисплазии тазобедренного сустава дегенерация гиалинового хряща отмечается в 72,2% наблюдений [30].

И.А. Норкин с соавт. показали в эксперименте, что формирование деформации головки бедренной кости уже через 6 месяцев приводит к развитию дегенеративно-дистрофических изменений, аналогичных коксартрозу II-III стадии [13]. М.М. Камоско установил, что развитие деформирующего коксартроза является следствием дисбаланса между нагрузкой и устойчивостью суставного хряща при анатомо-функциональном несоответствии суставных поверхностей [14].

После запуска патологического процесса изменения в тазобедренном суставе не останавливаются самостоятельно. При отсутствии своевременного лечения они постепенно прогрессируют и могут сопровождать пациента в течение всей жизни. В результате уже в молодом возрасте формируются выраженные клинические и рентгенологические признаки поражения сустава [14].

Согласно сосудистой теории, ключевым звеном развития заболевания является ишемия субхондральной кости головки бедренной кости [31]. Нарушение кровоснабжения может быть связано как с врожденными, так и с приобретенными изменениями сосудистого русла, особенно при сочетании с дополнительными неблагоприятными факторами [31].

На фоне ухудшения кровотока нарушается венозный отток, повышается внутрикостное давление и постепенно развивается некроз костной ткани. Морфологически процесс начинается с поражения микроциркуляции. Далее происходит гибель остеоцитов, нарушается структура костной ткани, что приводит к деформации головки бедренной кости, а в тяжелых случаях - к ее коллапсу [31].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых данной проблеме, единая концепция хирургического лечения ПДГБК, особенно на

ранних стадиях развития заболевания, до настоящего времени не сформирована [32].

1.2 Роль сетчатых артерий в кровоснабжении бедренной кости и формировании постишемических деформаций

Кровоснабжение тазобедренного сустава — сложный и клинически значимый процесс, в котором ключевую роль играет бедренная артерия и её ветви. Основной магистралью является глубокая артерия бедра (*arteria profunda femoris*), которая отходит от бедренной артерии на 4–5 см ниже паховой связки и формирует основу сосудистой сети проксимального отдела бедренной кости. В области шейки и головки бедра центральное значение имеют медиальная и латеральная огибающие артерии (*arteria circumflexa femoris medialis et lateralis*), обеспечивающие кровоснабжение данной анатомической зоны [33, 34].

Наиболее значимой для тазобедренного сустава является медиальная огибающая артерия. Её ветви играют ведущую роль в питании головки и других структур сустава. Основной ствол проходит между грушевидной и подвздошно-поясничной мышцами, отдавая по ходу несколько ветвей, различных по зоне кровоснабжения. Поверхностная ветвь направляется к приводящим мышцам бедра и практически не участвует в кровоснабжении головки, хотя через мелкие анастомозы может соединяться с запирающей артерией. Восходящая и поперечная ветви обеспечивают кровоснабжение мышечных структур, тогда как глубокая ветвь и ветвь вертлужной впадины имеют прямое отношение к васкуляризации костных и суставных элементов тазобедренного сустава [15, 35].

Наибольшее значение с клинической точки зрения имеет глубокая ветвь медиальной артерии, огибающей бедренную кость. Именно от нее в дальнейшем формируются верхние и нижние шеечные артерии, которые участвуют в кровоснабжении головки бедренной кости.

С клинической точки зрения, данная артерия имеет важное хирургическое значение, поскольку её повреждение нередко приводит к ишемическим

осложнениям в области головки бедренной кости. Топографически сосуд располагается в глубоких слоях бедра, проходя позади наружной запирающей мышцы и спереди от квадратной мышцы бедра. Оптимальным анатомическим ориентиром для его идентификации служит рыхлая жировая клетчатка, заполняющая промежуток между указанными мышечными структурами. Визуализация артерии также облегчается наличием двух сопровождающих вен, что позволяет с большей уверенностью дифференцировать сосудистый пучок в ходе оперативного вмешательства.

Верхняя шеечная артерия кровоснабжает основную часть эпифиза головки бедренной кости, тогда как нижняя шеечная артерия преимущественно питает ее медиальный участок. В совокупности эти сосуды обеспечивают большую часть кровотока в области головки и шейки бедренной кости [35, 36].

Топографо-анатомические особенности медиальной огибающей артерии бедра и ее ветвей имеют принципиальное значение для понимания механизмов нарушения кровоснабжения головки бедренной кости. Это особенно важно при оценке последствий вывиха бедра и при планировании хирургических вмешательств в области тазобедренного сустава. Нарушение кровоснабжения головки бедренной кости может быть связано не только с непосредственной травмой проксимального отдела бедра. Важную роль играет и изменение нормальных взаимоотношений суставных поверхностей, при котором сосудистые структуры оказываются в неблагоприятных условиях.

Так, при заднем вывихе бедра глубокая ветвь медиальной артерии, огибающей бедренную кость, может сдавливаться смещенными мягкими тканями. В компрессии могут участвовать подвздошно-поясничная мышца, квадратная мышца бедра и наружная запирающая мышца. Подобная ситуация повышает вероятность сосудистых нарушений и, как следствие, риск развития асептического некроза головки бедренной кости [35, 38].

Опасность повреждения сосудов сохраняется и при выполнении операций через задний хирургический доступ, в том числе при лечении переломов вертлужной впадины. Кроме того, глубокая ветвь медиальной огибающей артерии

может быть травмирована на этапах капсулотомии или тенотомии. Поэтому при таких вмешательствах особенно важно хорошо ориентироваться в хирургической анатомии данной зоны и выполнять все этапы операции максимально осторожно [39].

Латеральная огибающая артерия бедра играет вспомогательную роль в кровоснабжении тазобедренного сустава, участвуя преимущественно в васкуляризации окружающих мягких тканей. Вместе с медиальной огибающей артерией, отходящей от глубокой артерии бедра, они образуют сосудистое кольцо вокруг шейки бедренной кости. От этой сети отходят мелкие ветви, питающие непосредственно головку бедра.

Дополнительное кровоснабжение проксимального отдела бедра обеспечивается через анастомозы с другими сосудистыми бассейнами. Наиболее значимыми являются два крупных анастомотических соединения: крестообразный — между нижней ягодичной и медиальной огибающей артериями, и вертельный, соединяющий верхнюю ягодичную артерию с огибающими артериями бедра. Обе ягодичные артерии являются ветвями внутренней подвздошной артерии и участвуют в кровоснабжении ягодичной области и задних отделов бедра [15, 40].

Расположение сосудов в зоне шейки бедренной кости имеет важное клиническое значение. Именно из-за особенностей их хода эта область считается достаточно уязвимой как при травмах, так и во время хирургических вмешательств.

По передней, задней и боковой поверхностям шейки проходят ветви медиальной и латеральной артерий, огибающих бедренную кость. Между ними формируются внутри- и внесуставные анастомозы, которые обеспечивают дополнительное кровоснабжение проксимального отдела бедра. Если эти сосудистые связи повреждаются, кровоток в данной области снижается, что создает риск развития остеонекроза.

Особое значение в питании головки и шейки бедренной кости имеют ретинакулярные сосуды. Их сохранение является важным условием

профилактики ишемических осложнений, особенно при операциях в области тазобедренного сустава [15, 41].

Ограниченные возможности коллатерального кровообращения в области головки бедренной кости объясняют высокую чувствительность данной зоны к ишемическому повреждению. При травме или других причинах нарушения сосудистого питания развивается ишемия костной ткани, которая при отсутствии своевременного восстановления кровотока может перейти в некроз. Прогрессирование ишемического процесса сопровождается гибелью остеоцитов, повреждением субхондральной кости и нарушением целостности суставной поверхности, что в дальнейшем способствует развитию дегенеративных изменений тазобедренного сустава. В экспериментальных исследованиях, посвященных кровоснабжению головки бедренной кости при субкапитальных переломах, уже через сутки после травмы при гистологическом исследовании определялись признаки ишемии и дистрофических изменений, а спустя двое суток выявлялась картина выраженной ишемии и некроза костных структур [35].

1.3. Группа заболеваний с постишемическими деформациями проксимального отдела бедренной кости

Среди всей патологии тазобедренного сустава у детей, которая в итоге приводит к постишемическим изменениям костных структур, удобно выделять три основные группы. Такое деление предлагает классификация J. Zucker и соавторов [42]. В первую группу входят состояния, связанные с генетическими или врожденными нарушениями, — прежде всего это дисплазия тазобедренного сустава, включая её крайние проявления в виде подвывиха и вывиха. Вторую группу составляют заболевания, возникающие уже в процессе роста: болезнь Легга–Кальве–Пертеса и идиопатический асептический некроз головки бедренной кости. Третья группа объединяет состояния травматического генеза, в частности юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости. Такое разделение позволяет

не только систематизировать патологические процессы, но и определить возможные подходы к лечению на разных этапах развития заболевания.

1.3.1 Дисплазия тазобедренного сустава как причина постишемических деформаций головки бедренной кости

Дисплазия тазобедренного сустава относится к числу наиболее значимых ортопедических заболеваний детского возраста. В ее основе лежит нарушение нормального формирования элементов тазобедренного сустава, затрагивающее как костные, так и хрящевые, капсульно-связочные и мышечные структуры. Поэтому проявления заболевания могут быть различными: от минимальных изменений со стороны головки бедренной кости и свода вертлужной впадины до выраженной нестабильности сустава, подвывиха или вывиха бедра [43, 44]. Оценить реальную распространенность дисплазии тазобедренного сустава достаточно сложно. Данные о распространенности дисплазии тазобедренного сустава в разных странах существенно различаются. Это можно объяснить не только разным уровнем диагностики, но и тем, что до настоящего времени не существует единых универсальных критериев для оценки данной патологии.

Согласно систематическому обзору, в который вошли более 44 исследований из стран Европы, Америки и Австралии, нестабильные формы дисплазии выявляются с частотой от 1,6 до 28,5 случая на 1000 человек. Стабильные варианты встречаются реже и составляют примерно 1–3 наблюдения на 1000 человек [45].

Такая вариабельность статистических данных во многом объясняется различиями в классификациях, сроках выявления заболевания и подходах к скринингу новорожденных. К факторам, повышающим вероятность развития дисплазии тазобедренного сустава, относят ягодичное предлежание плода, тугое пеленание, а также наличие аналогичной патологии у родственников [46, 47]. При этом большинство авторов отмечают, что влияние отдельных факторов риска на прогноз заболевания неодинаково. Наиболее значимым считается женский пол:

по данным литературы, у девочек риск развития дисплазии возрастает примерно на 75% [48]. С позиции эмбрионального и раннего постнатального развития выделяют несколько периодов, в которые тазобедренный сустав особенно уязвим. Первый из них приходится примерно на 12-ю неделю внутриутробного развития, когда происходит медиальный поворот нижней конечности вокруг оси тазобедренного сустава; нарушения на этом этапе рассматриваются как вариант врожденного порока развития. Второй критический период соответствует примерно 18-й неделе, когда активно формируются мышечная ткань и связанные с ней неврологические структуры. При неблагоприятном течении это может приводить к нейромышечному варианту дисплазии с преимущественным поражением головки бедренной кости, метафиза и эпифиза. Отдельное значение имеет перинатальный период и первая неделя жизни, когда головка бедренной кости растет быстрее, чем вертлужная впадина, что при недостаточном покрытии головки может нарушать биомеханику сустава. После рождения в развитии тазобедренного сустава важное значение приобретает ускоренный рост хрящевой губы и связочного аппарата, сопровождающийся их повышенной растяжимостью и нестабильностью. Определённую роль в этом процессе играют также эстрогены, которые способствуют размягчению мягкотканых структур [49]. При дисплазии тазобедренного сустава постишемические изменения формируются под влиянием нескольких взаимосвязанных механизмов. В первую очередь страдает гиалиновый хрящ: нарушается ориентация его микрофибрилл, изменяется форма хондроцитов, повреждается поверхностный бесклеточный слой, появляются участки узурации, а также происходит распад протеогликановых комплексов. В ответ на появление продуктов деградации хряща в полости сустава активируются клеточные иммунные реакции, включая синовиальные макрофаги и тканевые антитела, а также запускаются цитокиновые механизмы воспаления. В дальнейшем патологический процесс распространяется на субхондральную кость: развивается остеолит, нарушается структура костных балок, а нормальные костные элементы постепенно замещаются волокнистой тканью [50, 51]. Тактика лечения детей с дисплазией тазобедренного сустава зависит от возраста пациента, выраженности

анатомических нарушений и возможностей хирургической коррекции. В раннем возрасте, как правило, предпочтение отдают консервативному лечению. Его применяют преимущественно у детей от рождения до 2 лет. Однако при тяжелых формах патологии, сопровождающихся выраженным недоразвитием вертлужной впадины или высоким вывихом бедра, оперативное лечение может рассматриваться уже с 6-месячного возраста. В более старшей возрастной группе, начиная примерно с двух лет, хирургическая коррекция используется значительно чаще [52, 53]. К основным консервативным методам относится функциональное лечение с применением стремян Павлика и различных вариантов отводящих шин. Эти устройства позволяют постепенно создать условия для правильного положения головки бедренной кости во впадине и особенно эффективны при нестабильных формах дисплазии [54]. У детей первого года жизни положительному результату способствует высокая эластичность капсульно-связочного аппарата. Обычно фиксация в функциональных приспособлениях продолжается от 6 до 12 недель. При этом необходим регулярный контроль состояния сустава, как правило, каждые 1–2 недели. Дополнительно назначают укрепляющий массаж мышц нижних конечностей и физиотерапевтические процедуры [55]. Несмотря на возможности консервативного лечения, у части пациентов в дальнейшем формируются постишемические деформации головки бедренной кости. Одной из причин таких изменений является длительное применение отводящих шин и других ортопедических конструкций, способное нарушать кровоснабжение головки бедренной кости. В результате развивается ятрогенная ишемия, которая может привести к асептическому некрозу и последующей деформации проксимального отдела бедренной кости [56, 57]. По данным литературы, после консервативного лечения дисплазии тазобедренного сустава частота постишемических деформаций достигает 20–30%, а при позднем выявлении заболевания или неадекватно подобранной терапии может увеличиваться до 50% и более [58]. Если консервативное лечение не позволяет добиться стабильного результата либо деформация уже сформировалась, возникает необходимость в хирургической коррекции [59]. Некоторые методы,

которые ранее применялись достаточно широко, в настоящее время имеют преимущественно историческое значение. В частности, закрытое вправление бедра с последующей фиксацией гипсовой повязкой в положении, считавшемся биомеханически выгодным, сегодня используется ограниченно, поскольку связано с высоким риском развития ятрогенного асептического некроза головки бедренной кости [60]. Современные хирургические подходы при дисплазии и ее последствиях включают вмешательства на разных компонентах тазобедренного сустава. При нарушениях со стороны вертлужной впадины выполняют реконструктивные операции на тазовом компоненте, включая различные варианты остеотомий таза. При деформациях бедренного компонента применяют межвертельные остеотомии. Кроме того, при выраженных изменениях головки и шейки бедренной кости могут использоваться внутрисуставные реконструктивные вмешательства, в том числе хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией [61, 62]. При выраженных формах дисплазии тазобедренного сустава, когда заболевание сопровождается вывихом бедра, одним из вариантов хирургического лечения является открытое вправление. Основная цель такого вмешательства - вернуть головку бедренной кости в правильное положение относительно вертлужной впадины. При необходимости операцию дополняют реконструкцией вертлужной впадины, а в отдельных клинических ситуациях также выполняют остеотомию бедренной кости [63].

Таким образом, дисплазия тазобедренного сустава, особенно при поздней диагностике, тяжелом течении или недостаточной эффективности раннего лечения, может становиться причиной формирования постишемических деформаций головки бедренной кости. В дальнейшем такие изменения часто требуют сложных реконструктивных вмешательств, направленных на восстановление анатомических взаимоотношений и улучшение функции тазобедренного сустава [64].

1.3.2 Болезнь Легга-Кальве-Пертеса как ведущая причина постишемических деформаций головки бедренной кости

Среди заболеваний, возникающих у ребёнка в период активного роста, особое внимание привлекает БЛКП. Это состояние представляет собой идиопатический остеонекроз головки бедренной кости, который нередко оставляет после себя грубые деформации и становится причиной серьёзных нарушений функции сустава [65, 66]. Именно этим заболеванием в значительной степени объясняется формирование постишемических изменений проксимального отдела бедра у детей. В дальнейшем такие нарушения могут становиться причиной раннего развития остеоартроза тазобедренного сустава [65, 66].

Болезнь Легга–Кальве–Пертеса чаще выявляют у детей в возрасте от 2 до 12 лет. По данным литературы, мальчики болеют значительно чаще девочек - примерно в 3–5 раз. Двустороннее поражение встречается реже и составляет около 10–15% всех наблюдений [67, 68]. Частота заболевания в разных популяциях неодинакова: в среднем она колеблется от 0,4 до 20,9 случая на 100 000 детского населения. Наиболее высокие показатели описаны в странах Северной Европы [71, 72].

Прогрессирование болезни связано с нарушением кровоснабжения головки бедренной кости. При этом в микроциркуляторном русле возникают фазные изменения, ишемия и стаз в мелких сосудах. На фоне длительного нарушения кровотока постепенно развивается некроз костных структур головки бедренной кости, изменяются метафизарные зоны, а в области вертлужной впадины могут формироваться кистозные изменения [69, 70].

Причины возникновения болезни Легга–Кальве–Пертеса до настоящего времени окончательно не установлены. В литературе обсуждаются разные возможные механизмы ее развития. В числе возможных причин называют генетические аномалии, например мутации в гене COL2A1, расположенном на хромосоме 12q13. Определённую роль играют и микротравмы, постоянно возникающие в тканях тазобедренного сустава. Также обсуждается значение

дисфункции эндотелия в сосудах микроциркуляторного русла. Кроме того, внимание привлекают латентные коагулопатии, в частности тромбофилии и мутация фактора V Лейдена. Не исключается и влияние гормональных изменений — нарушений липолиза, активации липогенеза и повышения уровня лептина [73, 74]. Несмотря на большое количество исследований, единой общепринятой теории происхождения заболевания пока не существует [75].

Наиболее распространенная патогенетическая концепция связывает развитие заболевания с идиопатическим нарушением микроциркуляции в головке бедренной кости. При снижении внутрисосудистого давления мелкие сосуды теряют нормальный просвет, их стенки спадаются, что приводит к замедлению кровотока и развитию ишемического стаза. На этом фоне ухудшается обмен веществ в тканях, нарастает гипоксия, а клетки начинают получать энергию преимущественно за счет гликолиза.

Из-за недостаточного окисления продуктов обмена в тканях постепенно накапливаются пируват, лактат и кетоновые тела. Эти изменения способствуют сдвигу кислотно-щелочного равновесия и развитию метаболического ацидоза.

Эти изменения запускают механизмы апоптоза остеоцитов и в итоге приводят к инфаркту и некрозу костной ткани головки бедренной кости [68, 76].

Клиническим исходом у пациентов с БЛКП, несмотря на проводимое консервативное лечение, в 50 -70% наблюдений становится формирование грубой ПДГБК [77, 78]. По данным современных авторов, у 30 -50% пациентов, перенесших БЛКП, уже в подростковом возрасте развивается ФАИ, а к третьей-четвертой декаде жизни у 54% пациентов формируется коксартроз, требующий тотального эндопротезирования [79, 80].

В классификации Stulberg, предложенной в 1981 году, исходы болезни Легга–Кальве–Пертеса разделяют на пять вариантов. В основу этой классификации положена форма головки бедренной кости после завершения заболевания [78].

С прогностической точки зрения наиболее неблагоприятными считаются III, IV и V типы. Для них характерно выраженное нарушение сферичности головки

бедренной кости. Такие изменения часто сочетаются с укорочением и утолщением шейки бедра, а также с высоким положением большого вертела.

Именно эти типы деформаций в последующем требуют сложных реконструктивных хирургических вмешательств [81].

Хирургическое лечение БЛКП выбирают с учетом стадии патологического процесса, возраста пациента и выраженности изменений в тазобедренном суставе. На разных этапах развития заболевания применялись различные подходы, часть из которых в настоящее время имеет преимущественно историческое значение.

К таким вмешательствам относят декомпрессионные операции, в том числе разные варианты остеоперфорации головки бедренной кости [82]. Их целью было уменьшение венозного полнокровия и внутрикостного давления в зоне поражения. Также использовались костно-пластические операции с применением ауто- или аллопластики дефекта, направленные на сохранение формы головки бедренной кости либо ее частичное ремоделирование [83].

Однако со временем стало очевидно, что возможности этих методик ограничены. Они не позволяют в достаточной степени восстановить форму головки бедренной кости, добиться полноценной конгруэнтности суставных поверхностей и надежно повлиять на дальнейшее ремоделирование костной ткани. Кроме того, после таких операций пациентам требуется длительный восстановительный период. В связи с этим указанные вмешательства в настоящее время не рассматриваются как основные методы хирургического лечения пациентов с болезнью Легга–Кальве–Пертеса [84].

В настоящее время хирургическая тактика при болезни Легга–Кальве–Пертеса в основном строится на применении различных вариантов остеотомий таза — по Солтеру, тройной по Steel, а также методик Tonnis, Chiari, Ganz и Bernese. Помимо этого, широко используются межвертельные остеотомии бедренной кости [85, 86]. Основная цель таких операций — разгрузить зону некроза, перераспределив нагрузку на здоровые участки сустава, добиться стабильной фиксации костных фрагментов и восстановить правильные биомеханические соотношения между суставными поверхностями [87, 88].

Однако, как показывают результаты современных исследований, традиционные внесуставные остеотомии не всегда позволяют полностью восстановить форму головки бедренной кости и устранить ФАИ [89, 90]. В российской литературе также имеются единичные работы, посвященные данной проблеме [16, 17].

В последние годы все более широкое распространение получают внутрисуставные реконструктивные вмешательства с применением хирургического вывиха бедра по Ganz. Данный подход позволяет выполнить непосредственную визуализацию деформированной головки и шейки бедренной кости в ходе вмешательства, точно резецировать выступающие деформированные костные участки и восстановить сферичность головки при сохранении ее кровоснабжения [93, 94]. По данным литературы, применение хирургического вывиха бедра у взрослых пациентов с тяжелыми постишемическими деформациями после БЛКП позволяет достичь хороших и отличных результатов в 80 -90% наблюдений, значительно улучшить качество жизни и пролонгировать сроки развития коксартроза [88, 95].

1.3.3. Идиопатический асептический некроз головки бедренной кости

У детей после перенесенного асептического некроза достаточно часто формируются постишемические деформации проксимального отдела бедренной кости. При этом патологические изменения могут затрагивать не только костную основу сустава, но и его хрящевые структуры. Поэтому лечение таких пациентов, как правило, требует выполнения сложных реконструктивных операций [96, 97].

Несмотря на имеющийся клинический опыт, причины и механизмы формирования данных деформаций до конца не изучены. Кроме того, в настоящее время отсутствует единый подход к выбору наиболее эффективного варианта хирургического лечения. Использование стандартных схем, включающих две-три типовые операции, не всегда позволяет добиться удовлетворительного клинического и анатомического результата [98].

Разные авторы по-разному формулировали основную цель лечения таких пациентов. N. Clarke в 1998 году рассматривал хирургическое лечение как способ максимально уменьшить выраженность постишемической деформации [99]. Ю.И. Поздникин, напротив, еще в 1983 году подчеркивал, что идеальным результатом следует считать восстановление нормальной формы и функции тазобедренного сустава [18]. Практическая значимость этой проблемы связана с тем, что коксартроз после асептического некроза головки бедренной кости обычно развивается рано и имеет склонность к быстрому прогрессированию [101]. Кроме того, изменения проксимального отдела бедренной кости после некроза имеют свои особенности: они могут долго оставаться неочевидными, затрагивать разные структуры сустава и тем самым затруднять как диагностику, так и выбор лечебной тактики [102]. Уже с возраста 7–8 лет при разных типах асептического некроза отмечается постепенное ухудшение показателей, отражающих форму головки бедренной кости, конгруэнтность суставных поверхностей и стабильность тазобедренного сустава [103]. При каждом типе поражения формируются свои характерные отклонения, хотя внешне разные варианты деформации могут иметь общие черты. Отличия между ними чаще проявляются не в самом направлении изменений, а в их выраженности [104]. К окончанию роста у пациентов формируется относительно устойчивая картина постишемической деформации. При этом основные признаки становятся типичными для каждого варианта поражения, а индивидуальные различия чаще определяются степенью отклонения отдельных рентгенометрических показателей [105]. Клинические проявления также усиливаются по мере взросления ребенка: от минимальных нарушений после I типа асептического некроза по Kalamchi до выраженных деформаций и функциональных расстройств после IV типа [106]. После I типа асептического некроза по Kalamchi, по мнению M.O. Tachdjian, оперативное лечение обычно не требуется [107]. Однако дальнейшее развитие тазобедренного сустава у таких пациентов не всегда протекает благоприятно. Уже в 7–8-летнем возрасте примерно у каждого третьего ребенка отмечается увеличение антеторсии на 10–15°, а шеечно-диафизарного угла - на 15–20°. При

этом к моменту завершения роста самостоятельной нормализации этих показателей, как правило, не происходит [108]. По данным литературы, к подростковому возрасту у значительной части пациентов с асептическим некрозом формируются вторичные изменения в тазобедренном суставе. Так, дисплазия вертлужной впадины встречается в 37,5% случаев, соха magna — в 14%, соха plana — в 34%, а соха breva — в 12,5%. У 22,5% пациентов наблюдается децентрация или подвывих головки бедренной кости [109]. Эти нарушения существенно повышают риск раннего развития коксартроза и нередко требуют хирургического вмешательства. В таких ситуациях чаще всего применяется деторсионно-варизирующая остеотомия бедренной кости [110]. Однако при наличии соха magna возможности только бедренной остеотомии часто оказываются ограниченными, поскольку увеличение головки сопровождается вторичными изменениями со стороны вертлужной впадины. В таких ситуациях более обоснованным вариантом лечения считается тройная остеотомия таза [111]. При II типе асептического некроза по Kalamchi к завершению роста чаще всего страдают показатели, отражающие соотношение эпифиза, шейки и вертлужной впадины. Так, эпифизарно-шеечный коэффициент в среднем составляет $72 \pm 4,6$, а коэффициент «впадина–головка» - $66 \pm 3,3$ [112]. Эти изменения связаны преимущественно с латеральной миграцией эпифиза головки бедренной кости, которая выявляется в 79,6% случаев. В 64,3% наблюдений такая миграция сопровождается подвывихом бедра. При данном варианте деформации шеечно-диафизарный угол может существенно не отличаться от нормальных значений. Однако эпифизарно-диафизарный угол, напротив, значительно увеличивается и в среднем составляет $171 \pm 4,9^\circ$ [112].

Для II типа поражения также характерно постепенное усиление дисплазии вертлужной впадины. Кроме того, отмечаются укорочение шейки бедренной кости, вальгусное положение проксимального отдела бедра и проксимальное смещение большого вертела [113].

C.W. Oh указывал, что работ, посвященных целенаправленному лечению II типа деформации, крайне мало. При этом частота неудовлетворительных

результатов остается высокой. Одной из причин является то, что до 12 лет такие изменения могут быть выражены недостаточно явно, поэтому их сложно своевременно оценить. После хирургической коррекции также сохраняется риск повторного формирования деформации [114].

Если же постишемическая деформация окончательно сформировалась в возрасте 14–16 лет, вероятность ее рецидива после операции становится значительно ниже. Это связано с тем, что к этому возрасту рост ребенка в основном завершается [115].

Выбор хирургической тактики зависит от причины нарушения стабильности сустава. Если подвывих связан только с вальгусным отклонением проксимального отдела бедренной кости, может быть достаточно деторсионно-варизирующей остеотомии бедра. Однако при сочетании вальгусной деформации с дисплазией вертлужной впадины одной коррекции бедренного компонента, как правило, недостаточно. В таких случаях для восстановления стабильности тазобедренного сустава требуется выполнение тройной остеотомии таза [116].

У пациентов 11–13 лет ситуация остается более сложной, поскольку медиальная часть зоны роста головки бедренной кости может продолжать функционировать. Из-за этого после деторсионно-варизирующей остеотомии сохраняется риск повторного формирования деформации [117]. В такой ситуации возможны два подхода. Первый вариант применяют при удовлетворительном развитии вертлужной впадины: ряд авторов предлагает дополнять бедренную остеотомию эпифизеодезом медиальной части зоны роста головки бедренной кости, что позволяет уменьшить риск рецидива до завершения роста [19]. Вторым вариантом связан с выполнением тройной остеотомии таза, которая создает дополнительный «запас стабильности» и помогает сохранить правильные соотношения в суставе даже при продолжающемся неправильном росте головки бедренной кости [119]. Отдельное место занимает ротационная остеотомия бедренной кости, поскольку она позволяет изменить положение проксимального отдела бедренной кости сразу в трех плоскостях за счет поворота головки и шейки бедра кпереди или кзади [120]. Согласно современным представлениям, III

и IV типы асептического некроза по классификации Kalamchi имеют значительно больше общих черт, чем это предполагалось ранее [121]. Оба варианта характеризуются прогрессирующим ухудшением показателей как тазового, так и бедренного компонентов сустава по мере роста ребёнка [122].

Тем не менее, между ними сохраняется одно принципиальное различие — шеечно-диафизарный угол. При III типе он, как правило, остаётся в пределах нормальных значений, тогда как при IV типе к концу роста значительно снижается, составляя в среднем $101 \pm 3,2^\circ$. Это отличие имеет важное прогностическое значение и может определять выбор тактики лечения

Такое снижение может само по себе способствовать нарушению биомеханики сустава и повышать риск последующего развития коксартроза [123].

Ранее III тип деформации по Kalamchi обычно рассматривали как вариант поражения, при котором основные изменения ограничиваются укорочением шейки бедренной кости и высоким положением большого вертела. Это объясняли преждевременным закрытием центральной части зоны роста головки бедренной кости при относительно сохранной стабильности тазобедренного сустава [124]. Однако результаты последующих исследований показали, что такая оценка является неполной. К окончанию роста у 88% пациентов выявляется децентрация головки бедренной кости, у 40% - нарушение ее сферичности, а у 52% - многоплоскостная деформация проксимального отдела бедренной кости [125].

При IV типе патологические изменения носят более распространенный характер и затрагивают не только проксимальный отдел бедренной кости, но и вертлужную впадину [20]. В возрасте 7–8 лет у некоторых пациентов может отмечаться временное улучшение формы и структуры головки бедренной кости, а также суставных соотношений. Однако в дальнейшем, по мере продолжающегося роста, состояние тазобедренного сустава снова ухудшается, а нарушения взаимоотношений между его компонентами становятся более выраженными [21].

Таким образом, деформация после III типа асептического некроза по ряду признаков близка к изменениям, которые развиваются после IV типа Kalamchi. При этом IV тип считается наиболее неблагоприятным с точки зрения

дальнейшего прогноза тазобедренного сустава [22]. Основные характеристики этих двух вариантов имеют однотипную направленность, но различаются степенью выраженности. Поэтому подходы к их хирургической коррекции во многом могут быть сходными. Исключение составляет IV тип, при котором чаще требуется вмешательство не только на бедренном, но и на тазовом компоненте сустава [129].

При III типе деформации вертлужная впадина, как правило, остается интактной, а патологические изменения локализуются преимущественно в области головки и шейки бедренной кости, затрагивая лишь отдельную их часть. В связи с этим у пациентов с III типом основное внимание уделяется коррекции бедренного компонента. В случае IV типа деформации изменения затрагивают не только проксимальный отдел бедренной кости, но и вертлужную впадину. При её недоразвитии становится оправданным выполнение остеотомии таза, что позволяет улучшить стабильность и биомеханику сустава.

Если у пациента выявлено нарушение пространственного положения проксимального отдела бедра или выраженная трёхмерная деформация, которая приводит к несоответствию суставных поверхностей и децентрации головки, требуется хирургическая коррекция бедренного компонента. В таких случаях выполняется остеотомия бедренной кости, выбор варианта которой зависит от характера и степени деформации. Кроме того, при гипертрофии большого вертела необходимо восстановить его правильное положение, чтобы нормализовать функцию отводящих мышц и улучшить биомеханику сустава.

Такой подход позволяет одномоментно устранить основные компоненты деформации [130].

1.4 Хирургическое лечение пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости

ПДГБК у детей представляют собой сложную проблему детской ортопедии, которая является общим финальным исходом ряда деструктивных заболеваний

тазобедренного сустава, таких как БЛКП, ИАНГБК различной этиологии, а также ятрогенные осложнения консервативного лечения дисплазии тазобедренного сустава [131, 132]. Независимо от первоначальной причины, патогенетической основой развития деформации является нарушение кровотока в области головки бедренной кости с последующим некрозом и коллапсом субхондральной кости, что приводит к формированию асферичной формы головки, укорочению и утолщению шейки бедренной кости, высокому стоянию большого вертела [133]. Этот комплекс нарушений закономерно вызывает ФАИ, дисконгруэнтность суставных поверхностей, а в отдаленном периоде наблюдения приводит к формированию деформирующему коксартрозу [134, 135].

Последствия ишемического поражения тазобедренного сустава проявляются в виде сложных структурных аномалий, которые становятся причиной ФАИ и нестабильности сустава [136]. По данным литературы, у таких пациентов коксартроз в 54% случаев развивается уже на третьем-четвёртом десятилетии жизни. Именно поэтому подростки и молодые люди с ишемическими деформациями рассматриваются как потенциальные кандидаты для органосберегающих операций [137, 138].

В выборе оптимальной стратегии лечения единого мнения нет. Консервативная терапия используется, но чаще рассматривается лишь как этап подготовки к хирургическому вмешательству [139].

В современной хирургии пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости сосуществуют две принципиально различные стратегии: традиционная, основанная на внесуставных корригирующих остеотомиях, и новая, предусматривающая радикальную внутрисуставную реконструкцию [140]. Четкие критерии выбора между этими подходами в зависимости от этиологии, типа и степени тяжести деформации головки бедренной кости, а также сравнительные данные об их отдаленных исходах остаются предметом дискуссии и недостаточно систематизированы [141].

Долгое время основным хирургическим методом коррекции сформировавшихся деформаций головки бедренной кости являлись различные

варианты внесуставной корригирующей остеотомии бедренной кости, такие как, вальгизирующая или деротационная [142]. Основной задачей данных вмешательств было изменение положения проксимального отдела бедренной кости в пространстве. Это позволяло увеличить объем движений в тазобедренном суставе, а также вывести деформированный участок головки бедренной кости из зоны контакта с краем вертлужной впадины, тем самым уменьшая нагрузку на пораженную область [143]. Корригирующие остеотомии бедренной кости, впервые описанные Imhauser в 1965 году, стали одним из основных методов хирургического лечения асферичности головки бедренной кости [23]. Наиболее важным фактором успеха является правильный выбор времени вмешательства, соответствующего стадии асферичности головки [145]. Благодаря изменению шеечно-диафизарного угла проксимального отдела бедренной кости корригирующие остеотомии являются эффективным инструментом в лечении данной категории больных, однако, как и любая оперативная процедура, они могут сопровождаться такими осложнениями, как преждевременное закрытие зоны роста шейки и эпифиза, приводящее к укорочению конечности [146].

Корригирующая остеотомия бедренной кости является наиболее простой в исполнении и наименее продолжительной по сравнению с другими реконструктивными вмешательствами, не уступая им в эффективности [147]. Данные вмешательства доказали свой позитивный результат при умеренных деформациях, особенно в контексте коррекции вальгусной деформации бедренной кости после консервативного лечения пациентов с дисплазией тазобедренного сустава или при легких остаточных изменениях после БЛКП [148]. Однако при грубых и тяжелых деформациях (например, при тотальном коллапсе головки бедренной кости после БЛКП по Catterall IV или выраженной ее асферичности после асептического некроза) возможностей внесуставных остеотомий часто оказывается недостаточно [149, 150]. Они не позволяют целенаправленно устранить деформированный участок головки, являющийся причиной ФАИ, или восстановить сферичность головки. Более того, в ряде наблюдений, особенно при коррекции сложных многоплоскостных деформаций,

эти операции могут приводить к ятрогенным осложнениям: вторичному подвывиху головки бедренной кости, чрезмерной варизации проксимального отдела бедра с укорочением конечности или формированию его «штыкообразной» деформации, что крайне осложняет возможное будущее эндопротезирование [24, 25].

Лечение деформаций III и IV типа по классификации Kalamchi является чрезвычайно сложной задачей, а посвященные ему работы единичны [153]. Наиболее трудным остается коррекция деформаций головки бедренной кости, при которой необходимо добиться нормализации пространственных соотношений во всех плоскостях [154]. Хирургическая коррекция деформации головки дополнительно осложняется частым сочетанием с соха plana, которая может стать причиной развития коксартроза уже в первые два десятилетия жизни [155]. Некоторые авторы не обнаружили различий в результатах лечения между пациентами, которые лечились исключительно с помощью остеотомии таза, и больными, получившими комбинированное лечение: остеотомию таза в молодом возрасте с последующей компенсационной коррекцией деформации с применением хирургического вывиха бедра [156].

Появление и внедрение в клиническую практику методики хирургического вывиха бедра по Ganz (2001), обеспечивающей полноценный доступ к суставу с сохранением кровоснабжения головки бедренной кости, открыло принципиально новые возможности для внутрисуставной реконструкции [148]. Данный подход позволяет обеспечить адекватную визуализацию и возможность иссечения деформированных участков головки и шейки бедренной кости с помощью моделирующей резекции головки бедренной кости в ходе операции, тем самым устранив анатомический субстрат ФАИ и восстановив форму суставных поверхностей [157, 158]. Этот метод рассматривается как перспективный для лечения детей с тяжелыми постишемическими деформациями, сформировавшимися как после БЛКП и асептического некроза, так и вследствие диспластических изменений [159].

По мнению Novais и соавт. (2012), хирургический вывих бедра следует рассматривать как обязательный первый этап лечения. Этот подход, по их мнению, позволяет одновременно решить и диагностические, и лечебные задачи [140]. Устранение тех элементов деформации, которые создают условия для развития ФАИ, они считают ключевым компонентом операции [153].

Форма головки бедренной кости при постишемических деформациях может варьироваться от сферической до эллипсоидной, цилиндрической и седловидной [133]. Хрящ головки может быть хорошо сохранен или дегенерирован. Как правило, хрящ больше всего страдает в том месте, где головка бедра соприкасается с краем вертлужной впадины. Этот край работает как зона высокого напряжения, что приводит к вдавливанию размягчённых участков головки и провоцирует дальнейшее разрушение хрящевого покрова [134]. В результате как головка бедра, так и сама вертлужная впадина постепенно вовлекаются в дегенеративный процесс, усугубляемый наличием дисконгруэнтности и импинджмента [136]. Это создаёт замкнутый круг, при котором анатомические нарушения поддерживают и усиливают друг друга. В итоге со временем это может привести к стойким изменениям в суставе и значительному нарушению его функции. Именно поэтому важно своевременно устранять механический конфликт и восстанавливать конгруэнтность, чтобы предотвратить необратимые изменения. Лечение на этом этапе должно быть направлено на изменение формы головки. Прогноз тесно коррелирует с окончательной формой головки. Попытки изменения формы с помощью моделирования шейки бедренной кости имели переменный успех, сопровождалась кратковременным улучшением, но принципиально не влияли на дегенеративное течение болезни [132]. Внедрение новых методов оценки и лечения деформаций головки бедренной кости привело к возрождению интереса к лечению тяжелых форм данной патологии. Более старые хирургические вмешательства на головке были заменены открытой моделирующей резекцией с применением хирургического вывиха бедра [148].

Одно из самых опасных осложнений при операции на тазобедренном суставе - АНГБК - было минимизировано благодаря разработке «безопасного хирургического вывиха по Ganz», представленного Рейнхольдом Ганцем [148]. Применение данного подхода дало возможность выполнять резекцию именно тех участков головки бедренной кости, которые были увеличены и выступали за пределы нормального контура головки. За счет этого удавалось улучшить сферичность суставной поверхности, восстановить более правильные взаимоотношения в тазобедренном суставе и увеличить объем движений.

В 2001 году R. Ganz с соавторами предложили иной вариант решения проблемы деформации головки бедренной кости у пациентов с болезнью Легга–Кальве–Пертеса и асептическим некрозом у взрослых [148]. По их данным, наиболее выраженные изменения обычно приходится на центральную треть увеличенной головки, тогда как латеральная ее часть чаще сохраняет более полноценное хрящевое покрытие. На основании этого авторы обосновали возможность удаления центральной трети головки бедренной кости при обязательном сохранении и мобилизации сосудистой ножки, питающей медиальный отдел головки [135].

У пациентов с умеренной и тяжелой степенью деформации, получавших лечение с помощью внесуставных вмешательств, во многих случаях сохраняется значительная остаточная деформация проксимального отдела бедренной кости, которая приводит к изменению походки, значительному ограничению движений и хроническому болевому синдрому [149]. Для коррекции подобных деформаций применяются два основных хирургических подхода: открытая остеохондропластика и моделирующая резекция головки бедренной кости с использованием хирургического вывиха бедра по Ganz. Оба вмешательства направлены на восстановление анатомической формы головки и шейки, устранение проявлений импинджмента и замедление дегенеративных изменений. Особенно актуальны эти методы в детской практике, где сохранение собственного сустава является приоритетом [155, 156].

Одними из первых результаты реконструкции тазобедренного сустава с использованием хирургического вывиха бедра представили Eijer и соавторы в 2006 году. В исследование были включены 11 пациентов с ФАИ [154]. Через 33 месяца наблюдения у половины больных болевой синдром отсутствовал, а у остальных пациентов боль стала менее выраженной по сравнению с дооперационным уровнем. Авторы не отметили осложнений после вмешательства. Кроме того, у большинства пациентов было зафиксировано улучшение конгруэнтности суставных поверхностей [154].

Shore и соавторы (2012) в своем первоначальном опыте применения хирургического вывиха бедра сообщили о различных заболеваниях тазобедренного сустава у детей и подростков, которые демонстрировали улучшение кратковременной функции при минимальном количестве осложнений [146]. Кроме того, были опубликованы результаты лечения пациентов с деформацией головки бедренной кости, которым выполняли хирургический вывих бедра и транспозицию вертела. Авторы отметили высокий процент улучшения анатомии пораженной головки бедренной кости и общее клинорентгенологическое улучшение [149]. Приведенные наблюдения показывают, что хирургический вывих бедра по Ganz позволяет динамически оценить состояние тазобедренного сустава, выявить источник ФАИ и провести коррекцию внутрисуставных деформаций [140].

1.5 Аддитивные технологии в хирургическом лечении детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости

В последние годы аддитивные технологии, включая трёхмерное моделирование и 3D-печать, занимают всё более значимое место в современной ортопедии, обеспечивая переход от стандартных к персонализированным подходам в хирургическом лечении [160, 161]. Возможность создания точных анатомических моделей, а также индивидуализированных навигационных шаблонов и инструментов позволяет существенно повысить точность

предоперационного планирования и воспроизводимость хирургических вмешательств [162].

Наиболее активно аддитивные технологии внедряются в практику выполнения внесуставных реконструктивных вмешательств, в частности корригирующих остеотомий бедренной кости у детей. Применение 3D-моделирования позволяет более точно оценить пространственные параметры деформации, определить оптимальный уровень остеотомии и величину необходимой коррекции, что подтверждено рядом исследований [163, 164]. Использование индивидуальных навигационных шаблонов дополнительно повышает точность выполнения остеотомий, снижает продолжительность операции, лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал, а также риск возникновения интраоперационных ошибок [165-167].

Одновременно с этим необходимо отметить, что применение аддитивных технологий при внутрисуставных реконструктивных вмешательствах на тазобедренном суставе у детей, в частности при ПДГБК, остаётся ограниченным и недостаточно изученным. Существующие единичные работы в основном по использованию 3D-моделирования для предоперационной оценки деформационных изменений головки бедренной кости и планирования объёма резекции [168, 169]. Однако, вопросы интраоперационной реализации запланированной коррекции с применением индивидуальных навигационных шаблонов-направителей практически не освещены и не изучены.

Следует подчеркнуть, что ПДГБК характеризуются сложной трёхмерной геометрией, включающей сочетание нарушения сферичности, асферичности переходной зоны «головка - шейка» и изменения пространственного положения проксимального отдела бедренной кости. В этих условиях традиционные методы предоперационного планирования, основанные на двухмерной рентгенографии, не обеспечивают достаточной точности оценки деформационных изменений и не позволяют в полной мере воспроизвести запланированную коррекцию интраоперационно.

Несмотря на доказанную эффективность хирургического вывиха бедра с моделирующей резекцией головки как метода радикальной коррекции внутрисуставной патологии, данный подход в настоящее время во многом зависит от субъективного опыта хирурга и визуальной («ad oculus») оценки объёма резекции. Это обуславливает риск как недостаточной, так и избыточной резекции деформированных участков и, как результат, коррекции нарушений, что может сопровождаться сохранением ФАИ и нарушением прогрессирования конгруэнтности суставных поверхностей.

Данные современной литературы показывают, что аддитивные технологии имеют большой потенциал в хирургии тазобедренного сустава, однако в детской ортопедии их возможности пока используются не в полной мере. Особенно это касается внутрисуставных реконструктивных вмешательств, где точность предоперационного планирования и выполнения резекции имеет принципиальное значение. На сегодняшний день нет единого подхода к применению 3D-планирования и индивидуальных шаблонов при моделирующей резекции головки бедренной кости у детей. Также остаются недостаточно определенными показания к использованию таких технологий и их влияние на клинические и функциональные результаты лечения.

Именно эти нерешенные вопросы определяют актуальность настоящего исследования. Работа направлена на разработку и внедрение персонализированного подхода, включающего предоперационное 3D-планирование, прототипирование и изготовление индивидуальных навигационных шаблонов. Использование данной технологии предполагается для более точного выполнения моделирующей резекции головки и шейки бедренной кости у пациентов с посттравматическими деформациями.

Предлагаемый подход позволяет перейти от субъективной оценки объёма резекции к воспроизводимой, количественно обоснованной хирургической коррекции, что, как предполагается, обеспечит повышение точности вмешательства, улучшение функциональных результатов и улучшение тенденции

к снижению частоты осложнений у детей с постишемическими деформациями тазобедренного сустава.

При планировании операции у ребенка важно учитывать не только уже имеющиеся изменения тазобедренного сустава, но и те нарушения, которые могут сформироваться позднее из-за продолжающегося роста поврежденных зон головки бедренной кости. Поэтому хирургическая коррекция должна быть рассчитана не только на текущее состояние сустава, но и на особенности его дальнейшего развития.

Для каждого типа деформации характерен свой набор анатомических изменений. При этом нарушения могут затрагивать не одну, а сразу несколько плоскостей, что важно учитывать при выборе хирургической тактики.

Если при планировании операции оценивать все компоненты деформации, можно более точно определить объем вмешательства и подобрать метод коррекции, соответствующий конкретному варианту поражения. Такой подход помогает восстановить более правильные соотношения в тазобедренном суставе и уменьшить вероятность раннего формирования коксартроза.

Не существует универсальной методики, удовлетворяющей всех хирургов и пациентов и лишенной недостатков, влияющих на конечный результат лечения. Именно недостатки существующих методов лечения определяют необходимость разработки четкого алгоритма лечения, совершенствования хирургической техники и объективной оценки результатов. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят улучшить результаты лечения пациентов и уменьшить частоту интраоперационных и послеоперационных осложнений, таких как недостаточная или чрезмерная резекция деформационных изменений головки бедренной кости. Проведенный анализ литературы свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения и сравнительной оценки эффективности внесуставных и внутрисуставных методов хирургического лечения детей с ПДГБК, что и определило цель и задачи настоящего исследования [170-175].

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн диссертационного исследования

В основу работы легли данные 90 пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости (III тип по Kalamchi–MacEwen), проходивших обследование и лечение в отделении патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России в 2016–2025 годах. Возраст пациентов — от 11 до 17 лет (средний $14,2 \pm 1,8$ года). Всего изучены данные 100 тазобедренных суставов.

Пациенты разделены на две группы в зависимости от применённого хирургического подхода. Основная группа (40 детей, 41 сустав) — хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией головки с использованием индивидуальных шаблонов-направителей. Контрольная (архивная) группа (50 пациентов, 59 суставов) — стандартное обследование и внесуставные корригирующие остеотомии.

Исследование было построено в несколько последовательных этапов.

На первом этапе изучали особенности клинической и рентгенологической картины заболевания у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости. Основное внимание уделяли пациентам 11–17 лет. В ходе анализа были уточнены клинические проявления заболевания, особенности лучевой картины тазобедренного сустава, а также выявлены закономерности изменения рентгеноанатомических показателей. Кроме того, оценивались взаимосвязи между отдельными параметрами и определялись корреляционные связи между ними.

Второй этап был посвящен анализу хирургического лечения пациентов контрольной группы. На данном этапе оценивали ближайшие результаты традиционных внесуставных корригирующих остеотомий, применявшихся у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости.

Анализ результатов послужил основой для разработки новой хирургической методики — способа выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости у детей с постишемическими деформациями (патент РФ № 2833972 от 03.02.2025). Данный подход применялся у пациентов основной группы в 2022–2025 годах.

Объём и направление коррекции бедренного компонента определялись индивидуально, с учётом не только формы головки и шейки, но и особенностей суставных взаимоотношений. Для повышения точности вмешательства использовалось предоперационное 3D-моделирование и прототипирование. На основе полученных данных изготавливались персонализированные шаблоны-направители, которые в дальнейшем применялись во время операции для точного позиционирования и планируемого объёма резекции. Это позволяло учесть индивидуальную пространственную ориентацию головки бедренной кости и минимизировать риск субъективных ошибок.

На следующем этапе исследования проводили сравнительную оценку результатов хирургического лечения у пациентов основной и контрольной групп с ПДГБК. Полученные данные легли в основу алгоритма комплексного обследования и выбора лечебной тактики для данной категории больных (рисунок 2.1).

Лучевое обследование позволило детально оценить характер изменений тазобедренного сустава и определить основные закономерности между отдельными рентгенологическими параметрами. С учетом этих данных была разработана технология моделирующей резекции головки бедренной кости, выполняемой в условиях хирургического вывиха бедра.

В процессе работы были уточнены особенности суставных взаимоотношений у пациентов с ПДГБК и выявлены корреляционные связи между клиническими проявлениями и рентгенологическими показателями, характеризующими состояние бедренного компонента тазобедренного сустава.

У пациентов основной группы для более точного выполнения коррекции во время операции использовали индивидуальные шаблоны-направители. Их

применение позволяло ориентировать головку бедренной кости в пространстве более правильно и выполнять моделирующую резекцию в соответствии с заранее проведенным планированием.



Рисунок 2.1 - Схема дизайна диссертационного исследования.

Критерии включения пациентов в исследование:

1. Подтверждённая ПДГБК III типа по Kalamchi-MacEwen.
2. Возраст 11–17 лет.
3. Полный объём предоперационной диагностики (рентген, МСКТ с 3D).
4. Отсутствие предшествующих операций на тазобедренных суставах.
5. Отсутствие неврологической, генетической или системной патологии.
6. Лечение одной хирургической бригадой в отделении Центра Турнера.
7. Срок наблюдения после операции ≥ 12 месяцев.
8. Наличие добровольного согласия пациента и законных представителей.

Критерии невключения пациентов в исследование:

1. Деформация I–II типа по Kalamchi-MacEwen.
2. Возраст младше 11 или старше 18 лет.
3. Отсутствие полного лучевого обследования.
4. Ранее выполненные операции на тазобедренных суставах.
5. Перенесённые переломы или травмы в зоне тазобедренного сустава или позвоночника.
6. Неврологические, генетические или системные заболевания.
7. Отсутствие информированного согласия.
8. Срок послеоперационного наблюдения менее 12 месяцев.

2.2 Общая характеристика пациентов

Таблица 2.1

Распределение пациентов по количеству, полу и среднему возрасту в группах исследования

Группа пациентов	Количество пациентов n	Количество суставов n	Мужской пол	Женский пол	Средний возраст, годы
Основная	40	41	26 (65,0%)	14 (35,0%)	14,2 ± 1,8
Контрольная	50	59	37 (74,0%)	13 (26,0%)	14,0 ± 1,9
Всего	90	100	63 (70,0%)	27 (30,0%)	14,1 ± 1,8

Распределение пациентов с ПДГБК по количеству, полу и среднему возрасту в группах исследования представлено в таблице 2.1.

В соответствии с возрастной периодизацией, принятой в клинической педиатрии, пациенты как основной, так и контрольной групп относились к старшему школьному (пубертатному) возрасту. В возрастном интервале от 10 до

16 лет находились 32 пациента (80,0%) основной группы и 44 пациента (88,0%) контрольной группы. Пациенты в возрасте от 17 до 18 лет составили 8 человек (20,0%) в основной группе и 6 человек (12,0%) в контрольной группе.

Статистическая обработка данных подтвердила, что группы сопоставимы между собой. Различий по возрасту, полу и анамнезу выявлено не было ($p > 0,05$). Это позволяет корректно использовать полученные результаты для дальнейшего сравнения и не искажает последующие выводы.

2.3 Методы исследования

Для изучения состояния тазобедренных суставов при ПДГБК, анализа их пространственных соотношений и планирования оперативного лечения применялся комплексный подход. Он включал клинические методы, лучевую диагностику (рентгенографию и МСКТ), МРТ, 3D-моделирование с прототипированием, а также статистическую обработку данных.

2.3.1 Клиническое исследование

При обследовании пациентов в возрасте от 10 до 18 лет учитывали не только жалобы самих детей, но и информацию, полученную от их родителей. Это было важно, поскольку пациенты данной возрастной группы не всегда могут подробно и точно описать свое самочувствие, характер боли и ограничения в повседневной активности.

Для более упорядоченной оценки жалоб, а также для сравнения состояния пациентов до операции и после хирургического лечения применяли валидированный опросник PedsQL 4.0 - Pediatric Quality of Life Inventory [26].

Для каждого пациента рассчитывали цифровой индекс жалоб, представляющий собой индивидуальную сумму баллов по каждому оцениваемому показателю. Критерии, по которым проводили оценку жалоб, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

1. Мое здоровье и уровень активности	Никогда	Почти никогда	Иногда	Часто	Почти всегда
Мне было трудно пройти пешком более одной остановки	0	1	2	3	4
Мне было трудно бегать	0	1	2	3	4
Мне было трудно играть в спортивные игры и делать зарядку	0	1	2	3	4
Мне было трудно поднимать тяжелые вещи	0	1	2	3	4
Мне было трудно самостоятельно принимать ванну или душ	0	1	2	3	4
Мне было трудно выполнять обязанности по дому	0	1	2	3	4
Меня беспокоила боль	0	1	2	3	4
У меня было мало сил	0	1	2	3	4
2. Мои ощущения	Никогда	Почти никогда	Иногда	Часто	Почти всегда
Мне бывало страшно	0	1	2	3	4
Мне бывало грустно	0	1	2	3	4
Я был разозлен чем-либо	0	1	2	3	4
Я плохо спал	0	1	2	3	4
Я переживал о том, что может случиться	0	1	2	3	4
3. Как я общаюсь с другими	Никогда	Почти никогда	Иногда	Часто	Почти всегда
Мне было трудно общаться с другими детьми	0	1	2	3	4
Другие дети не хотели со мной дружить	0	1	2	3	4
Другие дети дразнили меня	0	1	2	3	4

Продолжение таблицы 2.2

Я не умел делать то, что умеют мои ровесники	0	1	2	3	4
Мне было трудно, играя с другими детьми, чувствовать себя наравне с ними	0	1	2	3	4
4. О школе	Никогда	Почти никогда	Иногда	Часто	Почти всегда
Мне было трудно быть внимательным на уроках	0	1	2	3	4
Я был забывчив	0	1	2	3	4
Мне было трудно справляться со школьными заданиями	0	1	2	3	4
Я пропускал школу потому, что плохо себя чувствовал	0	1	2	3	4
Я пропускал школу потому, что мне надо было ехать к врачу или в больницу	0	1	2	3	4

Для каждого пациента рассчитывали цифровой индекс жалоб, представляющий собой индивидуальную сумму баллов по каждому оцениваемому показателю. Критерии, по которым проводили оценку жалоб, представлены в таблице 2.2.

Для оценки болевого синдрома в исследовании применяли международную визуально-аналоговую шкалу боли - VAS. Она позволяла различать как неприятные ощущения без выраженной боли, так и болевой синдром разной интенсивности. Помимо цифровой оценки, шкала включает графическое изображение мимики, отражающее степень выраженности боли, что облегчает ее использование у пациентов детского возраста (рисунок 2.2).

Осмотр пациентов выполнялся по стандартному ортопедическому протоколу. Врач оценивал общий вид, походку и установку ног, а также фиксировал количественные изменения, характерные для поражения тазобедренного сустава.



Рисунок 2.2 Визуальная аналоговая шкала боли (VAS).

Клиническое обследование начинали с наблюдения за походкой ребенка. При этом оценивали, есть ли хромота, насколько симметрично работают нижние конечности, как расположен таз и имеются ли признаки функциональных нарушений.

Выраженность хромоты делили на три степени. Лёгкая — походка нарушалась только после нагрузки, без заметных колебаний туловища. Средняя — хромота появлялась при обычной ходьбе и сопровождалась умеренным раскачиванием корпуса. Тяжёлая — определялась с первых шагов, походка становилась асимметричной, с выраженным отклонением туловища.

В ходе осмотра измеряли относительную длину ног (в см) и объем движений в тазобедренном суставе с помощью гониометрии. Также оценивали симптом Тренделенбурга–Дюшена для проверки функции средней ягодичной мышцы. Для выявления импинджмента проводили специальные провокационные тесты, выявляющие конфликт между головкой бедра и вертлужной впадиной.

Тест FADIR (flexion, adduction, internal rotation) выполняли пассивно: нижнюю конечность сгибали в тазобедренном и коленном суставах до 90° , после чего проводили приведение и внутреннюю ротацию. Появление боли в паховой области расценивали как положительный результат теста, что указывало на признаки ФАИ (рисунок 2.3).

Impingement-test использовали как провокационный тест, направленный на воспроизведение болевого синдрома при крайних положениях сустава.

Положительный результат указывал на наличие механического конфликта суставных поверхностей.

Тест FABER (flexion, abduction, external rotation) применяли для оценки состояния тазобедренного сустава и крестцово-подвздошного сочленения. Боль в паховой области при выполнении теста интерпретировалась как признак внутрисуставной патологии, тогда как боль в области крестцово-подвздошного сочленения свидетельствовала о его вовлечении (рисунок 2.3).



А

Б

А- Тест FADIR (сгибание, приведение, внутренняя ротация);

Б- Тест FABER (сгибание, отведение, наружная ротация)

Рисунок 2.3 Методика выполнения теста, направленного на выявление дегенеративно-дистрофического поражения суставной губы тазобедренного сустава.

2.3.2 Лучевые методы исследования

У пациентов основной и контрольной групп с постишемическими деформациями головки бедренной кости лучевое обследование выполняли на цифровом рентгенологическом комплексе Philips «Medio 50 CP».

Рентгенография тазобедренных суставов проводилась в передне-задней и боковой (по Лаунштейну) проекциях. Также использовались функциональные снимки с отведением и внутренней ротацией бедра — они позволяли уточнить шеечно-диафизарный угол и оценить положение головки во впадине.

На полученных рентгенограммах выполняли рентгенометрию. Оценивали параметры, отражающие пространственное положение как тазового, так и бедренного компонентов сустава. В перечень измеряемых показателей вошли: WBS, CEA, ISA, ШДУ, антеторсия, ISH, ICAS, ATD, АНІ, LDA, SL и угол α (переход головки в шейку).

Определяемые по рентгенограммам показатели, характеризующие особенности анатомического строения тазобедренного сустава, были разделены нами на 3 подгруппы:

1. Показатели, характеризующие состояние вертлужной впадины (тазовый компонент):

- угол наклона опорной поверхности вертлужной впадины (WBS) - характеризует ориентацию крыши вертлужной впадины;
- угол Виберга (CEA) - отражает степень покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной;
- индекс сферичности вертлужной впадины (ISA) - характеризует форму и конгруэнтность вертлужной впадины.

2. Показатели, характеризующие состояние проксимального отдела бедренной кости (бедренный компонент):

- шеечно-диафизарный угол (ШДУ) - отражает пространственную ориентацию шейки относительно диафиза бедренной кости;
- угол антеторсии шейки бедренной кости - характеризует ротационное положение шейки бедренной кости в горизонтальной плоскости;
- индекс сферичности головки (ISH) - оценивает степень сферичности головки бедренной кости;
- угол α - характеризует наличие и выраженность сат-деформации в зоне перехода головки в шейку бедренной кости.

3. Показатели, характеризующие пространственные взаимоотношения между компонентами сустава:

- индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) - отражает степень соответствия (конгруэнтности) головки бедренной кости и вертлужной впадины;
- индекс покрытия головки (API) - характеризует процентное соотношение покрытой части головки бедренной кости вертлужной впадиной;
- угол латерального смещения головки (LDA) - отражает степень латерального смещения головки относительно вертлужной впадины;
- краниальное смещение головки (SL) - характеризует вертикальное (краниальное) смещение головки бедренной кости;
- артикуло-трохантерное расстояние (ATD) - отражает пространственное соотношение между головкой бедренной кости и большим вертелом.

Показатели, характеризующие состояние вертлужной впадины:

- Угол Виберга был описан G. Wiberg в 1939 году. Этот показатель используют для оценки того, насколько латеральный отдел свода вертлужной впадины покрывает головку бедренной кости. Измерение проводят на рентгенограмме тазобедренных суставов в переднезадней проекции (рисунок 2.4-А).
- Индекс сферичности вертлужной впадины (ISA) предложен Ю.И. Поздниным в 1983 году. Данный показатель отражает форму вертлужной впадины и ее способность обеспечивать стабильное положение головки бедренной кости в суставе (рисунок 2.4-Б).
- Угол наклона впадины (WBS), описанный I. Sharp в 1961 году, позволяет оценить положение вертлужной впадины во фронтальной плоскости. Он формируется между двумя линиями: первой, проведенной от нижнего края тазовой кости к латеральному краю вертлужной впадины, и второй - горизонтальной линией, проходящей через нижний край тазовой кости (рисунок 2.4-В).

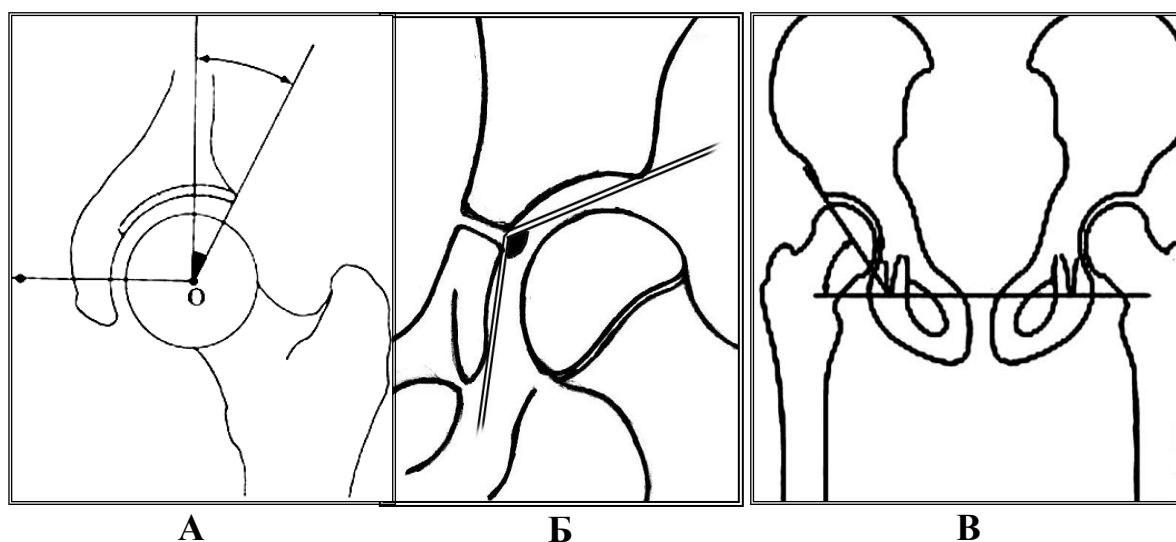


Рисунок 2.4 А- Угол Wiberg (О - центр головки бедренной кости); Б- Индекс сферичности впадины (ISA) (Поздникин Ю.И., 1983); В - Угол наклона впадины (WBS).

Показатели, характеризующие пространственную ориентацию проксимального отдела бедренной кости и форму головки:

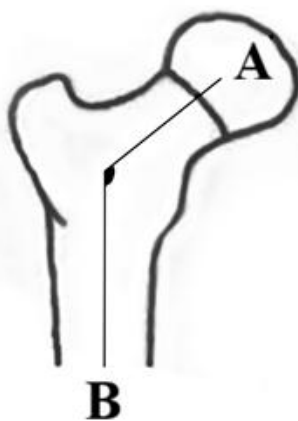


Рисунок. 2.5 Оценка ШДУ: А - ось шейки бедренной кости; В - ось диафиза бедренной кости.

- Шеечно-диафизарный угол (ШДУ) - рентгенологический показатель, характеризующий ориентацию шейки бедренной кости относительно ее диафиза во фронтальной плоскости. Измерение ШДУ проводили на рентгенограммах,

выполненных в передне-задней проекции с отведением и внутренней ротацией бедер, что позволяет определить истинное значение угла (рисунок 2.5).

Таблица 2.3

Таблица Н. Strzyzewski для вычисления угла антеторсии (1966)

Проекционный шеечно- диафизарный угол	Истинный шеечно-диафизарный угол, град																
	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95
180	88	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
175	.	60	71	76	79	81	82	84	85	85	86	87	87	88	88	89	89
170	.	.	49	61	68	72	75	78	80	81	83	84	85	86	87	88	89
165	.	.	.	42	55	62	67	71	74	77	79	81	83	84	85	87	88
160	38	51	58	64	68	72	75	78	80	82	84	86	88
155	36	48	56	62	67	70	74	77	80	83	85	87
150	34	46	54	61	66	70	74	74	81	84	87
145	33	45	54	60	66	70	75	79	83	86
140	33	45	54	61	67	72	77	81	85
135	33	45	54	62	68	74	80	85
130	33	46	56	64	71	78	84
125	34	48	58	67	75	82
120	36	51	62	72	81
115	38	55	68	79
110	42	61	76
105	49	71
100	60

Угол антеторсии использовали как рентгенологический показатель, позволяющий оценить положение шейки и головки бедренной кости в горизонтальной плоскости. Этот параметр отражает пространственную ориентацию проксимального отдела бедренной кости и имеет значение при анализе имеющейся деформации. Измерение выполняли по методике Н. Strzyzewski, предложенной в 1966 году (таблица 2.3). Сначала на рентгенограмме в передне-задней проекции при нейтральном положении нижних конечностей определяли проекционный шеечно-диафизарный угол. Затем на функциональной рентгенограмме, выполненной при отведении и максимальной внутренней ротации бедра, измеряли истинный шеечно-диафизарный угол.

После получения этих двух значений рассчитывали угол антеторсии. Для этого использовали таблицу Н. Strzyzewski, в которой значение антеторсии

определяется на основании соотношения проекционного и истинного шеечно-диафизарных углов.

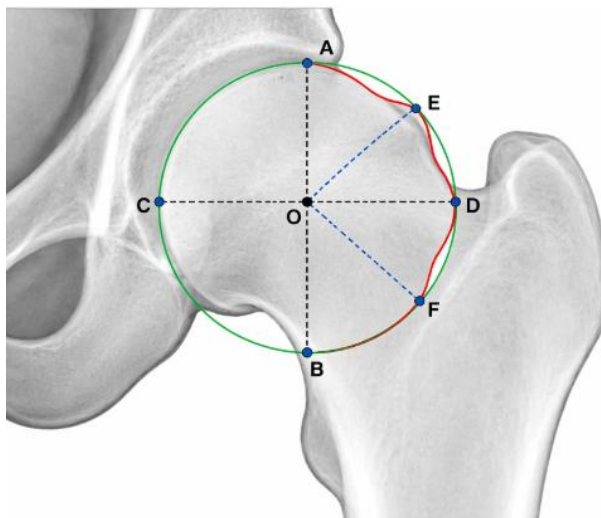


Рисунок 2.6 Определение индекса ISH: А - верхняя точка пересечения вертикального диаметра с best-fit окружностью; В - нижняя точка пересечения вертикального диаметра с best-fit окружностью; С - латеральная точка пересечения горизонтального диаметра с best-fit окружностью; D - медиальная точка пересечения горизонтального диаметра с best-fit окружностью; E - точка латерального контура головки бедренной кости в верхнем отделе; F - точка латерального контура головки бедренной кости в нижнем отделе; O - центр best-fit окружности; R - радиус best-fit окружности; OE, OF - расстояния (радиусы) от центра O до точек E и F соответственно.

- Индекс сферичности головки бедренной кости (ISH) во фронтальной плоскости рассчитывается на основании построения окружности наилучшего соответствия (best-fit) по контуру головки (рисунок 2.6). Определяется центр окружности (O) и её радиус (R). Далее измеряются расстояния от центра окружности до точек латерального контура головки в верхнем (E) и нижнем (F) отделах (OE и OF). Значение показателя вычисляется по формуле: $ISH = (OE + OF) / (2R) \times 100 \%$. Полученный индекс отражает степень отклонения формы головки от сферической.

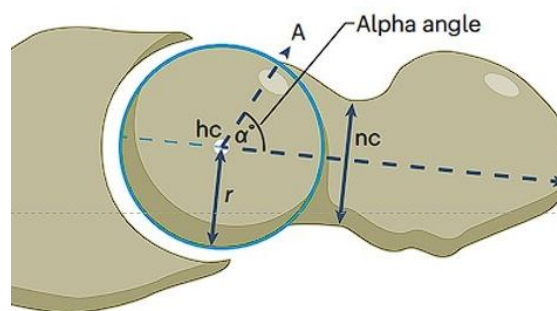


Рисунок 2.7 Оценка α -угла: O - центр головки бедренной кости; r - радиус головки; A - точка начала асферичности; α - угол между осью шейки и линией O–A.

- Угол α - определяется на рентгенограммах тазобедренного сустава, выполненных в проекции Лаунштейна. Для его измерения проводят две линии: первую - через центр головки бедренной кости вдоль оси шейки; вторую - от центра головки до точки начала костного выступа (экзостоза), расположенного на передне-латеральной поверхности шейки. Данный показатель характеризует наличие и выраженность сам-деформации в зоне перехода головки в шейку бедренной кости. В норме угол α составляет менее 55° . Превышение указанного значения свидетельствует о наличии патологического костного выступа, который является анатомическим субстратом ФАИ сам-типа (рисунок 2.7).

Показатели, характеризующие пространственные взаимоотношения между компонентами сустава:

- Индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) - определяют по данным рентгенографии тазобедренного сустава в передне-задней проекции. Показатель отражает степень соответствия формы и пространственного положения головки бедренной кости и вертлужной впадины и рассчитывается на основании соотношения их геометрических параметров (радиусов кривизны и положения центров) (рисунок 2.8).

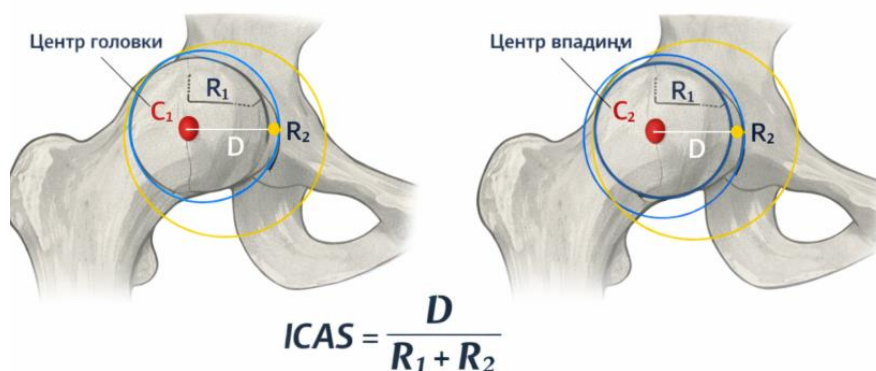


Рисунок 2.8. Индекс ICAS. C_1 - центр головки бедренной кости; C_2 - центр вертлужной впадины; R_1 - радиус окружности, аппроксимирующей головку бедренной кости; R_2 - радиус окружности, аппроксимирующей вертлужную впадину; D - расстояние между центрами C_1 и C_2 .

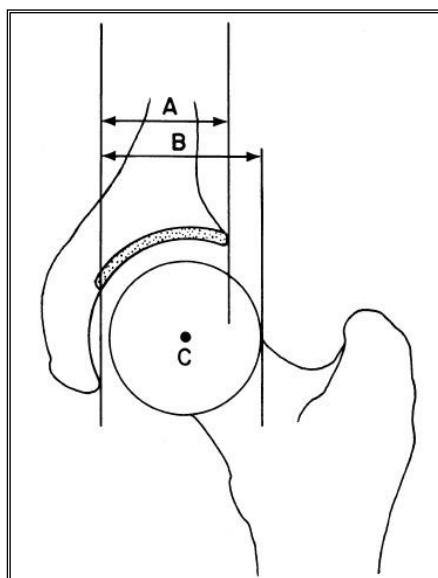


Рисунок 2.9 Определение АНІ: $(A/B) \times 100 = X\%$.

- Индекс костного покрытия головки бедренной кости (АНІ) - показатель вычисляют как отношение ширины покрытой части головки (расстояние A) к её общему поперечному размеру (расстояние B), выраженное в процентах. (рисунок2.9).
- Величина латерального и краниального смещения головки бедренной кости - определяется по данным рентгенографии тазобедренного сустава в передне-задней проекции и характеризует отклонение центра головки относительно центра вертлужной впадины.

Латеральное смещение представляет собой расстояние между центрами головки бедренной кости и вертлужной впадины по горизонтали, тогда как краниальное смещение - аналогичное расстояние по вертикали. (рисунок 2.10).

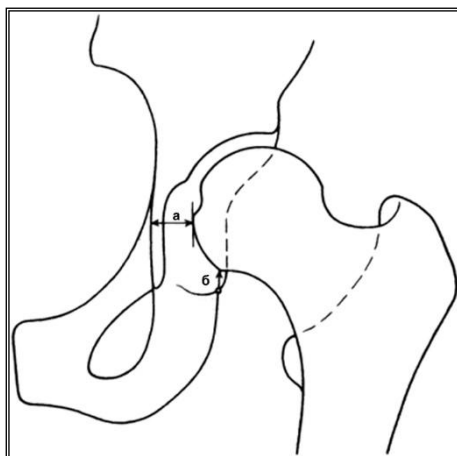


Рисунок 2.10 Определение величин смещения головки бедренной кости: А - латерального; Б – краниального.

- Артикуло-трохантерное расстояние (АТД) - характеризует пространственное соотношение между суставной поверхностью головки бедренной кости и большим вертелом и определяется как вертикальное расстояние между верхним полюсом головки бедренной кости и вершиной большого вертела по данным рентгенографии в передне-задней проекции (рисунок 2.11).

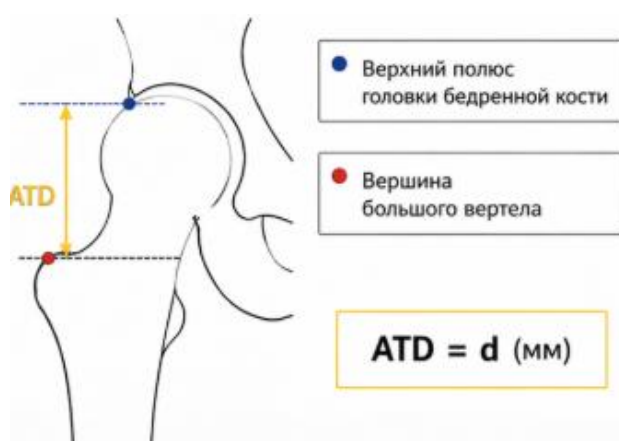


Рисунок 2.11 Определение величины АТД.

2.3.2. Компьютерно-томографическое исследование

Всем пациентам 11–17 лет выполняли компьютерную томографию тазобедренных суставов с последующим построением трехмерной 3D-модели. Это исследование использовали для более точной оценки формы головки бедренной кости, пространственного положения проксимального отдела бедра и особенностей суставных взаимоотношений.

КТ выполняли при стандартной укладке пациента. Ребенок находился в положении лежа на спине, при этом нижние конечности располагали нейтрально. Чтобы избежать ротационного смещения во время исследования, ноги дополнительно фиксировали в области голеностопных суставов (рисунок 2.12).

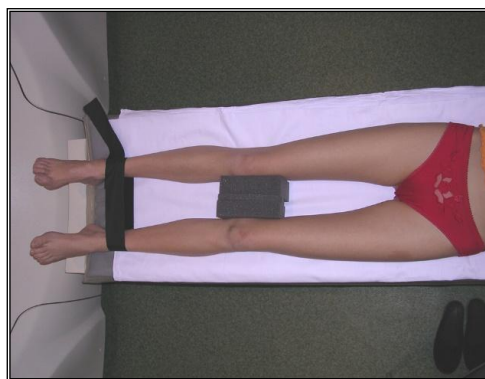


Рисунок 2.12. Укладка больного .

Полученные томографические данные использовали для детальной оценки пространственной анатомии проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины, а также для последующего 3D-моделирования, предоперационного планирования и расчёта рентгенометрических показателей.

Исследование начинали с выполнения топограммы - обзорной цифровой рентгенограммы области тазобедренного сустава.

По топограмме устанавливали границы сканирования. Обычно область исследования охватывала зону от надвертлужной части подвздошной кости до мышечков бедренной кости (рисунок 2.13).

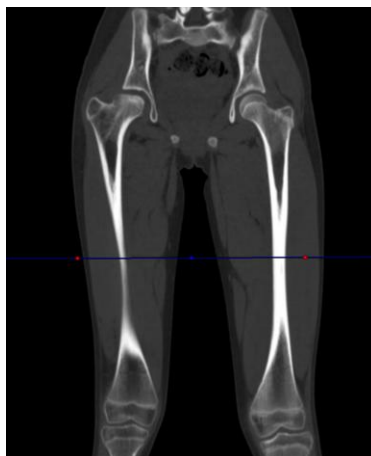


Рисунок 2.13 Топограмма тазобедренного сустава.

Компьютерную томографию тазобедренных суставов выполняли в спиральном режиме с индивидуальным подбором параметров сканирования. Объем исследования определяли с учетом возраста ребенка, массы тела, конституциональных особенностей и клинической задачи.

Толщину срезов и остальные технические параметры подбирали таким образом, чтобы получить изображения, достаточные для последующего анализа костных структур и построения трехмерной реконструкции. Продолжительность исследования была небольшой и зависела от выбранного протокола сканирования.

Лучевая нагрузка варьировала в зависимости от возраста пациента, объема исследования и технического режима КТ. Во всех случаях соблюдали принцип ALARA, то есть стремились получить необходимую диагностическую информацию при минимально возможной дозе облучения.

Для сопоставления следует отметить, что при стандартной полипозиционной рентгенографии тазобедренных суставов суммарная лучевая нагрузка обычно составляет 0,3–1,6 мЗв.

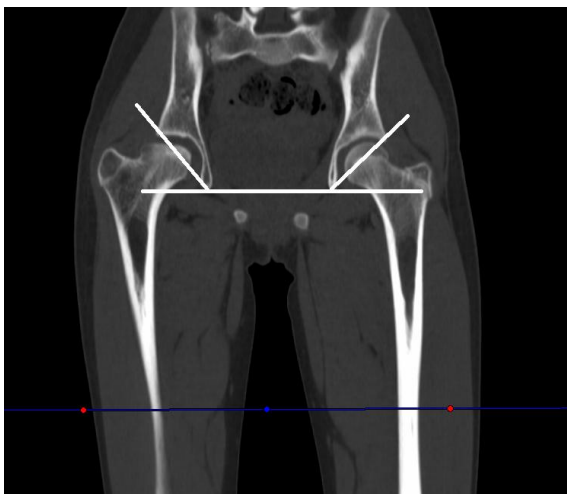


Рисунок 2.14 Измерение угла наклона впадины во фронтальной плоскости

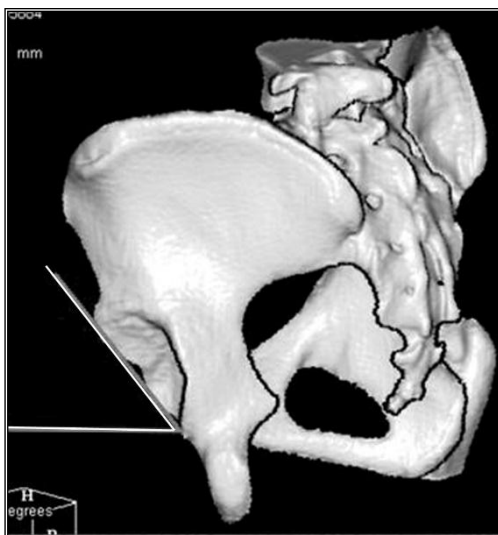


Рисунок 2.15 Оценка угла наклона впадины в сагиттальной плоскости.

Положение вертлужной впадины в пространстве определяли по двум параметрам: углу ее наклона во фронтальной плоскости (рисунок 2.14) и углу наклона в сагиттальной плоскости (рисунок 2.15).

Полученные данные использовали для детальной оценки анатомии вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости, а также их пространственных взаимоотношений. Расчёт рентгенометрических показателей проводили по аналогии с методикой, применяемой при анализе стандартных рентгенограмм, с учётом преимуществ трёхмерной визуализации.

При стандартном рентгенологическом исследовании оценка пространственной ориентации проксимального отдела бедренной кости осуществляется лишь косвенно - с использованием расчетных таблиц, в частности, по методу Н. Strzyzewski (1966). В отличие от рентгенографии, компьютерная томография позволяет непосредственно измерять истинные значения шеечно-диафизарного угла и угла антеторсии с высокой точностью - до $0,1^\circ$.

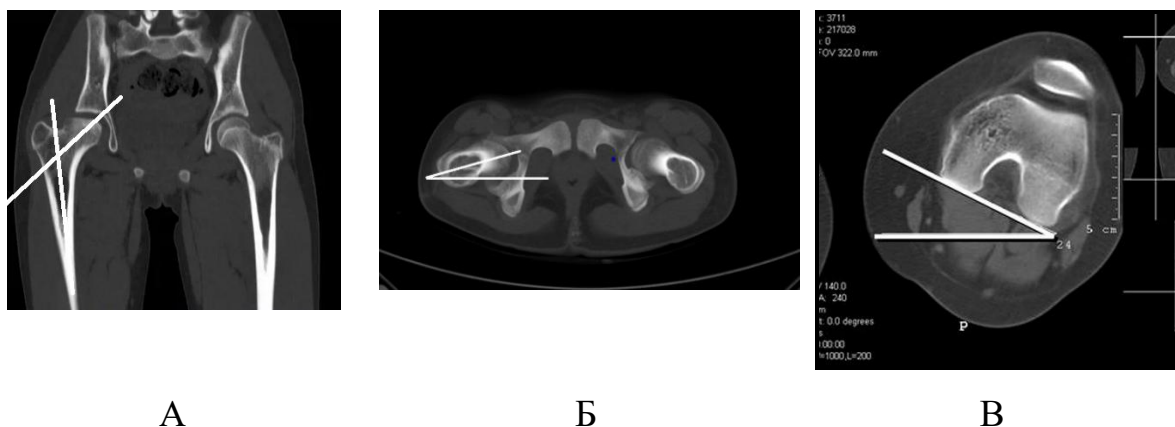


Рисунок 2.16. Определение пространственного положения проксимального отдела бедренной кости: А - оценка истинного шеечно-диафизарного угла; Б - определение угла антеторсии; В - измерение по дополнительному аксиальному срезу на уровне мыщелков бедренной кости.

Для повышения точности определения угла антеторсии была введена поправка на возможную погрешность, связанную с положением конечности пациента; соответствующая коррекция выполняется на основании данных дополнительного аксиального сканирования, проводимого через область мыщелков бедренной кости. (рисунок 2.16).

Для анализа взаимоотношений между вертлужной впадиной и головкой бедренной кости определяли угол Виберга (WBS) и угол переднего покрытия головки бедренной кости (рисунок 2.17, 2.18). Дополнительно рассчитывали коэффициент костного покрытия во фронтальной и сагиттальной плоскостях, что позволяло более полно оценить степень покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной (рисунок 2.19).



Рисунок 2.17 Оценка WBS.



Рисунок 2.18 Оценка угла переднего покрытия.



А



Б

Рисунок 2.19 Оценка коэффициента костного покрытия: А - во фронтальной плоскости; Б - в сагиттальной плоскости.

Определяли величину латерального и краниального смещения головки бедренной кости (рисунок 2.20), расстояние от центра вращения головки бедренной кости до срединной линии тела (рисунок 2.21).



Рисунок 2.20 Определение величины латерального и краниального смещения головки бедренной кости.

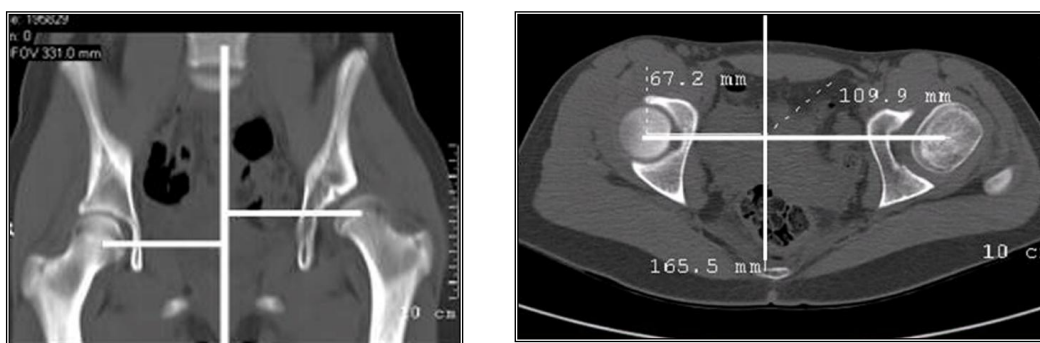


Рисунок 2.21 Определение расстояния от центра вращения головки бедренной кости до срединной линии тела.

При оценке результатов лучевого обследования отдельно анализировали признаки дегенеративно-дистрофических изменений тазобедренного сустава. В первую очередь учитывали состояние суставной щели: ее ширину, равномерность и сохранность на разных участках. Также обращали внимание на наличие костных кист. Оценивали их локализацию, степень сформированности и возможное сообщение с полостью сустава. Дополнительно изучали состояние субхондральной кости и ход костных трабекул, сопоставляя их направление с

основными линиями механической нагрузки на тазобедренный сустав (рисунок 2.22).

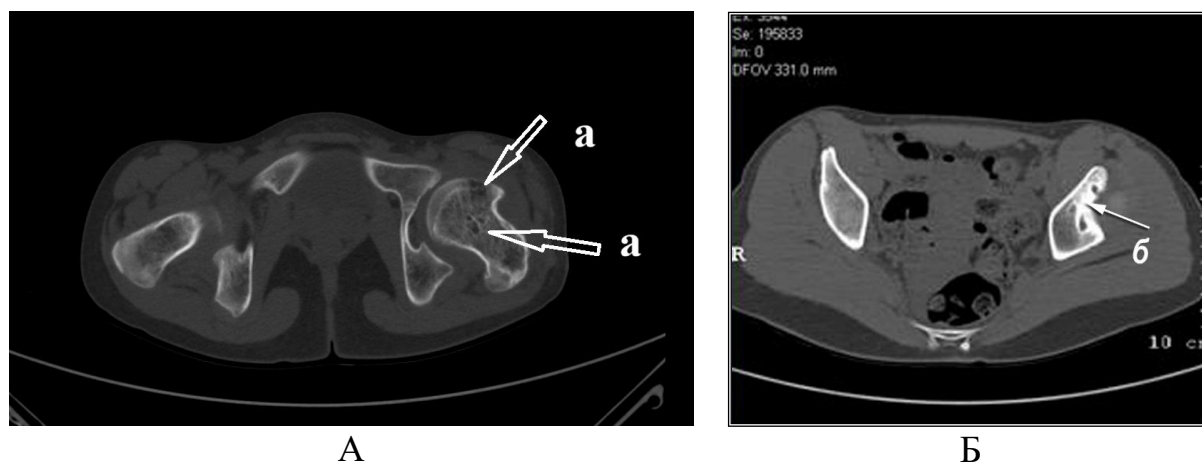


Рисунок 2.22 Рентгенологические проявления дегенеративно-дистрофических изменений тазового и бедренного компонентов тазобедренного сустава: А - оценка суставной щели, наличие и расположение костных кист, степень их сформированности и связь с полостью сустава; Б - характеристика субхондрального костного слоя.

Благодаря возможности послойного сканирования компьютерная томография даёт гораздо больше информации о состоянии тазобедренного сустава, чем обычная рентгенография. На аксиальных срезах можно оценить поперечные размеры вертлужной впадины на разных уровнях, что позволяет более точно сопоставить её с головкой бедренной кости (рисунок 2.23).

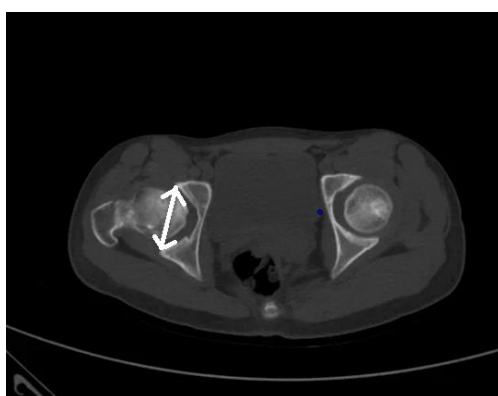


Рисунок 2.23. Измерение поперечного размера вертлужной впадины.

На аксиальных срезах также рассчитывали угол горизонтального соответствия (рисунок 2.24) и изучали степень покрытия головки бедренной кости передним и задним краями вертлужной впадины. Эти параметры давали представление о стабильности сустава и положении бедренного компонента в сагиттальной плоскости (рисунок 2.25).

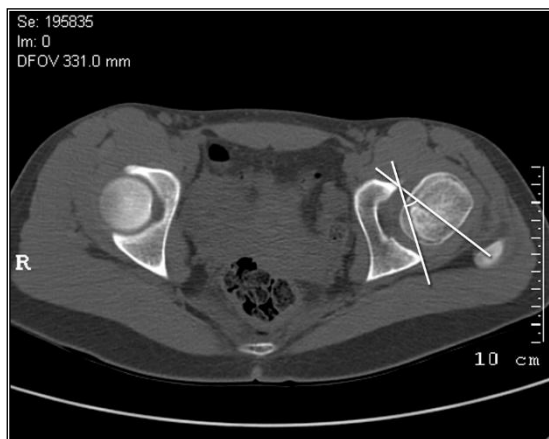


Рисунок 2.24 Измерение угла горизонтального соответствия.

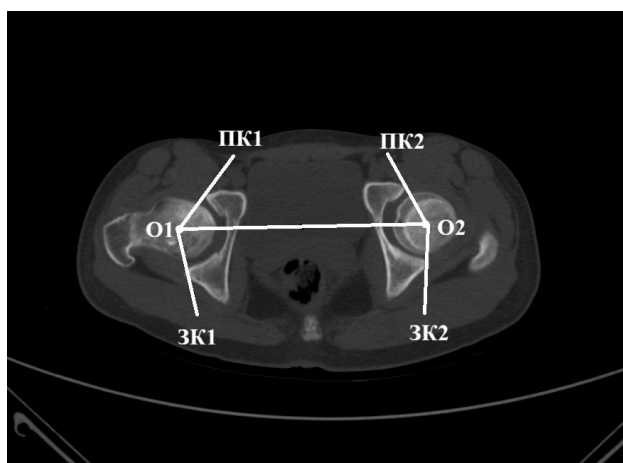


Рисунок. 2.25 Оценка ацетабулярного покрытия головки бедренной кости передним и задним краями вертлужной впадины. На томографическом срезе через центр головок обозначены: O1, O2 — центры головок бедренных костей; ПК1, ПК2 — передние края вертлужных впадин; ЗК1, ЗК2 — задние края вертлужных впадин; УПП — угол переднего покрытия; УЗП — угол заднего покрытия; УСП — угол суммарного покрытия.

Компьютерная томография давала возможность получать дополнительные реконструированные изображения в необходимых плоскостях. Это позволяло

более подробно оценить тазовый и бедренный компоненты тазобедренного сустава, уточнить расположение и протяженность вторичных изменений, а также определить признаки дегенеративно-дистрофического поражения. К таким изменениям относили субхондральный склероз, кистовидную перестройку костной ткани и проявления остеопороза (рисунок 2.26).

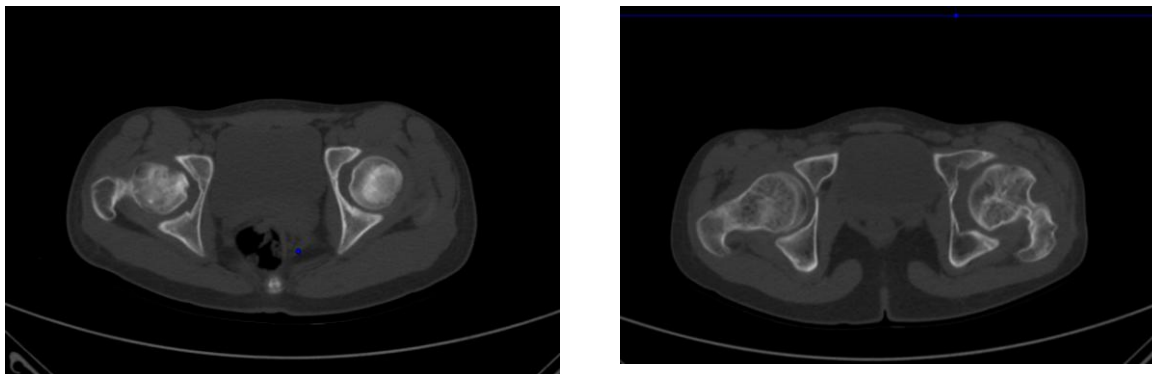


Рисунок 2.26 Оценка дегенеративно-дистрофических изменений тазового и бедренного компонентов тазобедренного сустава.

Для более наглядной оценки тазобедренного сустава выполняли объемные 3D-реконструкции. Они позволяли рассматривать бедренный и тазовый компоненты в реальном масштабе, оценивать их взаимное положение и характер деформации с разных углов обзора.

Дополнительно использовали возможность раздельного построения трехмерных моделей проксимального отдела бедренной кости и ацетабулярного компонента. Такой подход повышал информативность исследования, поскольку позволял отдельно анализировать форму каждого компонента тазобедренного сустава и их пространственные взаимоотношения (рисунок 2.27).

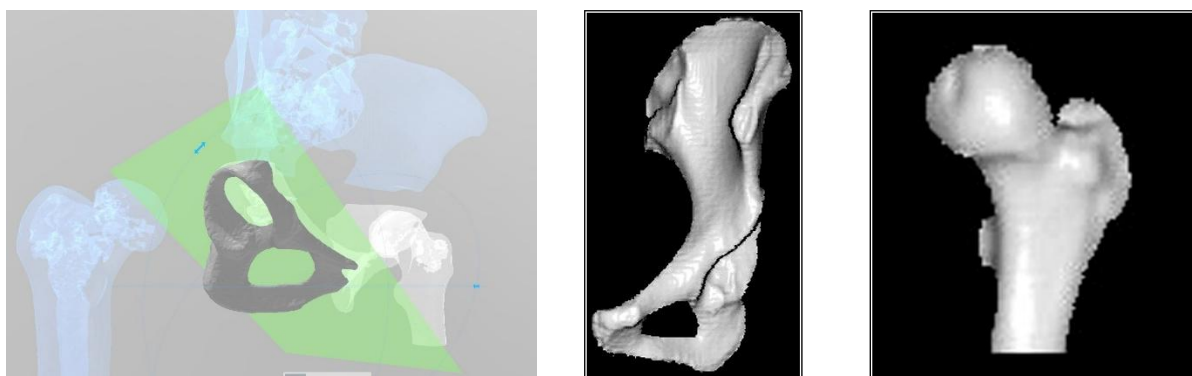
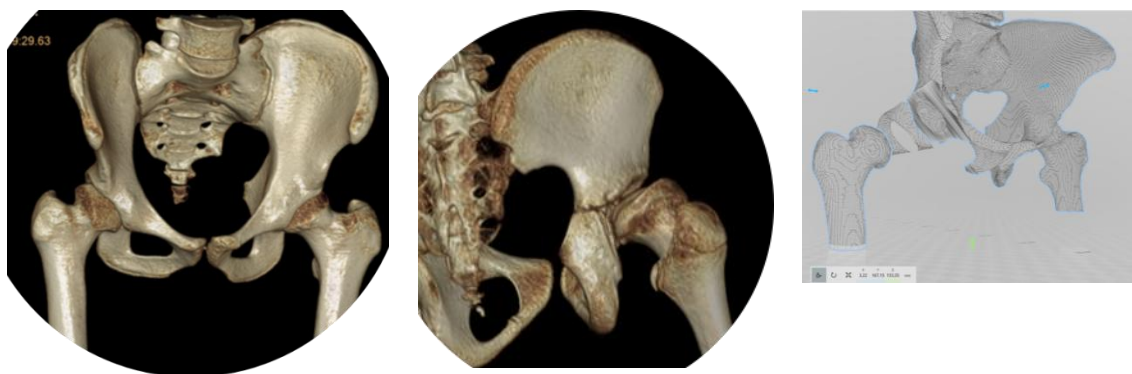


Рисунок 2.27 Трёхмерное изображение бедренного и ацетабулярного компонентов тазобедренного сустава.

2.3.3 Метод 3D-моделирования и прототипирования

После того как пациент с ПДГБК проходил полное обследование, данные МСКТ сохраняли в формате DICOM. Толщина срезов составляла 1 мм — это позволяло использовать материал не только для оценки анатомии, но и для последующего 3D-моделирования. Затем DICOM-файлы загружали в программу PME Planner (Polygon Medical Engineering). Трёхмерную модель строили с помощью Mimics Medical v.19.0. В PME Planner хирург мог заранее, в виртуальном режиме, воспроизвести ход операции, спланировать этапы резекции, уточнить объём вмешательства и определить ключевые параметры (рисунок 2.28). Это помогало более точно подготовиться к реальному вмешательству. После виртуального планирования по полученным данным проектировали и изготавливали персонафицированные шаблоны-направители. Их создавали методом 3D-печати, что в дальнейшем позволяло использовать их непосредственно во время операции для более точного выполнения резекции и коррекции положения головки бедренной кости.



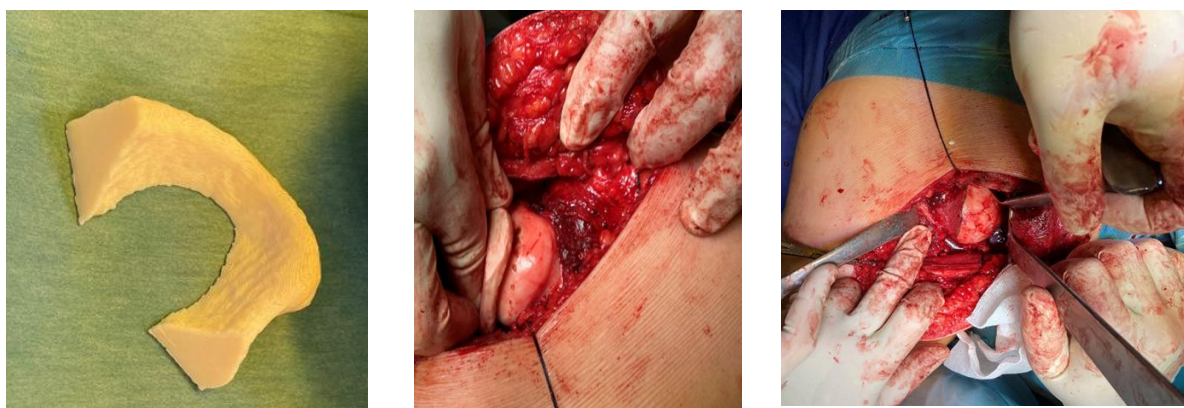
А

Б

В

Рисунок 2.28 Предоперационное планирование хирургического вмешательства в программе PME Planner (Polygon Medical Engineering): А - сегментация изображения, полученного при МСКТ; Б, В - моделирование резекции головки бедренной кости и многоплоскостной коррекции положения проксимального отдела бедра.

На основании данных МСКТ выделяли контур вертлужной впадины на стороне поражения. Выполняли виртуальный срез по краю вертлужной впадины, создавая трехмерную модель её интактной части. Полученную модель экспортировали в формате STL. Затем в программе для 3D-моделирования проектировали шаблон-направитель, внутренняя поверхность которого точно соответствовала контуру края вертлужной впадины. Для надежной фиксации на кости добавляли опорные элементы, ориентированные на стабильные анатомические структуры (большой вертел, межвертельная ямка). Готовую модель шаблона загружали в программное обеспечение 3D-принтера и изготавливали методом FDM-печати на принтере Fortus 450mc (Stratasys, США) из биосовместимого материала. После печати шаблон стерилизовали и использовали интраоперационно для точного определения зоны резекции (рис 2.29)..



А

Б

В

Рисунок 2.29 Применение индивидуальных навигационных шаблонов: А - шаблон-направитель, повторяющий контур края вертлужной впадины и предназначенный для моделирующей резекции головки бедренной кости; Б, В - использование шаблона во время операции для выполнения резекции головки бедренной кости.

2.3.4. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансную томографию тазобедренных суставов выполняли всем пациентам на дооперационном этапе с целью оценки состояния костно-хрящевых структур, выявления признаков ФАИ и уточнения характера внутрисуставных изменений.

Исследование проводили на высокопольном магнитно-резонансном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл в стандартных режимах T1-, T2-взвешенных изображений, а также с использованием последовательностей с подавлением сигнала от жировой ткани (STIR, PDFS) в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях.

При анализе МР-томограмм оценивали:

1. состояние гиалинового хряща головки бедренной кости;
2. степень хондромалиции по классификации Outerbridge;
3. сферичность головки бедренной кости по методу Mose;

4. величину угла α ;
5. наличие отека костного мозга и субхондральных кист;
6. состояние суставной губы вертлужной впадины.

МРТ позволяла выявить степень асферичности головки бедренной кости, выраженность дегенеративно-дистрофических изменений суставного хряща, наличие повреждений суставной губы и сопутствующих признаков хронического импинджмента.

Полученные данные использовали для уточнения показаний к хирургическому лечению, определения объема оперативного вмешательства, а у пациентов основной группы - для выполнения предоперационного 3D-планирования моделирующей резекции головки бедренной кости.

2.3.5 Статистические методы исследования

Статистический анализ проводили с использованием пакетов STATTECH и Microsoft Excel 2021.

На начальном этапе выполнили описательную статистику: для количественных данных рассчитали среднее арифметическое (m) и стандартное отклонение (σ). Затем оценили характер распределения и проверили его соответствие нормальному закону.

При сравнении двух независимых групп по одному количественному признаку применяли непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Для зависимых выборок использовали критерий Уилкоксона. Связь между переменными анализировали с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$, то есть при вероятности ошибки первого рода менее 5%.

Характеристика клинического материала, выбранный дизайн и методы статистической обработки позволили полноценно решить все поставленные в работе задачи.

ГЛАВА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Целью данного этапа работы явилось выявление типичных клинико-рентгенологических проявлений посттравматических деформаций, определение ключевых рентгенометрических параметров, характеризующих степень деформации головки и нарушение пространственных соотношений в суставе, а также обоснование дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции. Полученные данные позволили установить критерии, определяющие показания к выполнению внесуставных и внутрисуставных вмешательств у детей данной категории.

3.1 Результаты клинического метода исследования

При анализе анамнестических данных уточняли возраст появления первых клинических признаков заболевания, а также сроки, в которые пациенту был впервые установлен диагноз.

Средний возраст верификации патологии у пациентов основной группы исследования составил $9,2 \pm 1,8$ года, в контрольной группе - $9,5 \pm 2,1$ года ($p > 0,05$). Характерно, что у большинства детей обеих групп (82,3%) первые симптомы заболевания (хромота, умеренный болевой синдром, ограничение подвижности в суставе) появлялись за 6 -12 месяцев до момента установки окончательного диагноза, что свидетельствует о поздней диагностике ПДГБК у детей.

При сборе анамнеза у всех 90 пациентов были детализированы характер, продолжительность и объем консервативной терапии, проводившейся по месту жительства до обращения в клинику института. Установлено, что все пациенты получали различные варианты консервативного лечения, однако его характер и интенсивность существенно варьировали. Ортопедический режим, включавший

ограничение осевых нагрузок, исключение бега и прыжков, а также использование дополнительной опоры при ходьбе, был рекомендован 68 пациентам (75,6%). Однако строго соблюдался лишь в 23 наблюдениях (25,6%). Несоблюдение рекомендованного ортопедического режима расценено как один из факторов, неблагоприятно влияющих на результаты консервативной терапии и способствующих прогрессированию деформации.

Медикаментозное лечение (нестероидные противовоспалительные препараты, сосудистые средства, хондропротекторы) получали 52 пациента (57,8%), преимущественно короткими курсами продолжительностью 2 -3 недели в период обострения болевого синдрома. Физиотерапевтическое лечение проводили 71 пациенту (78,9%) и включало электрофорез кальция и эуфиллина (48 пациентов, 53,3%), магнитотерапию (29 пациентов, 32,2%), лазеротерапию (18 пациентов, 20,0%), УВЧ (15 пациентов, 16,7%). Количество курсов варьировало от 1 до 4, составляя в среднем $2,1 \pm 0,8$ курса, продолжительность каждого курса - 10 -14 дней. Лечебная физкультура и массаж назначались 62 пациентам (68,9%), однако систематичность занятий и контроль за правильностью выполнения упражнений в амбулаторных условиях отсутствовали. Санаторно-курортное лечение получили 19 пациентов (21,1%).

Анализ эффективности проведенного консервативного лечения показал, что, несмотря на проводимую терапию, ни у одного ребенка не было достигнуто спонтанного ремоделирования головки бедренной кости или стойкого регресса клинической симптоматики. У 76 пациентов (84,4%) отмечено прогрессирование деформации по данным рентгенологического контроля, у 68 (75,6%) - нарастание болевого синдрома и ограничение амплитуды движений в суставе. При этом следует отметить, что ортопедический режим, рекомендованный 68 пациентам (75,6%), строго соблюдался лишь в 23 случаях (25,6%), что могло дополнительно отягощать течение заболевания. Однако, даже у пациентов с полным соблюдением всех рекомендаций положительной динамики достигнуто не было. Полученные данные свидетельствуют о недостаточной эффективности консервативных методов в лечении уже сформировавшихся постишемических

деформаций III типа и обосновывают необходимость своевременного хирургического вмешательства. Кроме того, у пациентов обеих групп исследования выявлена поздняя верификация диагноза: в среднем через $11,7 \pm 2,3$ месяцев от появления первых клинических симптомов (хромоты, болевого синдрома). Указанные факторы в сочетании с объективной резистентностью сформировавшейся деформации к консервативной терапии создали неблагоприятный фон для течения заболевания и способствовали формированию необратимых структурных изменений проксимального отдела бедренной кости.

3.1.1 Жалобы пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости

Анализ анамнестических данных показал, что основными жалобами при поступлении являлись боли в области пораженного тазобедренного сустава, отмеченные у 83% пациентов, и хромота различной степени выраженности, зафиксированная у 54% обследованных. Болевой синдром носил типичный механический характер, возникая или усиливаясь к концу дня, после физической нагрузки и длительной ходьбы (более 30 -40 минут непрерывной ходьбы).

Пациенты старшей возрастной группы (14 -15 лет) дополнительно указывали на выраженное ограничение привычной повседневной активности: невозможность заниматься подвижными видами спорта, участвовать в занятиях аэробикой, шейпингом, танцами, что сопровождалось формированием психологического дискомфорта и снижением качества социальной адаптации.

Проведенный анализ клинических проявлений заболевания у детей с ПДГБК выявил характерный комплекс болевого синдрома и функциональных нарушений. В основной группе нарушения походки и болевой синдром в области пораженного тазобедренного сустава отмечались у 30 из 40 пациентов (75%). Чаще всего боль появлялась во второй половине дня, а также после непродолжительной физической нагрузки или длительного пребывания в одном положении. Подобный характер жалоб указывал на снижение функциональных

возможностей тазобедренного сустава и уменьшение его способности переносить привычную повседневную нагрузку без возникновения болевого синдрома.

У 25 пациентов (62,5%) кроме жалоб на тазобедренный сустав были и боли в пояснице. Они возникали после долгого сидения, подъёма тяжестей и даже после лёгкой нагрузки. Скорее всего, это связано с тем, что организм пытается приспособиться к нарушенной работе сустава, и из-за этого меняется биомеханика позвоночника. Похожие данные получены и в контрольной группе — там нарушения походки и боли в суставе отмечались у 44 детей (88%), а боли в пояснице — у 30 (60%). У 6 детей (12%) жалоб вообще не было.

В контрольной группе наблюдалась сходная клиническая картина. Нарушение походки и боли в области тазобедренного сустава были зарегистрированы у 44 пациентов (88%), а болевой синдром в поясничном отделе позвоночника - у 30 детей (60%).

Такая высокая частота сопутствующих болей в позвоночнике подчеркивает значимость биомеханических нарушений, возникающих при ПДГБК.

Интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью визуально-аналоговой шкалы (VAS). Данный метод выбран в связи с его простотой, воспроизводимостью и высокой корреляцией с субъективным восприятием боли у детей старшего возраста и подростков. У подавляющего большинства пациентов обеих групп исследования исходно регистрировали болевой синдром умеренной и средней интенсивности: средний балл по VAS в основной группе составил $5,2 \pm 1,4$, в контрольной - $5,0 \pm 1,6$. Боли носили механический характер, возникали при ходьбе, длительном стоянии и физической нагрузке, что подтверждало наличие ФАИ и несостоятельность компенсаторных механизмов сустава.

С целью объективной оценки функционального статуса и качества жизни пациентов использовали две валидированные шкалы, выбор которых обусловлен их специфичностью и чувствительностью к различным аспектам патологии тазобедренного сустава у детей.

Таблица 3.1

Сравнительная характеристика показателей качества жизни пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости по данным опросника PedsQL 4.0 до хирургического лечения (M±SD, баллы)

Сфера функционирования	Основная группа (n=40) M±SD	Контрольная группа (n=50) M±SD	Нормативные значения*
	До операции	До операции	
Физическое функционирование	62,4 ± 5,8	63,1 ± 6,2	85 -95
Эмоциональное функционирование	68,2 ± 6,4	69,5 ± 5,9	80 -90
Социальное функционирование	70,5 ± 5,2	71,2 ± 5,7	85 -95
Школьное функционирование	65,8 ± 7,1	66,4 ± 6,8	80 -90
Общий балл	66,7 ± 6,1	67,5 ± 6,2	85 -95

Примечание: * - нормативные значения для здоровых детей соответствующего возраста (по данным Varni J.W. et al., 2001); выделены значения, достигнутые после лечения в основной группе, которые соответствуют нормативным показателям.

Оценку качества жизни проводили с помощью педиатрического опросника PedsQL 4.0 (Pediatric Quality of Life Inventory), который позволяет комплексно оценить четыре сферы активного функционирования ребенка: физическую, эмоциональную, социальную и школьную. Анализ показал значительное снижение качества жизни у пациентов обеих групп исследования до операции: наиболее выраженные нарушения отмечались по шкале физического функционирования (ограничение подвижности, снижение толерантности к нагрузке, трудности при ходьбе и беге) и эмоционального благополучия (тревога, страх перед болью, раздражительность). Средний общий балл PedsQL 4.0 по данным таблицы 3.1 в основной группе составил 68,4±6,2, в контрольной -

69,1±5,8, что свидетельствует о серьезном негативном влиянии заболевания на повседневную активность и психоэмоциональный статус ребенка.

С целью объективной оценки выраженности функциональных ограничений, связанных с патологией тазобедренного сустава, у пациентов обеих групп использовали специализированный ортопедический опросник Harris Hip Score (HHS). Выбор данного инструмента обусловлен его высокой специфичностью в отношении патологии тазобедренного сустава, широкой валидацией в клинических исследованиях и чувствительностью к динамике функциональных нарушений при различных заболеваниях данной локализации. Шкала HHS включала оценку болевого синдрома, функциональной активности, амплитуду движений в суставе и наличие деформации, что позволяло комплексно оценить состояние сустава до и после хирургического вмешательства. Максимальная сумма составляла 100 баллов, что соответствовало нормальному состоянию сустава.

Анализ результатов, полученных до операции, показал сопоставимые значения в обеих группах исследования. В основной группе средний балл HHS составил $58,3 \pm 6,2$ балла, в контрольной группе - $59,1 \pm 5,8$ балла ($p > 0,05$). Согласно общепринятым критериям интерпретации, данные значения соответствовали умеренной степени функциональных нарушений. Пациенты отмечали эпизодические ограничения при длительной ходьбе, беге и занятиях спортом, однако сохраняли способность к самообслуживанию и выполнению повседневных бытовых задач. Наиболее низкие показатели были зарегистрированы по субшкалам, оценивающим болевой синдром и толерантность к физической нагрузке.

Вместе с тем наличие функциональных ограничений у пациентов с уже сформированной деформацией головки бедренной кости свидетельствовало о снижении функциональных резервов сустава и неспособности выдерживать физиологические нагрузки, соответствующие возрасту.

3.2 Особенности клинической картины у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости

Клиническое обследование выполнялось по стандартной ортопедической схеме, описанной В. О. Марксом (1978). Оно включало внешний осмотр пациента и количественную оценку ключевых признаков, связанных с патологией позвоночника и тазобедренных суставов. Врач оценивал походку, положение туловища, физиологические изгибы позвоночника, измерял длину нижних конечностей и объём движений в суставах с помощью гониометрии. Также проводились специальные тесты для выявления патомеханического конфликта между головкой бедренной кости и вертлужной впадиной. Такой подход позволял объективно зафиксировать нарушения, понять их характер и использовать полученные данные для планирования лечения и оценки его эффективности.

При осмотре в положении стоя у пациентов контрольной группы исследования отмечалось нарушение осанки в форме компенсаторной деформации поясничного отдела позвоночника в виде усиления поясничного лордоза у 45 пациентов (90%). Наружная ротация поражённой конечности в среднем составила $50 \pm 10^\circ$ и зафиксирована у 37 обследованных (74%). Гипотрофия мышц голени и бедренной кости, преимущественно I–II степени (умеренно выраженная, разница окружностей сегментов конечности составила от 1,5 до 3,0 см по сравнению со здоровой стороной), выявлена у 41 ребенка (82%). Контрактура приводящих мышц бедренной кости, обусловленная хроническим воспалительным процессом в тазобедренном суставе, диагностирована у 26 пациентов (52%). Ограничение внутренней ротации на стороне поражения (средняя амплитуда движений $50 \pm 10^\circ$ при норме не менее $30\text{--}40^\circ$) отмечено у 42 пациентов (84%).

У пациентов, включенных в основную группу, были выявлены идентичные патологические изменения. Усиление поясничного лордоза наблюдалось у 38 детей (95%), наружная ротация поражённой конечности ($45 \pm 7^\circ$) зафиксирована у 29 пациентов (72,5%), гипотрофия мышц бедренной кости и голени I–II степени -

у 33 обследованных (82,5%). Контрактура приводящих мышц бедренной кости выявлена у 31 ребенка (77,5%), ограничение внутренней ротации на стороне поражения ($55\pm 10^\circ$) - у 37 пациентов (92,5%). деформация поясничного отдела позвоночника компенсаторного характера в виде усиления лордоза - у 38 пациентов (95%); установка пораженной конечности в положении наружной ротации - у 29 пациентов (72,5%); гипотрофия мышечных групп бедренной кости и голени - у 33 пациентов (82,5%); контрактура приводящих мышц бедренной кости, обусловленная хроническим воспалительным процессом в тазобедренном суставе, - у 31 пациента (77,5%); ограничение внутренней ротации на стороне поражения - у 37 пациентов (92,5%).

При клинической оценке длины нижних конечностей у пациентов основной группы разница на стороне поражения была выявлена у 29 из 40 детей, что соответствовало 72,5% наблюдений. У 15 пациентов (37,5%) укорочение было небольшим и не превышало 1 см. Еще у 14 детей (35,0%) разница в длине конечностей достигала 2 см.

У 11 пациентов основной группы (27,5%) значимого укорочения пораженной нижней конечности при осмотре не отмечалось.

В контрольной группе подобные изменения встречались реже. Укорочение пораженной конечности было зафиксировано у 21 из 50 пациентов (42,0%). В 11 наблюдениях (22,0%) оно находилось в пределах 1 см, а у 10 пациентов (20,0%) составляло от 1,5 до 2 см. У большей части детей контрольной группы - 29 пациентов (58,0%) - значимого укорочения нижней конечности выявлено не было.

Анализ походки показал, что у пациентов обеих групп имелась хромота разной степени выраженности. В основной группе легкое нарушение походки отмечено у 27 детей (67,5%), средняя степень хромоты - у 13 пациентов (32,5%). В контрольной группе распределение было сходным: легкая хромота выявлена у 32 пациентов (64,0%), а средняя степень нарушения походки - у 18 детей (36,0%).

При объективном клиническом обследовании у всех пациентов выявлен характерный симптомокомплекс, отражающий анатомо-функциональные нарушения со стороны пораженного тазобедренного сустава. Относительное

укорочение нижней конечности на стороне поражения в среднем составило $3,3 \pm 1,5$ см, что превышает физиологические компенсаторные возможности и требует ортопедической коррекции.

Сравнительная характеристика частоты клинико-ортопедических показателей у пациентов с ПДГБК в основной и контрольной группе исследования представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Сравнительная характеристика клинико-ортопедических показателей у пациентов с постишемической деформацией головки бедренной кости в основной и контрольной группах

Наименование клинического параметра	Контрольная группа (n=50)	Основная группа (n=40)
Нарушения осанки и положения конечности		
Компенсаторная деформация поясничного отдела (усиление лордоза)	45 (90%)	38 (95%)
Наружная ротация пораженной конечности	37 (74%)	29 (72,5%)
Ограничение внутренней ротации	42 (84%)	37 (92,5%)
Мышечные изменения		
Гипотрофия мышц голени и бедренной кости (I-II степени)	41 (82%)	33 (82,5%)
Контрактура приводящих мышц бедренной кости	26 (52%)	31 (77,5%) *
Изменение длины конечностей		
Укорочение до 1 см	26 (52%)	24 (60%)
Укорочение до 2 см	12 (24%)	16 (40%)
Без клинически значимого укорочения	12 (24%)	0 (0%)
Нарушение походки		
Легкая степень хромоты	32 (64%)	27(67,5%)
Средняя степень хромоты	18 (36%)	13(32,5%)
Тяжелая степень хромоты	0 (0%)	0 (0%)

Примечание: * - различия между группами статистически значимы ($p < 0,05$).

Оценка амплитуды активных и пассивных движений в пораженном суставе (гониометрия) выявила умеренное ограничение подвижности в обеих группах исследования. В основной группе средние показатели амплитуды движений составили: сгибание - $108 \pm 6^\circ$, отведение - $24 \pm 5^\circ$, внутренняя ротация - $38 \pm 8^\circ$, наружная ротация - $44 \pm 12^\circ$. В контрольной группе: сгибание - $112 \pm 5^\circ$, отведение - $26 \pm 4^\circ$, внутренняя ротация - $42 \pm 7^\circ$, наружная ротация - $46 \pm 10^\circ$. Наиболее значимое ограничение относительно возрастной нормы (сгибание $120-130^\circ$, отведение $45-50^\circ$, внутренняя ротация $30-40^\circ$, наружная ротация $40-50^\circ$) отмечено для функции отведения в обеих группах, что свидетельствует о вовлечении в патологический процесс капсульно-связочного аппарата и наличии контрактуры приводящих мышц.

Специфические провокационные тесты для выявления ФАИ (FADIR и FABER, impingement-test) оказались положительными у 71 из 90 обследованных пациентов (78,8%), что подтверждает наличие механического конфликта между деформированной головкой бедренной кости и краем вертлужной впадины. Полученные данные показывают, что у пациентов обеих групп с ПДГБК клиническая картина имела сходный характер. Основным проявлением нарушения функции тазобедренного сустава была хромота, представленная преимущественно легкой и средней степенью выраженности.

Сравнительный анализ представленных в таблице данных о частоте клиничко-ортопедических показателей свидетельствовал об их выраженной идентичности в абсолютном и процентном соотношении у пациентов основной и контрольной групп. Можно сделать заключение об идентичности перечисленных показателей в обеих группах исследования, что свидетельствовало о сопоставимости выраженности патологических изменений тазобедренного сустава у детей с ПДГБК и возможности сравнения результатов исследований при дальнейшем их анализе.

3.3 Особенности лучевой картины у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости

Углубленное лучевое обследование было выполнено всем 90 пациентам, включенным в исследование. Всего проанализировано 100 тазобедренных суставов: 41 сустав у 40 пациентов основной группы и 59 суставов у 50 пациентов контрольной группы.

Для более детальной оценки состояния тазобедренного сустава использовали данные рентгенографии и компьютерной томографии. Это позволило выполнить комплексную рентгенометрию и изучить основные параметры, характеризующие тазовый и бедренный компоненты сустава.

При рентгенологическом анализе оценивали несколько ключевых параметров. Среди них — угол наклона опорной поверхности вертлужной впадины (WBS), шеечно-диафизарный угол (ШДУ), индексы сферичности впадины (ISA) и головки (ISH), артикуло-трохантерное расстояние (ATD), индекс конгруэнтности (ICAS), индекс покрытия головки (АПГ), угол Виберга (CEA), передне-центральный угол (VCA), а также углы латерального (LDA) и краниального смещения (SL). Эти показатели позволяют комплексно оценить состояние сустава.

Данные углубленного лучевого обследования пациентов с постишемическим поражением головки бедренной кости и их сопоставление с аналогичными рентгенометрическими параметрами, характерными для здоровых детей, представлены в таблице 3.3. Полученные результаты позволили охарактеризовать типичные изменения как со стороны проксимального отдела бедренной кости, так и со стороны вертлужной впадины, что соответствовало постишемическому характеру патологии.

Сравнительные данные рентгеноанатомических параметров тазобедренного сустава у пациентов обеих групп до операции

Рентгеноанатомический параметр	Контрольная группа (n=50) M±SD	Основная группа (n=40) M±SD	Нормативные показатели у здоровых детей	Уровень значимости (p)
Угол наклона опорной поверхности вертлужной впадины (WBS), °	25,3 ± 2,1	25,0 ± 2,5*	0 -10	<0,05
Шейно-диафизарный угол (ШДУ), °	141,5 ± 5,3	138,5 ± 5,8	125 -145	>0,05
Индекс сферичности вертлужной впадины (ISA)	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,85 -0,95	>0,05
Индекс сферичности головки бедренной кости (ISH)	0,70 ± 0,05	0,55 ± 0,08*	0,90 -0,98	<0,001
Артикуло-трохантерное расстояние (ATD), мм	-3,7 ± 0,3	-1,9 ± 1,1**	20 -25	<0,01
Индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS)	0,79 ± 0,07	0,75 ± 0,07*	0,95 -1,05	<0,05
Индекс покрытия головки бедренной кости (АИ)	0,62 ± 0,06	0,60 ± 0,06*	>0,75	<0,05
Угол Виберга (CEA), °	18 ± 0,4	15 ± 1,3*	25 -39	<0,05
Передне-центральный угол (VCA), °	4 ± 0,6	3 ± 2,0*	>25	<0,05
Угол латерального смещения головки (LDA), °	37 ± 2,5	30 ± 3,1*	0 -5	<0,05
Краниальное смещение головки бедренной кости (SL), мм	9,5 ± 1,0	8,7 ± 1,3*	<5	<0,05

Примечание: * - различия между группами статистически значимы (p <0,05); ** - p <0,01. Данные представлены как среднее арифметическое ± стандартное отклонение (M±SD). Статистическая значимость различий между группами оценивалась t-критерием Стьюдента для независимых выборок.

ПДГБК у обследованных пациентов характеризовались комплексными нарушениями рентгенологических параметров, отражающими как изменение формы головки бедренной кости, так и ее пространственного положения в вертлужной впадине.

Наиболее значимые отклонения наблюдались в следующих угловых показателях: угол Виберга (CEA) снижен до $18 \pm 0,4^\circ$ в контрольной группе и до $15 \pm 1,3^\circ$ в основной группе исследования при норме $25 - 39^\circ$, что обусловлено уплощением головки бедренной кости и уменьшением ее покрытия вертлужной впадиной. Передне-центральный угол (VCA) существенно уменьшен в среднем до $4 \pm 0,6^\circ$ в контрольной группе и до $3 \pm 2,0^\circ$ - в основной (норма $>25^\circ$) вследствие выраженного заднелатерального уплощения головки. Угол латерального смещения головки бедренной кости (LDA) значительно повышен до $37 \pm 2,5^\circ$ в контрольной группе и до $30 \pm 3,1^\circ$ в основной (норма $0-5^\circ$) из-за латеральной миграции деформированной головки.

Дополнительно отмечалось увеличение шейно-диафизарного угла (ШДУ) в контрольной и основной группе соответственно до $141,5 \pm 5,3^\circ$ и $138,5 \pm 5,8^\circ$ (норма $125-145^\circ$) с тенденцией к вертикализации оси шейки бедренной кости. Кроме того, выявлены отрицательные значения артикуло-трохантерного расстояния (ATD $-3,7 \pm 0,3$ мм и $-1,9 \pm 1,1$ мм соответственно, при норме $20 - 25$ мм), а также снижение индекса сферичности головки бедренной кости (ISH $0,70 \pm 0,05$ и $0,55 \pm 0,08$, при норме $0,90 - 0,98$), что в совокупности формирует «классический» рентгенологический синдром постишемической деформации.

Критически важным диагностическим признаком у обследованных пациентов являлось нарушение индексов формы суставных поверхностей (таблица 3.2). Индекс сферичности головки бедренной кости (ISH) значительно снижен - до $0,70 \pm 0,05$ в контрольной группе и до $0,55 \pm 0,08$ в основной при норме $0,90 - 0,98$, что отражает выраженную потерю сферичности и формирование "грибовидной" или "седловидной" деформации головки. Индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) уменьшен до $0,79 \pm 0,07$ и $0,75 \pm 0,07$ соответственно (норма $0,95 - 1,05$) вследствие несоответствия форм

деформированной головки бедренной кости и вертлужной впадины, а индекс покрытия головки бедренной кости (АНИ) снижен до $0,62 \pm 0,06$ и $0,60 \pm 0,06$ (норма $> 0,75$) в результате уменьшения площади контакта суставных поверхностей.

Линейные параметры также демонстрировали существенные отклонения: артикуло-трохантерное расстояние (АТД) отрицательное - $-3,7 \pm 0,3$ мм в контрольной группе и $-1,9 \pm 1,1$ мм в основной (норма 20 -25 мм), что свидетельствовало об укорочении шейки бедренной кости и гиперплазии большого вертела; показатель краниального смещения головки бедренной кости (SL) был повышен до $9,5 \pm 1,0$ мм и $8,7 \pm 1,3$ мм соответственно (норма < 5 мм) из-за подвывиха головки.

Степень выраженности нарушений у пациентов обеих групп коррелировала с тяжестью постишемической деформации: индексы формы (ISH, ICAS) были отклонены на 20 -40% от нормы, угловые параметры (CEA, VCA, LDA) - на 60 - 80%, линейные показатели (АТД, SL) - более чем на 100%.

Полученные при лучевом исследовании пациентов обеих групп исследования рентгенологические показатели тазобедренного сустава соответствовали развернутой стадии заболевания с формированием всех трех классических рентгенологических синдромов, характерных для ПДГБК. Это заключение подтверждено приведенными данными таблицы 3.2: синдром нарушения сферичности (ISH $0,70 \pm 0,05$ и $0,55 \pm 0,08 < 0,85$, ICAS $0,79 \pm 0,07$ и $0,75 \pm 0,07 < 0,85$, CEA $18 \pm 0,4^\circ$ и $15 \pm 1,3^\circ < 20^\circ$), синдром латеральной миграции (LDA $37 \pm 2,5^\circ$ и $30 \pm 3,1^\circ > 10^\circ$, SL $9,5 \pm 1,0$ мм и $8,7 \pm 1,3$ мм > 7 мм, АНИ $0,62 \pm 0,06$ и $0,60 \pm 0,06 < 60\%$) и синдром вертикализации головки с увеличением шейно-диафизарного угла (ШДУ) и отрицательными значениями артикуло-трохантерного расстояния (АТД $-3,7 \pm 0,3$ мм и $-1,9 \pm 1,1$ мм).

Показатели шейно-диафизарного угла (ШДУ) на пораженной стороне, хотя и демонстрировали снижение значений по сравнению со здоровой стороной ($141,5 \pm 5,3^\circ$ и $138,5 \pm 5,8^\circ$ против нормы 125-145°), не имели статистически достоверных различий ($p > 0,05$). Следует также отметить, что на стороне поражения показатель артикуло-трохантерного расстояния (АТД) был достоверно

ниже, чем на противоположной стороне ($p < 0,05$). Такое уменьшение отражает выраженность патологических изменений и указывает на укорочение и утолщение шейки бедренной кости в сочетании с высоким стоянием большого вертела.

На наш взгляд, данные нарушения связаны с изменением функционирования эпифизарной зоны роста головки бедренной кости, а также с расстройством нормального формирования зоны роста большого вертела.

Значения индекса сферичности головки бедренной кости (ISH) на пораженной стороне у обследованных пациентов были достоверно ниже ($p < 0,05$), чем на здоровой стороне ($0,70 \pm 0,05$ и $0,55 \pm 0,08$ соответственно, против нормы $0,90 - 0,98$ по данным таблицы 3.2). При этом значения индекса сферичности вертлужной впадины (ISA) не показали статистически значимых различий между пораженной и контралатеральной сторонами ($p > 0,05$). Формирование деформации головки бедренной кости приводило к выраженному нарушению конгруэнтности суставных поверхностей, что подтверждалось достоверными различиями ($p < 0,05$) в значениях индекса конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) между пораженным ($0,79 \pm 0,07$ и $0,75 \pm 0,07$) и здоровым суставами (норма $0,95 - 1,05$).

Сравнительный анализ двух независимых групп показал отсутствие статистически значимых различий по ключевым клинико-рентгенологическим характеристикам между пациентами основной и контрольной групп ($p > 0,05$). Таким образом, по анализируемым показателям пациенты, которым выполнялась моделирующая резекция, и пациенты после корригирующих остеотомий были сопоставимы. Это послужило основанием для последующего объединения данных обеих групп при выполнении корреляционного и регрессионного анализа.

Комплексное клинико-рентгенологическое обследование детей с ПДГБК выявило характерные патологические изменения: у 75 -88% пациентов присутствовали боли средней интенсивности в тазобедренном суставе (≥ 4 баллов по VAS) и ограничение амплитуды движений (сгибание $< 90^\circ$, отведение $< 20^\circ$). У 100% обследованных диагностировано нарушение биомеханики сустава с

ограничением движений во фронтальной и сагиттальной плоскостях, избыточной наружной ротацией (45-50°) и положительным FADIR-тестом у 81,6%, что свидетельствует о вовлечении суставной губы.

3.4 Результаты магнитно-резонансной томографии

Всем пациентам обеих групп исследования до оперативного лечения проводили магнитно-резонансную томографию тазобедренных суставов на высокопольном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл в T1- и T2-взвешенных режимах, а также с использованием последовательностей с подавлением сигнала от жировой ткани (STIR, PDFS) в коронарной, сагиттальной и аксиальной плоскостях. МРТ позволяло детально оценить состояние гиалинового хряща, выявить зоны хондромалиции, определить степень асферичности головки бедренной кости с использованием метода концентрических окружностей Mose, измерить угол α , характеризующий выраженность сат-деформации, а также визуализировать сопутствующие патологические изменения - отек костного мозга, субхондральные кисты и повреждения суставной губы. Сравнительные данные МРТ-показателей у пациентов обеих групп исследования с ПДГБК до операции представлены в таблице 3.4.

Сравнительный анализ МРТ-данных не выявил статистически значимых различий между группами ($p > 0,05$ по всем параметрам). В контрольной группе равномерный хрящ толщиной более 2 мм отмечен у 12 пациентов (24,0%), локальное истончение хряща до 1 -2 мм зафиксировано у 26 пациентов (52,0%), диффузное истончение (менее 1 мм) - у 12 пациентов (24,0%). В основной группе равномерный хрящ выявлен у 9 пациентов (22,5%), локальное истончение - у 21 (52,5%), диффузное истончение - у 10 (25,0%). При оценке степени хондромалиции по классификации Outerbridge в контрольной группе 0 степень (норма) зафиксирована у 8 пациентов (16,0%), поверхностные изменения (I-II

степень) - у 28 (56,0%), глубокие хрящевые дефекты (III-IV степень) - у 14 (28,0%). В основной группе аналогичные показатели составили: 0 степень - у 6 пациентов (15,0%), I-II степень - у 23 (57,5%), III-IV степень - у 11 (27,5%). Среднее значение угла α , характеризующего наличие и выраженность сам-деформации, в контрольной группе составило $62,4 \pm 5,8^\circ$, в основной группе - $63,1 \pm 6,2^\circ$ ($p > 0,05$). Патологические значения угла α ($>55^\circ$) выявлены в контрольной группе у 38 пациентов (76,0%), в основной группе - у 31 пациента (77,5%).

Таблица 3.4

Сравнительная характеристика МРТ-показателей у пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости в группах исследования до операции

Показатель	Контрольная группа (n=50)	Основная группа (n=40)	p-value
Состояние гиалинового хряща головки бедренной кости			
Равномерный хрящ, толщина >2 мм	12 (24,0%)	9 (22,5%)	$>0,05$
Локальное истончение (1 -2 мм)	26 (52,0%)	21 (52,5%)	$>0,05$
Диффузное истончение (<1 мм)	12 (24,0%)	10 (25,0%)	$>0,05$
Хондромалация по Outerbridge			
0 степень (норма)	8 (16,0%)	6 (15,0%)	$>0,05$
I -II степень (поверхностные изменения)	28 (56,0%)	23 (57,5%)	$>0,05$
III -IV степень (глубокие дефекты)	14 (28,0%)	11 (27,5%)	$>0,05$
Угол α (сам-деформация), $^\circ$	$62,4 \pm 5,8$	$63,1 \pm 6,2$	$>0,05$
Из них $>55^\circ$ (патологический)	38 (76,0%)	31 (77,5%)	$>0,05$
Сферичность головки по Mose			
Отклонение <2 мм (сферичная)	6 (12,0%)	5 (12,5%)	$>0,05$
Отклонение 2 -4 мм (умеренная асферичность)	28 (56,0%)	22 (55,0%)	$>0,05$
Отклонение >4 мм (выраженная асферичность)	16 (32,0%)	13 (32,5%)	$>0,05$
Отёк костного мозга	18 (36,0%)	15 (37,5%)	$>0,05$
Субхондральные кисты	14 (28,0%)	11 (27,5%)	$>0,05$
Повреждение суставной губы	22 (44,0%)	18 (45,0%)	$>0,05$

При оценке сферичности головки бедренной кости по методу Mose в контрольной группе сферичная форма головки (отклонение контура от идеальной окружности менее 2 мм) отмечена у 6 пациентов (12,0%), умеренная асферичность (отклонение 2 -4 мм) - у 28 пациентов (56,0%), выраженная асферичность (отклонение более 4 мм) - у 16 пациентов (32,0%). В основной группе сферичная форма головки зафиксирована у 5 пациентов (12,5%), умеренная асферичность - у 22 пациентов (55,0%), выраженная асферичность - у 13 пациентов (32,5%). Отёк костного мозга выявлен в контрольной группе у 18 пациентов (36,0%), в основной группе - у 15 пациентов (37,5%); субхондральные кисты визуализированы у 14 (28,0%) и 11 (27,5%) пациентов соответственно; повреждения суставной губы зафиксированы у 22 пациентов (44,0%) контрольной группы и у 18 пациентов (45,0%) основной группы. Межгрупповые различия по всем перечисленным параметрам статистически незначимы ($p > 0,05$).

Помимо подтверждения деформации хрящевой модели головки бедренной кости, МРТ позволила детально оценить состояние суставной губы вертлужной впадины. Эти данные важны для понимания механизмов развития ФАИ и планирования операции. Поскольку частота повреждений губы в группах была сопоставимой (44,0% и 45,0%), анализ характера и локализации изменений проводили на объединённой выборке пациентов с выявленной патологией. Среди всех повреждений преобладали продольные разрывы хондро-лабрального перехода без отслойки хряща — они встретились у 22 пациентов (55,0%). Горизонтальное расслоение губы с образованием кист выявлено у 12 пациентов (30,0%), а в 3 случаях (7,5%) кисты распространялись вдоль сухожилия подвздошно-поясничной мышцы. В подавляющем большинстве случаев (83,0%) повреждения локализовались в передне-верхнем квадранте вертлужной впадины, что объясняется наибольшей нагрузкой на эту зону и повторяющейся травматизацией на фоне импинджмента. У 8 пациентов (20,0% от общего числа с повреждениями) с преобладанием *pincher*-компонента деформации выявлена иная МР-картина изменений суставной губы. При длительном механическом воздействии головки или шейки бедренной кости на край вертлужной впадины

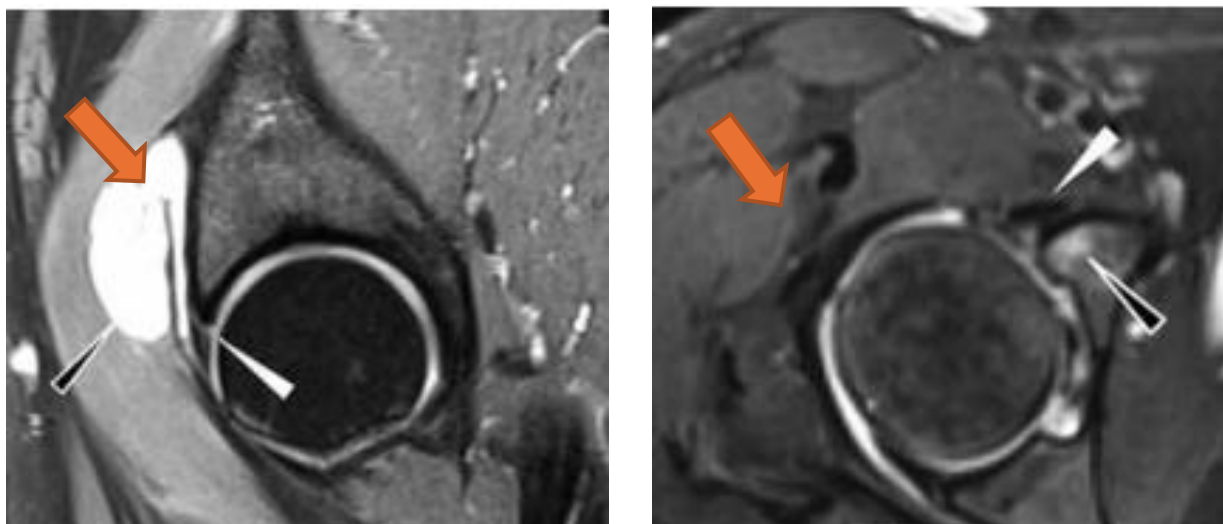
формировались изменения костной и мягкотканной структур этой области. В частности, отмечались костная метаплазия края вертлужной впадины и участки окостенения внутри суставной губы. По мере прогрессирования процесса костный край увеличивался и постепенно смещался в сторону суставной губы. В результате он частично перекрывал ее сверху, приводил к истончению, частичному замещению и ущемлению мягкотканного компонента.

У 5 пациентов (12,5%) определялись оссификаты непосредственно в толще суставной губы, у 3 (7,5%) - краевые костные разрастания вертлужной впадины, компремирующие суставную губу. Нормальная суставная губа визуализировалась у 50 пациентов (55,6% от общего числа) как треугольная структура слабого МР-сигнала с гладкими краями, плавно переходящая в хрящ вертлужной впадины или отделённая от него сублабральной бороздой.

На рисунке 3.1 представлены МР-томограммы тазобедренного сустава пациента с постишемической деформацией головки правой бедренной кости, выполненные в коронарной и аксиальной плоскостях. На коронарной проекции (Т2-ВИ с подавлением жира) визуализируется МР-картина разрыва суставной губы вертлужной впадины в передне-верхнем квадранте (белая стрелка) с формированием паралабральной кисты (черная стрелка). Разрыв губы возник вследствие хронической повторяющейся травматизации при патологическом контакте асферичной головки бедренной кости с краем вертлужной впадины. Кистозное образование, прилежащее к зоне разрыва, имеет четкие контуры, однородное содержимое с высоким МР-сигналом на Т2-ВИ, что соответствует жидкостному содержимому. Определяется истончение гиалинового хряща в зоне патологической нагрузки, субхондральный отек костной ткани головки бедренной кости.

На аксиальной проекции (PDFS) определяется МР-картина отека переднего края вертлужной впадины (черная стрелка) в проекции сухожилия подвздошно-поясничной мышцы (*m. psoas*, белая стрелка). Отек костной ткани свидетельствует о хронической перегрузке данного отдела вертлужной впадины при *pincer*-компоненте ФАИ. Сухожилие подвздошно-поясничной мышцы

проходит в непосредственной близости от зоны отека, что может обуславливать дополнительный болевой синдром при сгибании и внутренней ротации бедренной кости. Визуализируется также утолщение и деформация переднего отдела суставной губы с признаками интраабрального оссификата.



А

Б

Рисунок 3.1: А - МРТ-признаки повреждения губы вертлужной впадины с образованием кисты: белой стрелкой указан разрыв губы, черной - киста. Б - МРТ-картина отека переднего края вертлужной впадины: черная стрелка - зона отека, белая стрелка - сухожилие m. Psoas.

Проведенное комплексное клиническое обследование детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости позволило определить характерный для данной группы пациентов набор патологических признаков. Выявленные изменения имели сходную клиническую направленность и отличались статистической однородностью.

Результаты исследования продемонстрировали, что независимо от принадлежности к группе наблюдения, у подавляющего большинства пациентов отмечалась стереотипная клиническая картина.

К наиболее значимым и распространенным нарушениям относятся: компенсаторная деформация поясничного отдела позвоночника в виде усиления

лордоза (90 -95%), наружная ротационная установка и выраженное ограничение внутренней ротации пораженной конечности (72,5 -92,5%), а также гипотрофия мышц бедренной кости и голени (82 -82,5%). Высокая частота контрактуры приводящих мышц (52 -77,5%), обусловленная хроническим болевым синдромом и воспалительным процессом в суставе, подтверждает наличие стойкого мышечного дисбаланса.

Важным диагностическим критерием являлось выявленное относительное укорочение нижней конечности на стороне поражения, составившее в среднем $3,3\pm 1,5$ см. Нарушение биомеханики ходьбы проявлялось хромотой легкой (64 - 67,5%) и средней (32,5 -36%) степени тяжести. Данные гониометрии зафиксировали ограничение амплитуды движений в тазобедренном суставе, наиболее выраженное при сгибании ($110\pm 5^\circ$) и отведении ($25\pm 5^\circ$), что существенно ниже возрастной физиологической нормы.

Наличие патомеханического конфликта между деформированной головкой бедренной кости и краем вертлужной впадины объективно подтверждено положительными результатами провокационных тестов (FADIR, FABER) у 78,8% пациентов, что коррелирует с высокой частотой жалоб на болевой синдром (83%). Результаты предоперационного обследования не только констатируют наличие выраженных анатомо-функциональных нарушений у детей с последствиями ишемии головки бедренной кости, но и служат объективным обоснованием необходимости хирургической коррекции. Выявленный симптомокомплекс являлся ключевым ориентиром для планирования объема и выбора рациональной тактики оперативного лечения, направленного на устранение биомеханического конфликта, восстановление опороспособности конечности и улучшение качества жизни пациентов.

ГЛАВА 4

ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Целью хирургического вмешательства у пациентов с ПДГБК являлось восстановление сферичности суставной поверхности, устранение ФАИ и обеспечение конгруэнтности элементов тазобедренного сустава при условии стабильности последнего. Такой подход обеспечивает условия для долгосрочного сохранения его функции и профилактики развития коксартроза в раннем возрасте. Достижение указанной цели возможно двумя принципиально различными путями: посредством внесуставных корригирующих вмешательств - остеотомий, изменяющих пространственное положение проксимального отдела бедренной кости, либо путем внутрисуставной реконструкции с прямым устранением деформации головки бедренной кости. Выбор конкретной хирургической стратегии должен основываться на комплексной объективной оценке анатомо-функционального состояния тазобедренного сустава, включая анализирующую форму головки костей бедра, пространственное положение проксимального отдела костей бедра, конгруэнтность суставных поверхностей и выраженность ФАИ. Результаты проведенного анализа данных предоперационного обследования 90 пациентов позволили определить диагностические критерии, имеющие значение при планировании хирургического вмешательства, а также систематизировать показания и соблюдать меры по применению различных методов хирургической коррекции.

Проведенный сравнительный анализ показал идентичность обеих групп пациентов по основным демографическим показателям, а также по результатам предоперационного клинико-рентгенологического обследования и исходным анатомо-функциональным параметрам тазобедренного сустава ($p > 0,05$), что обеспечило репрезентативность выборки и корректность последующего сравнительного анализа отдаленных результатов хирургического лечения.

4.1 Общие показания к хирургическому вмешательству у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости

На основании анализа результатов лечения 90 пациентов с ПДГБК нами определены показания к хирургической коррекции, систематизированные по следующим категориям.

I. Клинико-функциональные показания:

1. Стойкий болевой синдром в тазобедренном суставе (≥ 3 баллов по VAS), возникающий при физической нагрузке, длительной ходьбе или в конце дня и не поддающийся консервативной терапии.
2. Хромота (легкой или средней степени), обусловленная нарушением биомеханики сустава.
3. Ограничение подвижности в тазобедренном суставе, наиболее значимое для внутренней ротации ($<20^\circ$) и отведения ($<30^\circ$).
4. Положительные провокационные тесты (FADIR, FABER, impingement-test), подтверждающие наличие ФАИ и функциональную недостаточность мышц.

II. Анатомо-рентгенологические показания:

1. Сам-дефект в передне-верхнем участке перехода головки бедренной кости в шейку, выявленный по данным МСКТ и 3D-моделирования.
2. Снижение конгруэнтности суставных поверхностей при значении ICAS менее 0,85.
3. Нарушение центрации головки бедренной кости во впадине:
 - латерализация головки (угол Виберга CEA $< 20^\circ$, угол латерального смещения LDA $> 10^\circ$);
 - краниальная миграция головки (SL > 7 мм);
 - снижение индекса костного покрытия головки (ANI $< 60\%$).
4. Патологическая пространственная ориентация проксимального отдела бедренной кости:
 - варусная деформация (шеечно-диафизарный угол $< 115^\circ$);

- патологическая антеверсия ($> 25^\circ$) или ретроверсия ($<5^\circ$) шейки бедренной кости.

5. Прогрессирование деформации и ухудшение рентгенологических показателей при динамическом наблюдении в течение 6 -12 месяцев.

III. Возрастные показания:

1. Возраст пациентов старше 10 лет, когда консервативные методы лечения исчерпали свои возможности, а спонтанное ремоделирование деформации головки бедренной кости не произошло.

Представленные общие показания служат основой для принятия решения о необходимости хирургического лечения, однако окончательный выбор конкретной методики (внесуставная остеотомия или внутрисуставная реконструкция) определяется индивидуальными особенностями деформации у каждого пациента и требуют детального анализа формы головки бедренной кости и использование современных методов диагностики и 3D-моделирования.

4.2. Выбор метода хирургической коррекции у пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости

При ПДГБК у детей патологический процесс имеет характерную локализацию: зона деформации, как правило, располагается в области перехода головки в шейку, преимущественно в ее передне-верхнем квадранте. При этом верхняя, наиболее нагружаемая часть головки, часто остается интактной или подвергается минимальным изменениям. Такая особенность создает условия для избирательной хирургической коррекции, направленной на удаление локального костного выступа (сам-дефекта) при сохранении жизнеспособной суставной поверхности, что позволяет восстановить сферичность головки и устранить ФАИ без нарушения опорной функции сустава.

По классификации Kalamchi -MacEwen III тип характеризуется укорочением шейки бедренной кости в сочетании с различной степенью нарушения формы

головки бедренной кости и изменением пространственного положения проксимального отдела бедренной кости. Пациенты основной и контрольной групп имели сопоставимые клинико-рентгенологические характеристики, включая показатели сферичности головки бедренной кости, пространственного положения проксимального отдела бедренной кости и конгруэнтности суставных поверхностей.

Распределение пациентов по видам выполненных оперативных вмешательств представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Вид оперативного вмешательства	Степень деформации (Kalamchi-MacEwen)	Мальчики (n=63)	Девочк и (n=27)	Всего пациентов (n=90)	%
Контрольная группа (n=50)					
Внесуставные остеотомии					
Вальгизирующая корригирующая остеотомия	III	18	7	25	50,0
Деротационная корригирующая остеотомия	III	12	4	16	32,0
Остеотомия + транспозиция большого вертела	III	7	2	9	18,0
Итого контрольная группа		37	13	50	
Основная группа (n=40)					
Внутрисуставная реконструкция					
Хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией (патент РФ №2833972)	III	26	14	40	100
Всего		63	27	90	

Выбор варианта хирургического вмешательства определялся не отдельным рентгенологическим параметром, а комплексной оценкой анатомо-функционального состояния тазобедренного сустава, особенностями деформации и возможностями применяемой хирургической технологии. В контрольной группе выполнялись внесуставные корригирующие остеотомии проксимального отдела бедренной кости, тогда как в основной группе применялась внутрисуставная реконструкция с использованием техники хирургического вывиха бедра и предоперационного 3D-моделирования.

В контрольной группе (n=50) применяли различные виды внесуставных корригирующих остеотомий, выбор которых определялся характером деформации. Вальгизирующую корригирующую остеотомию выполнили 25 пациентам (50,0%), деротационную корригирующую остеотомию - 16 пациентам (32,0%), сочетанные вмешательства (osteotomy в комбинации с транспозицией большого вертела) - 9 пациентам (18,0%). Указанные вмешательства выполняли при III типе деформации по классификации Kalamchi-MacEwen. Соотношение мальчиков и девочек в контрольной группе составило 37 (74%) и 13 (26%) соответственно.

В основной группе (n=40) всем пациентам осуществляли внутрисуставное вмешательство - хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией головки, что обеспечило однородность группы для сравнительного анализа.

4.3 Особенности хирургического лечения пациентов контрольной группы исследования

Операцию выполняли под комбинированным обезболиванием. Оно включало эндотрахеальный наркоз с искусственной вентиляцией легких и продленную эпидуральную анестезию на уровне LII–LIII позвонков. Такой вариант анестезиологического пособия позволял обеспечить достаточное обезболивание во время вмешательства и в дальнейшем эффективно контролировать болевой синдром в послеоперационном периоде.

Пациента укладывали на бок, противоположной стороне поражения. Таз фиксировали лентами и упорами в области крестца и крыла подвздошной кости, чтобы исключить его ротационное смещение во время операции. Стабильная укладка была важна для правильного определения направления коррекции и точного выполнения остеотомии.

После обработки операционного поля выполняли углообразный разрез кожи и подкожно-жировой клетчатки от передне-верхней ости подвздошной кости дистально до границы верхней и средней трети диафиза бедренной кости.

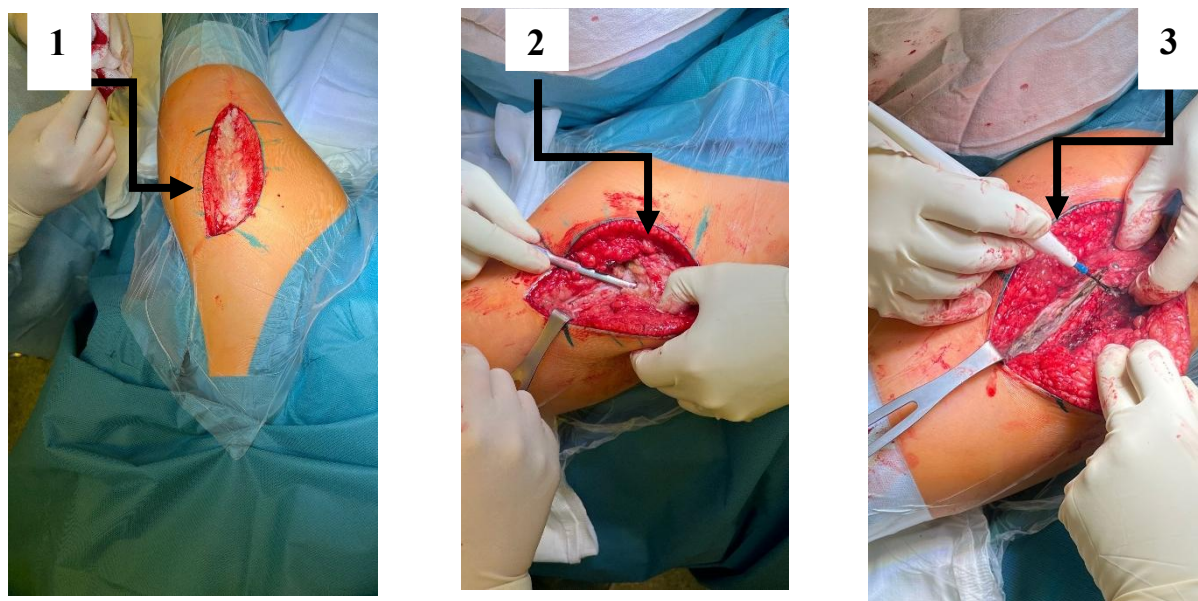


Рисунок 4.1 Этапы доступа к проксимальному отделу бедренной кости: 1 - углообразный разрез кожи от передне-верхней ости подвздошной кости до верхней трети бедренной кости; 2 - рассечение широкой фасции бедренной кости с поперечным разрезом на уровне большого вертела; 3 - поперечное рассечение широкой фасции бедренной кости на уровне большого вертела (указано стрелкой) для расширения операционного доступа.

Общая протяженность разреза составляла 15 -18 см в зависимости от антропометрических параметров пациента. Данный доступ являлся модификацией классического переднелатерального доступа Смита -Петерсена и был адаптирован для выполнения остеотомии на уровне межвертельной

области. После рассечения поверхностной фасции и подкожной клетчатки осуществляли гемостаз с последующим разведением краев раны крючками Фарабефа. Особое внимание уделяли рассечению широкой фасции бедренной кости, которое выполняли строго по ходу кожного разреза (рисунок 4. 1).

Важной технической особенностью являлось дополнение продольного рассечения фасции ее поперечным сечением кзади на уровне проекции большого вертела. Данный прием позволял существенно расширить операционное поле и обеспечить полноценную визуализацию седалищной кости, что создавало оптимальные условия для контроля положения проксимального фрагмента бедренной кости при выполнении остеотомии и последующей фиксации. Мобилизацию мягких тканей выполняли тупым и острым путем с тщательным сохранением целостности мышечных волокон средней ягодичной мышцы и бережным отношением к сосудисто-нервным образованиям. Такая щадящая мобилизация тканей являлась очередной особенностью проведения хирургического вмешательства.

Следующим этапом с помощью набора распаторов различных размеров и кривизны аккуратно и послойно обнажали костную ткань в межвертельной области. Важной деталью являлось максимальное сохранение надкостницы, которую отслаивали единым блоком с целью последующего ее бережного восстановления после проведения остеотомии. Это способствовало сохранению остеогенного потенциала и оптимизировало процессы консолидации костных структур. Зону предстоящей остеотомии тщательно освобождали от мягкотканых структур, обеспечивая свободный доступ к кости на протяжении не менее 4 -5 см. Особую осторожность соблюдали в области капсулы сустава, которую не вскрывали, что являлось принципиальным отличием выполнения внесуставной методики операции (рисунок 4.2).

В шейке бедренной кости специальным пробойником формировали канал для «клюва» углообразной пластины. Расчет выполняли по данным рентгенографии в проекции с отведением и внутренней ротацией: оценивали

исходные параметры и моделировали желаемое положение фрагментов после остеотомии с целью достижения целевых значений ШДУ и торсии.

Канал в шейке бедренной кости располагали таким образом, чтобы изогнутая дистальная часть («клюв») опорной пластины после имплантации обеспечивала максимальную площадь контакта с костной тканью шейки. Опорную пластину соответствующего типоразмера имплантировали в сформированный канал с использованием специального направителя, обеспечивающего строго заданную траекторию введения. Имплантацию пластины осуществляли серией легких дозированных ударов до полного погружения рабочей части пластины в костную ткань шейки бедренной кости. Критерием правильной установки служило плотное прилегание проксимального отдела пластины к кортикальной кости в подвертельной области. После завершения проверяли стабильность установки имплантата ротационными и аксиальными нагрузками.

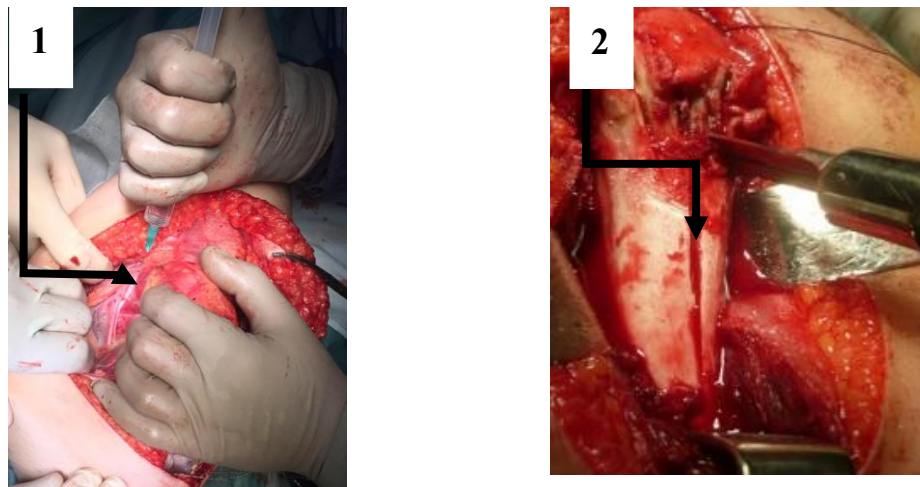


Рисунок 4.2 Подготовка зоны остеотомии: 1 - скелетирование межвертельной области распаторами с сохранением надкостницы; 2 - выделение зоны остеотомии (участок 4 -5 см), капсула сустава не вскрыта, нанесение продольной метки по оси диафиза для контроля деротации.

Последовательность операций (первичная имплантация пластины с последующей остеотомией) являлась важной технической особенностью вмешательства. Фиксация пластины в шейке бедренной кости до выполнения остеотомии обеспечивала стабильный ориентир для контроля положения проксимального фрагмента и позволяла точно реализовать запланированную коррекцию за счет направленного смещения дистального отдела бедренной кости относительно фиксированного проксимального фрагмента.

С использованием осциллирующей пилы выполняли косую межвертельную остеотомию бедренной кости. Интраоперационную оценку достигнутой коррекции осуществляли визуально и с использованием интраоперационной рентгенографии (электронно-оптического преобразователя). Визуально контролировали положение костных фрагментов, сопоставление поверхностей остеотомии, отсутствие ротационных смещений и характер натяжения мягких тканей, необходимых величин шеечно-диафизарного угла и антеверсии. Однако, как показал анализ отдаленных результатов, визуальная оценка не всегда позволяла достичь оптимальной коррекции, что в ряде случаев приводило к гиперкоррекции или недостаточному устранению деформации.

После достижения удовлетворительного положения отломков в зоне проведенной остеотомии выполняли окончательную фиксацию фрагментов 3-4 кортикальными винтами диаметром 4,5 мм. Винты проводили в различных плоскостях (бикортикально) через отверстия в опорной пластине, обеспечивая равномерную межфрагментарную компрессию. Последовательность затягивания винтов соблюдали от проксимального к дистальному отделу с контролем состояния компрессии. Стабильность фиксации оценивали путем осторожных ротационных и сгибательных движений в тазобедренном суставе. (Рис 4.3)

После выполнения контрольной рентгенографии и оценки достигнутой коррекции рану послойно ушивали наглухо. Первым слоем ушивали широкую фасцию бедренной кости отдельными узловыми швами, восстанавливая ее

анатомическую целостность. Подкожно-жировую клетчатку ушивали с тщательным сопоставлением краев, внутрикожный шов накладывали с использованием рассасывающегося шовного материала. В зоне остеотомии обязательным являлось оставление активного дренажа по Редону, который удаляли через 24 -48 часов при объеме отделяемого менее 50 мл в сутки.



1



2

Рисунок 4.3 Завершающий этап остеотомии: 1 - мобилизация дистального фрагмента костодержателем и коррекция положения под контролем ЭОП; 2 - фиксация фрагментов 3 -4 кортикальными винтами через опорную пластину.

Иммобилизацию нижних конечностей осуществляли с помощью поролоновой подушки-абдуктора, фиксируемой лентой-липучкой. Подушку располагали между бедер пациента, обеспечивая положение отведения 20-30° и нейтральную ротационную установку оперированной конечности.

Длительность иммобилизации составляла в среднем $4 \pm 0,8$ недель под контролем клинико-рентгенологических признаков консолидации. В раннем послеоперационном периоде назначали антибактериальную терапию, анальгетики, антикоагулянтную профилактику. С первых суток начинали изометрическую гимнастику и активные движения в голеностопном суставе. Дозированную осевую нагрузку разрешали после появления рентгенологических признаков формирующейся костной мозоли (обычно через 8 -12 недель).

4.3.1. Вальгизирующая корригирующая остеотомия бедренной кости

В контрольной группе вальгизирующая корригирующая остеотомия бедренной кости была выполнена 25 пациентам, что составило 50% от общего числа больных данной группы.

Показанием к этому варианту операции являлась варусная деформация проксимального отдела бедренной кости. Она проявлялась уменьшением шеечно-диафизарного угла менее 115° . При таком положении проксимального отдела бедра головка бедренной кости смещалась латерально, что сопровождалось уменьшением ее костного покрытия со стороны вертлужной впадины.

Показанием к выполнению вальгизирующей остеотомии служили: шеечно-диафизарный угол менее 115° , индекс сферичности головки $ISH > 0,80$, угол Виберга SEA менее 20° , индекс покрытия головки ANI менее 60%, наличие краниального смещения головки ($SL > 7$ мм), а также положительные провокационные тесты (FADIR, FABER) и клинически значимое ограничение отведения и внутренней ротации.

Положение больного на здоровом боку. Выполняли углообразный разрез кожи от передне-верхней ости подвздошной кости к большому вертелу с продолжением дистально по бедру. После рассечения широкой фасции и выделения межмышечного промежутка обнажали межвертельную область. В шейке бедренной кости формировали канал для углообразной пластины. Осциллирующей пилой выполняли косую межвертельную остеотомию. Дистальный фрагмент смещали в вальгусном направлении (кнаружи) до достижения целевого шеечно-диафизарного угла $125-135^\circ$. Достигнутую коррекцию отломков фиксировали углообразной пластиной и 3-4 кортикальными винтами. Контроль положения фрагментов осуществляли интраоперационной рентгенографией. (Рисунок 4.4)

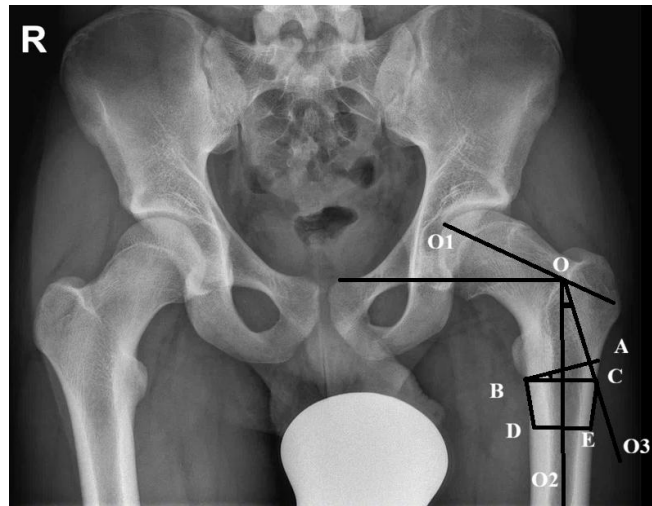


Рисунок 4.4 Схема предоперационного расчета параметров корригирующей вальгизирующей остеотомии проксимального отдела бедренной кости. АВ - линия планируемой остеотомии; угол $O1OO2$ - исходный шеечно-диафизарный угол (ШДУ) при варусной деформации; угол $O1OO3$ - запланированный послеоперационный ШДУ (целевые значения $125 - 135^\circ$); угол $O2OO3$ - угол вальгизации (величина необходимой коррекции); угол $BAC =$ углу $O2OO3$; $AD = CE = 1,0$ см; BE - искомое латеральное основание трапеции, определяющее объем клиновидной резекции (при вальгизирующей остеотомии большее основание трапеции располагается латерально).

4.3.2. Деротационная корригирующая остеотомия бедренной кости

Деротационная корригирующая остеотомия бедренной кости выполнена 16 пациентам контрольной группы (32% от состава группы). Данный вид вмешательства применяли при патологической антеверсии шейки бедренной кости (более 25°) или ретроверсии (менее 5°), что приводило к нарушению ротационной установки конечности и возникновению механического конфликта в суставе.

Показанием к выполнению деротационные остеотомии служили: антеторсия шейки бедренной кости более 25° или ретроверсия менее 5° , индекс

сферичности головки $ISH > 0,80$, наличие наружной ротации пораженной конечности ($50 \pm 10^\circ$), выраженное ограничение внутренней ротации (менее $15-20^\circ$), положительные провокационные тесты (FADIR, FABER), а также хромота и нарушение походки, обусловленные ротационной установкой конечности.

Доступ и обнажение межвертельной области аналогичны описанным выше. Особенностью деротационной остеотомии являлось выполнение поперечного или косоугольного распила в межвертельной области с последующей ротацией дистального фрагмента относительно проксимального. Направление и величину ротации (внутренняя или наружная) определяли на основе предоперационных расчетов с целью достижения целевой антеторсии $12-20^\circ$. Учитывая, что у детей ось эпифиза в горизонтальной плоскости несколько отклонена кзади, угол антеторсии задавали в среднем 15° . После ротации фрагменты фиксировали углообразной пластиной и кортикальными винтами. Контроль достигнутой ротационной коррекции осуществляли визуально по положению мыщелков бедренной кости и интраоперационной рентгенографией.

4.3.3. Сочетанные вмешательства (osteotomy + транспозиция большого вертела)

Сочетанные вмешательства, включающие корригирующую остеотомию и транспозицию большого вертела, выполнены 9 пациентам контрольной группы (18% от состава группы). Данный вид вмешательства применяли при сочетании нарушения пространственного положения проксимального отдела бедренной кости и высокого стояния большого вертела, приводящего к функциональной недостаточности ягодичных мышц и положительному симптому Дюшена-Тренделенбурга.

Показанием к выполнению сочетанного вмешательства служили: высокое стояние большого вертела (артикуло-трохантерное расстояние АТД отрицательное, менее -2 мм), положительный симптом Дюшена-

Тренделенбурга, хромота, обусловленная слабостью ягодичных мышц, а также наличие показаний к корригирующей остеотомии (вальгизирующей, варизирующей или деротационной).

Техника вмешательства. После выполнения основного этапа корригирующей остеотомии и фиксации фрагментов осуществляли транспозицию большого вертела. Большой вертел отсекали, смещали дистально и латерально (на 1,0 -1,5 см) для восстановления его анатомического положения относительно оси бедренной кости и нормализации функции средней ягодичной мышцы. Фиксацию большого вертела выполняли двумя или тремя спонгиозными винтами.

4.4 Особенности хирургического лечения пациентов основной группы исследования

С учетом данных, представленных в мировой литературе, а также собственного клинического опыта нами была разработана и внедрена методика лечения детей с ПДГБК. Она основана на выполнении хирургического вывиха бедра с последующей моделирующей резекцией головки бедренной кости. Разработанный способ защищен патентом Российской Федерации на изобретение № 2833972 от 03.02.2025 «Способ выполнения моделирующей резекции у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости».

Основной задачей данного метода является радикальное устранение патомеханического конфликта в тазобедренном суставе за счет обеспечения прямого доступа к внутрисуставным структурам. Методика позволяла выполнить точную резекцию деформированных участков головки бедренной кости и восстановить сферичность суставной поверхности. Во время операции выполняли хирургический вывих бедра с обязательным сохранением кровоснабжения головки бедренной кости. Основными задачами вмешательства были восстановление более правильной, приближенной к сферической форме головки, а также реконструкция зоны нагрузки суставных поверхностей.

Такой подход позволял снизить риск ятрогенных повреждений и создать более благоприятные условия для дальнейшего развития конечности. Применение разработанной методики способствовало уменьшению болевого синдрома, устранению проявлений ФАИ и увеличению объема движений в тазобедренном суставе. Эти результаты были подтверждены данными отдаленного наблюдения.

Применение данного подхода показало значительное улучшение функциональных исходов по сравнению с традиционными внесуставными корригирующими операциями.

Предоперационное 3D-планирование и создание индивидуального хирургического шаблона

При подготовке пациентов основной группы к операции применяли персонализированное 3D-планирование. По данным предоперационного моделирования создавали индивидуальный хирургический шаблон-направитель, предназначенный для точного контроля положения костных фрагментов при выполнении моделирующей резекции головки бедренной кости. На основе данных мультиспиральной компьютерной томографии с последующей трехмерной реконструкцией тазобедренного сустава с использованием специальной компьютерной программы определяли объем и локализацию подлежащего резекции деформированного участка, а также рассчитывали параметры коррекции формы головки и шейки бедренной кости. Расчет параметров резекции осуществляли следующим образом. Результаты мультиспиральной компьютерной томографии с трехмерной реконструкцией тазобедренного сустава импортировали в специализированную компьютерную программу со специальным обеспечением PМЕPlanner (Polygon Medical Engineering) и создавали виртуальную 3D-модель проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины. На модели определяли зону патологической деформации в передне-верхнем квадранте головки и шейки бедренной кости. Измеряли исходные показатели: индекс сферичности головки

(ISH) и угол α , определяли локализацию и протяженность деформированного участка. Целевыми ориентирами служили восстановление сферичности головки до значений $ISH \geq 0,90$ и устранение импинджмента с достижением угла $\alpha \leq 55^\circ$. Этапы предоперационного планирования показаны на рисунке 4.5.

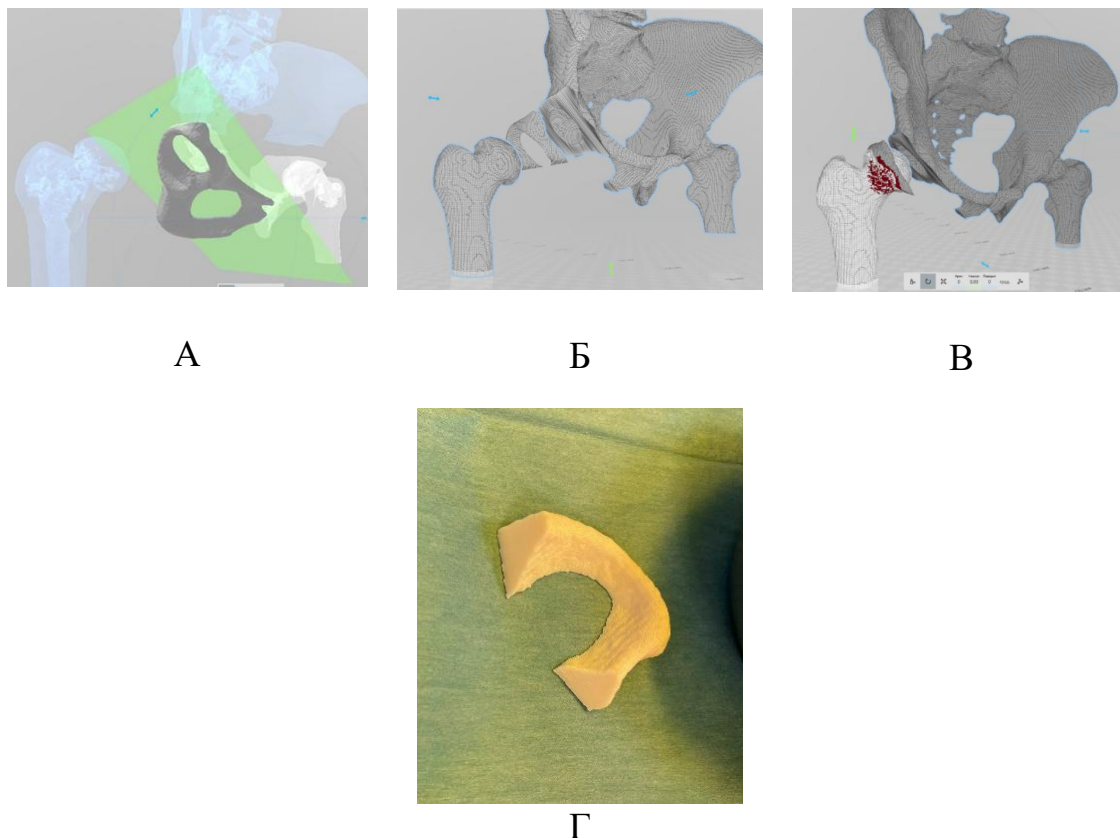


Рисунок 4.5 Этапы предоперационного планирования и изготовления индивидуального хирургического шаблона-направителя с использованием программы RMEPlanner: А - создание виртуальной 3D-модели тазобедренного сустава на основе данных мультиспиральной компьютерной томографии; Б - исходное состояние головки бедренной кости на этапе виртуального моделирования; В - этап трансляции 3D-модели индивидуального хирургического устройства в виде края вертлужной впадины; Г - итоговый этап: индивидуальное хирургическое устройство (3D-шаблон-направитель), изготовленное методом аддитивных технологий (FDM-печать на 3D-принтере Fortus 450mc, Stratasys, США).

Путем последовательной виртуальной резекции удаляли фрагменты деформации головки бедренной кости до достижения целевых показателей.

Контроль адекватности резекции осуществляли путем моделирования движений в тазобедренном суставе: сгибания до 90° и внутренней ротации до 20° . Отсутствие контакта между реконструированной головкой и краем вертлужной впадины при выполнении указанных движений являлось критерием достаточности резекции.

На этапе виртуального моделирования выполняли коррекцию положения деформированной головки с целью устранения ФАИ и восстановления сферичности головки. Для этого создавали индивидуальный шаблон-направитель, повторяющий форму интактного края вертлужной впадины, который обеспечивал плотное соприкосновение с костными ориентирами проксимального отдела бедренной кости (большой вертел, межвертельная ямка). Использование края вертлужной впадины в качестве шаблона позволяло точно определить зону патологического соударения: шаблон прикладывали к головке и шейке, и участки, не позволяющие выполнить плотную посадку (зоны импинджмента), подлежали последующей резекции.

На 3D-модели в сагиттальной плоскости по краю вертлужной впадины создавали виртуальный срез, соответствующий будущему шаблону-направителю. Данный этап позволял заранее обеспечить точное виртуальное размещение шаблона на головке и шейке бедренной кости с опорой на надежные анатомические ориентиры, такие как большой вертел и межвертельная ямка. Это давало возможность четко визуализировать зону патологического контакта между деформированной головкой бедренной кости и краем вертлужной впадины, а также объективно определить степень нарушения сферичности головки.

После определения необходимого объема и геометрии резекции, достаточных для устранения ФАИ и восстановления сферичности головки, фиксировали точные параметры: глубину резекции (от 5 до 12 мм), ширину (от 10 до 20 мм) и угол наклона плоскости среза края вертлужной впадины относительно оси шейки бедренной кости (от 15 до 30 градусов). Критерием достаточности резекции служило отсутствие контакта между реконструированной головкой и краем вертлужной впадины при виртуальном моделировании движений (сгибание до 90° , внутренняя ротация до 20°).

На основании выполненного виртуального планирования осуществляли создание и трехмерную печать персонафицированного хирургического шаблона-направителя. Изготовление шаблона производили методом аддитивных технологий - FDM-печатью на 3D-принтере Fortus 450mc (Stratasys, США) из биосовместимого материала с последующей стерилизацией. Использование индивидуального шаблона являлось ключевой отличительной особенностью хирургического лечения пациентов основной группы, поскольку обеспечивало точную интраоперационную реализацию предоперационного плана: шаблон фиксировался на бедренной кости и служил ориентиром для выполнения точной резекции в заданном объеме, что гарантировало высокую воспроизводимость запланированных параметров коррекции и исключало субъективные ошибки позиционирования.

В основной группе операции выполняли под комбинированной анестезией (эндотрахеальный наркоз + эпидуральный компонент). Пациента размещали на здоровом боку. Доступ к суставу планировали так, чтобы обеспечить максимальную визуализацию и безопасность при вывихе бедра. После обработки операционного поля делали углообразный разрез — от передне-верхней ости подвздошной кости через большой вертел и дальше по бедру примерно на 15 см. Затем вскрывали широкую фасцию, находили промежуток между средней ягодичной и напрягающей широкую фасцию мышцами, мобилизовали края ягодичной мышцы. Сухожилие подвздошно-поясничной мышцы отсекали у основания большого вертела. Чтобы защитить сосудисто-нервный пучок, под ягодичными мышцами формировали канал и помещали туда лопатку Буяльского.

Поднадкостнично обнажали верхнюю треть бедренной кости на протяжении 6 см. Осциллирующей пилой отсекали большой вертел с сохранением дорсальной верхушки с целью защиты медиальной огибающей бедро артерии, что являлось ключевым условием сохранения кровоснабжения головки бедренной кости. Мобилизованные ягодичные мышцы отводили ретракторами, выполняли верхнюю Z-образную артротомию капсулы сустава по методике Ganz. Первичный вывих головки бедренной кости в рану осуществляли при сгибании бедра до 90° и

его наружной ротации с постоянным контролем натяжения капсульных сосудов. В передненаружном квадранте эпифиза проводили визуальную оценку характера деформации головки. Головку временно вправляли обратно в вертлужную впадину для выполнения следующего этапа - формирования синовиального питающего лоскута. Такая последовательность (вывих - вправление - повторный вывих) обусловлена необходимостью создания адекватного доступа к задним структурам сустава при сохраненном кровоснабжении. Вправление головки позволяло безопасно выполнить рассечение синовиальной оболочки на шейке бедренной кости с ее отслойкой по передней и задней поверхностям, отсечение заднего фрагмента большого вертела и отделение сухожилий коротких ротаторов (грушевидной мышцы, внутренней запирающей мышцы) от места прикрепления под контролем зрения без натяжения питающих сосудов.



А

Б

В

Г

Рисунок 4.6 Интраоперационное применение шаблона для моделирующей резекции головки бедренной кости: А - визуализация деформации головки бедренной кости (седловидная/грибовидная форма) в передне-наружном квадранте после безопасного хирургического вывиха; Б, В - разметка места и объёма резекции с помощью индивидуального 3D-напечатанного шаблона, обеспечивающего точное соответствие предоперационному плану; Г - удаление шаблона и выполнение моделирующей резекции головки.

После завершения формирования лоскута выполняли повторный вывих бедра, который обеспечивал полноценную визуализацию передненаружной поверхности головки и шейки для установки персонифицированного индивидуального устройства (напечатанного шаблона-направителя).

После разметки и снятия шаблона проводили моделирующую резекцию головки бедренной кости с помощью высокоскоростного бора либо остеотома. На данном этапе основное внимание уделяли восстановлению сферичности головки бедренной кости (рисунок 4.6).

Следующим этапом и очередной отличительной особенностью разработанной методики являлось то, что после выполненной моделирующей резекции головки бедренной кости не возникало натяжения и перекрута питающего сосудистого лоскута, содержащего медиальную огибающую бедренную кость артерию, что обеспечивало сохранение адекватной перфузии эпифиза на протяжении всего вмешательства. Интраоперационную оценку состояния кровоснабжения головки бедренной кости осуществляли путем формирования контрольного отверстия диаметром 2 мм в зоне выполненной резекции эпифиза. При строгом соблюдении технических аспектов хирургического вывиха и бережном обращении с сосудистым лоскутом устойчивое артериальное кровотечение из контрольного отверстия сохранялось на всех этапах моделирующей резекции, что объективно подтверждало жизнеспособность головки бедренной кости и являлось прогностически благоприятным признаком в отношении последующей консолидации и ремоделирования костной ткани (рисунок 4.7).



А



Б

Рисунок 4.7 Интраоперационная оценка эффективности проведенной моделирующей резекции головки бедренной кости. А - оценка состояния кровоснабжения эпифиза с использованием контрольного отверстия диаметром 2 мм, сформированного в зоне выполненной резекции головки бедренной кости. Устойчивое артериальное кровотечение из просверленного канала на протяжении всего вмешательства объективно подтверждает сохранение адекватной перфузии головки бедренной кости и отсутствие ятрогенного повреждения питающего сосудистого ложа. Б - интраоперационная проверка амплитуды пассивных движений в тазобедренном суставе после завершения моделирующей резекции головки бедренной кости и фиксации большого вертела.

Оценка амплитуды сгибания, отведения и внутренней ротации в тазобедренном суставе позволяла верифицировать устранение ФАИ и восстановление конгруэнтности суставных поверхностей. Отсутствие механического конфликта между реконструированной головкой бедренной кости и краем вертлужной впадины при выполнении провокационных движений являлось критерием адекватности выполненного объема резекции и служило прогностически благоприятным признаком в отношении функциональных исходов.

В завершение вмешательства выполняли послойное восстановление анатомических структур: отдельными узловыми швами ушивали надкостницу и

капсулу сустава, осуществляли остеосинтез большого вертела кортикальными или канюлированными винтами, восстанавливали целостность tractus iliotibialis, после чего накладывали внутрикожный шов. Дренирование раны осуществляли по Редону на 24 -48 часов. Послеоперационная иммобилизация нижних конечностей проводилась с использованием поролоновой отводящей подушки на срок 4 -6 недель до начала активной разработки движений в тазобедренном суставе.

4.5 Особенности ведения пациентов в послеоперационном периоде

Послеоперационная реабилитация была направлена на восстановление функции оперированной конечности и снижение риска осложнений. На ранних этапах основное внимание уделяли уменьшению болевого синдрома, нормальному заживлению операционной раны и профилактике сосудистых нарушений в области тазобедренного сустава.

В дальнейшем реабилитационные мероприятия включали предупреждение и коррекцию мышечных контрактур, связанных с периодом иммобилизации, постепенное восстановление объема движений в тазобедренном суставе и улучшение работы мышц нижней конечности. Отдельное значение имели контроль консолидации костных фрагментов в зоне остеотомии, подготовка пациента к вертикализации и формирование правильного стереотипа ходьбы.

В послеоперационном периоде иммобилизация нижних конечностей осуществлялась с помощью поролоновой отводящей подушки, фиксируемой лентой-липучкой. Подушку располагали между бедер пациента, обеспечивая положение отведения 20-30° и нейтральную ротационную установку оперированной конечности. Длительность иммобилизации составляла в среднем 3 -4 недели и определялась характером выполненного вмешательства, стабильностью фиксации костных фрагментов и динамикой заживления послеоперационной раны.

После хирургической коррекции ПДГБК восстановительное лечение проводили последовательно, с выделением четырех этапов. Содержание каждого этапа определялось сроком после операции, общим состоянием пациента, особенностями послеоперационного течения и результатами контрольного лучевого обследования.

Первый этап соответствовал раннему послеоперационному периоду. В этот срок основные мероприятия были направлены на профилактику осложнений, связанных с объемом и травматичностью выполненного вмешательства, а также на коррекцию общих и местных послеоперационных реакций. Пациентам обеспечивали полноценное обезболивание, проводили симптоматическую терапию, а при необходимости выполняли восполнение объема циркулирующей крови. Для снижения риска гнойно-септических осложнений в первые 2 суток после операции назначали антибактериальную терапию.

В раннем послеоперационном периоде проводили ежедневные перевязки с контролем состояния раны. Швы, как правило, снимали на 12–14-е сутки после операции. Лечебную физкультуру начинали с первых суток: пациент выполнял дыхательные упражнения и изометрическое напряжение мышц нижних конечностей без нагрузки на оперированную конечность.

К следующему этапу переходили после окончания постоянной иммобилизации и появления начальных признаков консолидации костных фрагментов по данным контрольной рентгенографии. Основной задачей было постепенное восстановление движений в тазобедренном и коленном суставах. Сначала занятия включали пассивные движения под контролем методиста ЛФК, затем через 7–10 дней пациента постепенно переводили к активным упражнениям. В течение первого года лечебную гимнастику рекомендовали выполнять ежедневно. После выписки родителей обучали правильному выполнению упражнений и контролю за состоянием ребенка.

Через 3 месяца после операции продолжали ЛФК и физиотерапевтическое лечение, а также выполняли контрольную рентгенографию тазобедренных суставов. При положительной динамике пациенту разрешали передвигаться с

костылями без опоры на оперированную конечность. Через 6 месяцев постепенно разрешали сидение с ограничением по времени, занятия на велосипеде или велотренажере, а также лечебное плавание. При подтверждении полной консолидации костных фрагментов примерно через 8 месяцев выполняли удаление металлоконструкций, после чего начинали дозированную осевую нагрузку в положении лежа.

Полную нагрузку на оперированную конечность разрешали обычно через 10–12 месяцев после операции. Перед этим обязательно оценивали стабильность тазобедренного сустава, сохранность суставной щели и восстановление костной структуры по данным лучевого обследования. Нагрузку увеличивали постепенно: сначала ходьба с двумя костылями с частичной опорой, затем с одним костылем и только после этого самостоятельная ходьба. При укорочении конечности более 1 см использовали ортопедическую стельку или набойку на обувь.

Через 3 месяца после начала самостоятельной ходьбы выполняли контрольную рентгенографию и осмотр ортопеда совместно с методистом ЛФК. При необходимости программу восстановления корректировали, особенно при сохранении нарушений походки. Формирование нового двигательного стереотипа обычно занимало от 6 до 12 месяцев.

В дальнейшем пациентам рекомендовали щадящий двигательный режим с исключением бега, прыжков, подъема тяжестей и спортивных нагрузок. Разрешались плавание и занятия на велотренажере. Также рекомендовались курсы восстановительного лечения 1–2 раза в год в реабилитационных центрах или санаториях ортопедического профиля. Динамическое наблюдение у ортопеда с выполнением рентгенографии или МСКТ тазобедренных суставов проводили не реже одного раза в год.

Таким образом, послеоперационная реабилитация при ПДГБК строилась поэтапно и включала раннее начало восстановительных мероприятий, постепенное увеличение активности, регулярный контроль состояния сустава и индивидуальную коррекцию программы лечения.

ГЛАВА 5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ПОСТИШЕМИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Оценка результатов хирургического лечения детей с ПДГБК представляет важное значение для определения эффективности применяемых методов коррекции и совершенствования лечебной тактики. Анализ ближайших и среднесрочных исходов позволяет объективно оценить степень восстановления анатомических взаимоотношений в тазобедренном суставе, динамику клинико-функциональных показателей, а также выявить преимущества и ограничения различных хирургических подходов.

В настоящей главе представлены результаты сравнительного анализа хирургического лечения пациентов основной и контрольной групп, основанные на оценке клинических, рентгенологических и функциональных показателей в различные сроки после оперативного вмешательства. Особое внимание уделено восстановлению анатомических параметров тазобедренного сустава, динамике болевого синдрома, амплитуде движений, качеству жизни пациентов, а также частоте послеоперационных осложнений и необходимости выполнения ревизионных вмешательств.

Особенное внимание в настоящем исследовании уделяли изменению рентгенологических параметров, характеризующих форму головки бедренной кости (индекс сферичности ISH, угол α), степень ее пространственного положения (угол Виберга SEA, угол латерального смещения LDA, краниальное смещение SL, индекс покрытия головки АН), а также конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS), что в конечном итоге позволило адекватно провести оценку эффективности разработанной методики моделирующей резекции головки бедренной кости.

У детей обеих групп исследования после проведенного лучевого обследования показатели, свидетельствующие о состоянии тазового и бедренного

компонентов сустава, выражались в значительном снижении индекса сферичности головки (ISH), увеличении угла α , уменьшении угла Виберга (CEA), увеличении угла латерального смещения (LDA) и краниального смещения головки (SL), а также в снижении индекса покрытия головки (AHI) и индекса конгруэнтности (ICAS).

Средние значения шеечно-диафизарного угла у пациентов обеих групп располагались у верхней границы физиологического диапазона. В контрольной группе данный показатель составил $141,5 \pm 5,3^\circ$, в основной группе - $138,5 \pm 5,8^\circ$. При этом угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости в обеих группах превышал нормальные значения и составил $31,5 \pm 6,2^\circ$ и $29,8 \pm 5,7^\circ$ соответственно. Такие изменения можно рассматривать как характерные только для пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости.

5.1 Сравнительные результаты клинического метода обследования пациентов после хирургического лечения

После операции состояние пациентов оценивали по жалобам, походке и функции сустава. Подвижность измеряли гониометрией, для выявления боли и импинджмента использовали тесты FADIR, FABER и провокационные пробы. Это позволяло объективно оценить эффективность лечения.

5.1.1 Анализ жалоб пациентов основной и контрольной групп после проведенного хирургического лечения

Через год после операции у 90% пациентов основной группы (34 из 40) жалоб не было, функция сустава восстановилась полностью. У 5% (2 пациента) сохранялась хромота после длительной нагрузки, что, вероятно, связано с нарушениями реабилитационного режима, и ещё у 5% (2 пациента) отмечались боли в пояснице. В контрольной группе через 12 месяцев после операции жалобы регистрировались чаще. Из 50 пациентов у 12 детей (24%) сохранялась хромота,

возникавшая уже после непродолжительной ходьбы. Эти же пациенты отмечали боль в области оперированного тазобедренного сустава при максимальном сгибании и отведении конечности.

В контрольной группе через 12 месяцев после операции жалобы сохранялись у большинства пациентов. Изолированные боли в поясничном отделе позвоночника отмечались у 22 детей (44%), а сочетание хромоты с болями в поясничной области - у 10 пациентов (20%). Полное отсутствие жалоб было зарегистрировано только у 6 детей (12%).

5.1.2 Сравнение результатов опроса пациентов по функциональным шкалам

Сравнительный анализ качества жизни, проведённый с помощью валидированного опросника PedsQL 4.0 через 12 месяцев после операции, выявил достоверно более высокие показатели у пациентов, перенесших хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией головки бедренной кости с применением аддитивных технологий. Средний общий балл в этой группе пациентов составил $86,7 \pm 5,2$, что соответствовало хорошему и отличному качеству жизни. Одновременно с этим, у пациентов контрольной группы, перенёсших внесуставные остеотомии бедренной кости, средний общий балл был достоверно ниже - $70,5 \pm 8,1$ ($p < 0,05$), что отражал уровень удовлетворительного качества жизни с сохранением умеренных ограничений. При детальной оценке ответов пациентов на вопросы шкал опросника наиболее выраженные различия отмечались в показателях физического функционирования ($88,3 \pm 4,5$ против $65,2 \pm 9,1$) и эмоционального благополучия ($85,1 \pm 6,0$ против $72,8 \pm 7,4$), что напрямую коррелировало с более полным купированием болевого синдрома и восстановлением повседневной активности после внутрисуставной реконструкции. Полученные данные объективно подтверждают значительное преимущество методики прямого ремоделирования головки бедренной кости не

только в анатомическом, но и в объективном, функционально-качественном восстановлении пациентов.

Интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью визуально-аналоговой шкалы (VAS). Данный метод выбран в связи с его простотой, воспроизводимостью и высокой корреляцией с субъективным восприятием болевого синдрома у детей старшего возраста и подростков после операции.

После моделирующей резекции головки бедренной кости у пациентов основной группы была отмечена отчетливая положительная динамика в отношении болевого синдрома. Через 12 месяцев после хирургического вмешательства средний показатель по шкале VAS снизился до $1,2 \pm 0,8$ балла, что статистически значимо отличалось от дооперационных значений ($p < 0,05$).

У большинства пациентов основной группы боль полностью купировалась. Полный регресс болевого синдрома был зафиксирован в 93% наблюдений. У 3 детей (7,5%) сохранялись лишь незначительные боли в области тазобедренного сустава, которые появлялись после выраженной физической нагрузки.

В контрольной группе исследования после внесуставных остеотомий средний балл по VAS через 12 месяцев составил $3,4 \pm 1,2$ ($p < 0,05$ по сравнению с дооперационными значениями, но достоверно выше, чем в основной группе, $p < 0,05$). У 67% пациентов контрольной группы исследования отмечено уменьшение болевого синдрома, однако полного исчезновения болей не наблюдалось.

Результаты исследования показали, что у пациентов контрольной группы после выполнения внесуставных корригирующих остеотомий бедренной кости наблюдалась положительная динамика со стороны функции тазобедренного сустава. Вместе с тем достигнутый эффект не всегда приводил к полному исчезновению клинических проявлений заболевания. У ряда пациентов сохранялись боли, нарушения статико-динамической функции и ограничения повседневной активности. Дополнительным фактором, влияющим на качество жизни, являлся болевой синдром в поясничном отделе позвоночника. В связи с

этим пациентам контрольной группы требовалось дальнейшее соблюдение щадящего двигательного режима и ограничение физических нагрузок.

В основной группе после моделирующей резекции головки бедренной кости, выполненной в условиях хирургического вывиха бедра по разработанной методике, клиническое улучшение было более выраженным (боль в области пораженного тазобедренного сустава и поясничного отдела позвоночника значительно уменьшалась). Это подтверждалось динамикой показателей по шкале VAS и опроснику PedsQL 4.0.

Внутрисуставная реконструкция способствовала более выраженному восстановлению функции тазобедренного сустава и улучшению качества жизни пациентов.

5.1.2 Результаты клинического осмотра пациентов основной и контрольной групп после проведенного хирургического лечения

В основной группе после операции относительное укорочение конечности в пределах 1 см осталось у 17 пациентов (42,5%), а у 23 детей (57,5%) длина ног стала одинаковой. В контрольной группе результаты были схожими: разница до 1 см — у 13 пациентов (43,3%), укорочение устранено — у 17 (56,7%). В целом в обеих группах удалось добиться положительной динамики, и более чем в половине случаев конечности сравнялись по длине.

При анализе походки лучшие показатели были в основной группе: у 37 пациентов (92,5%) хромота не определялась, у 3 (7,5%) сохранялись лёгкие нарушения, вероятно, связанные со слабостью ягодичных мышц из-за длительного течения заболевания. В контрольной группе лёгкая хромота отмечена у 6 пациентов (20%), средней степени — у 2 (6,7%). Это указывает на более выраженное восстановление походки при использовании предложенной методики.

Оценка функции тазобедренного сустава у пациентов основной группы после выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости показала

значительное увеличение амплитуды движений. Среднее значение сгибания достигло $118,5 \pm 4,2^\circ$, отведения - $42,3 \pm 3,8^\circ$, внутренней ротации - $32,5 \pm 5,1^\circ$.

Положительные провокационные тесты (FADIR, FABER), указывающие на наличие ФАИ, сохранялись лишь у 2 пациентов (5%) основной группы. Положительный тест FADIR у них сопровождался незначительным болевым синдромом в положении максимального сгибания и внутренней ротации.

В контрольной группе исследования амплитуда движений была достоверно ниже: сгибание - $102,4 \pm 5,6^\circ$, отведение - $32,1 \pm 4,5^\circ$, внутренняя ротация - $22,4 \pm 6,3^\circ$ ($p < 0,05$). Положительные тесты на импинджмент (FADIR и/или FABER) сохранялись у 12 пациентов (24%) контрольной группы, что свидетельствовало о сохраняющемся механическом конфликте между деформированной головкой бедренной кости и краем вертлужной впадины. У 8 из этих пациентов положительный тест FADIR сопровождался воспроизведением болевого синдрома, характерного для переднего импинджмента. Внутрисуставная методика с моделирующей резекцией продемонстрировала достоверно более высокую эффективность в устранении импинджмент-синдрома по сравнению с внесуставными остеотомиями ($p < 0,05$).

5.2 Результаты лучевого обследования пациентов основной и контрольной групп с посттравматическими деформациями головки бедренной кости

После проведенного хирургического лечения всем пациентам, включенным в исследование, выполняли контрольное рентгенологическое обследование. Всего были изучены данные 90 пациентов, что соответствовало 100 тазобедренным суставам основной и контрольной групп.

Таблица 5.1

Сравнительная рентгенометрия тазобедренного сустава через 12 месяцев после коррекции постишемических деформаций головки бедренной кости у пациентов контрольной и основной группы.

Рентгеноанатомические параметры тазобедренного сустава	Величина рентгеноанатомических параметров у пациентов после хирургического лечения через 12 месяцев		
	контрольная группа	основная группа	P
угол наклона опорной поверхности вертлужной впадины (WBS)	6,3 ± 2,1	5,0 ± 2,5*	*
индекс сферичности вертлужной впадины (ISA)	1,4 ± 0,1	1,26 ± 0,1	ns
индекс сферичности головки (ISH)	1,1 ± 0,05	1,3 ± 0,08 *	**
артiculo-трохантерное расстояние (ATD) мм.	8,7 ± 0,3	9,9 ± 1,1	ns
индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS)	0,91 ± 0,07	1,25 ± 0,07 *	**
индекс покрытия головки (ANI)	0,9 ± 0,06	1,0 ± 0,06 *	*
передне-центральный угол (VCA) град.	18 ± 0,6	17 ± 2,0*	ns
угол латерального смещения головки (LDA) град.	16 ± 2,5	17 ± 3,1*	ns
краниальное смещение головки (SL) мм.	5,5 ± 1	2,2 ± 1,3*	**
угол, оценивающий зону перехода, головка-шейка (угол α) град.	59 ± 1,7	55 ± 3,2	ns

Примечание: * - различия между группами статистически значимы ($p < 0,05$); ** - $p < 0,01$; ns - недостоверные различия ($p > 0,05$).

Лучевое обследование предусматривало проведение комплексной рентгенометрической оценки тазобедренного сустава. В первую очередь анализировали параметры, отражающие строение и пространственную

ориентацию вертлужной впадины, в том числе углы Sharp и Tonnis. Дополнительно оценивали показатели проксимального отдела бедренной кости: шеечно-диафизарный угол и угол антеверсии шейки бедренной кости.

Для более полной характеристики состояния тазобедренного сустава в исследование были включены показатели, отражающие взаимоотношения тазового и бедренного компонентов, а также стабильность сустава. К ним относили угол Виберга (CEA), индекс сферичности головки бедренной кости (ISH), индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS), индекс покрытия головки (ANI), угол латерального смещения (LDA), краниальное смещение головки (SL) и α -угол.

Кроме того, отдельно учитывали параметры, позволяющие оценить форму головки бедренной кости и ее положение в пространстве после выполненного оперативного вмешательства.

Результаты лучевого обследования пациентов основной и контрольной групп после операции, а также их сравнительная оценка представлены в таблице 5.1.

Внутригрупповой анализ показал достоверные изменения рентгенометрических показателей после хирургического лечения ($p < 0,05$). Улучшение касалось как параметров тазового и бедренного компонентов сустава, так и показателей, отражающих его стабильность и конгруэнтность.

У пациентов основной группы после моделирующей резекции головки бедренной кости в условиях хирургического вывиха отмечено более выраженное восстановление формы сустава. Индекс сферичности головки бедренной кости (ISH) увеличился на 22,2% - с 0,72 до 0,88, тогда как в контрольной группе после остеотомий бедренной кости прирост составил 5,1% - с 0,78 до 0,82. Индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) улучшился на 22,7% в основной группе против 4,9% в контрольной. α -угол, отражающий выраженность сат-деформации, уменьшился на 38,4% в основной группе и на 10,7% в контрольной.

Таким образом, в течение первого года после операции в обеих группах наблюдалось достоверное улучшение рентгенологических параметров, однако

наиболее выраженная положительная динамика была получена у пациентов основной группы.

По результатам годового наблюдения показатели угла латерального смещения (LDA) и индекса покрытия головки (АП) оказались статистически значимо лучше в группе внутрисуставной коррекции ($p < 0,05$).

В последующие сроки наблюдения динамика этих ключевых показателей стала резко различаться в группах исследования. В группе пациентов, перенесших хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией, независимо от исходной тяжести деформации, сохранялась положительная тенденция, а значения LDA и АП оставались в пределах нормальных диапазонов ($p < 0,05$). В группе внесуставных остеотомий, напротив, зафиксировано ухудшение средних значений LDA и АП до пограничных с нормой величин. Среди всех пациентов с III типом деформации наиболее выраженная отрицательная динамика была зафиксирована у трёх пациентов, у которых отмечено прогрессирующее ухудшение клинорентгенологических показателей, несмотря на проведённое хирургическое лечение.

По результатам статистической обработки были установлены достоверные различия между основной и контрольной группами по ряду ключевых рентгенологических показателей. Значимые межгрупповые отличия выявлены для индекса сферичности головки бедренной кости (ISH), индекса конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) и угла Виберга (CEA) при уровне значимости $p < 0,05$. Следует также отметить, что по указанным параметрам у части пациентов контрольной группы значения стандартного отклонения были выше, чем в основной группе.

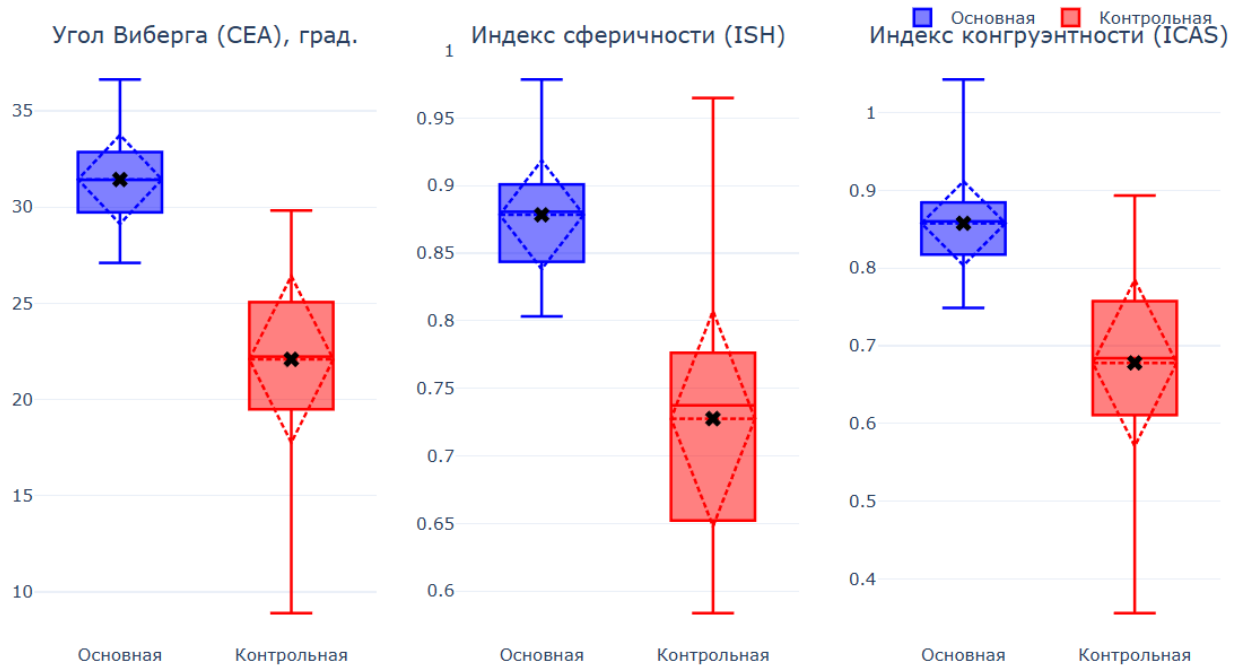


Рисунок 5.1 Основные рентгенологические показатели формы головки бедренной кости и стабильности тазобедренного сустава после хирургического лечения у пациентов основной и контрольной групп. На графике показаны медиана, среднее значение, межквартильный размах, минимальные и максимальные значения.

Это можно объяснить большей вариабельностью результатов после внесуставных корригирующих остеотомий, при которых в отдельных наблюдениях формировалась как гиперкоррекция, так и гипокоррекция проксимального отдела бедренной кости.

Распределение значений основных рентгенологических показателей, характеризующих форму головки бедренной кости и стабильность тазобедренного сустава, у пациентов основной и контрольной групп после хирургического лечения графически приведено на рисунке 5.1.

Нами также проанализирована степень восстановления сферичности головки бедренной кости в результате проведенного хирургического лечения (таблица 5.2)

Таблица 5.2

Характеристика восстановления сферичности головки бедренной кости у детей после хирургического лечения по данным рентгенографии (индекс сферичности ISH)

Степень восстановления сферичности	Основная группа	Контрольная группа	Всего пациентов	p
Сферичная (ISH $\geq 0,90$)	32 (80,0%)	12 (24,0%)	44	<0,05
I степень (ISH 0,85 - 0,89)	6 (15,0%)	18 (36,0%)	24	<0,05
II степень (ISH 0,80 - 0,84)	2 (5,0%)	14 (28,0%)	16	<0,05
III степень (ISH < 0,80)	0 (0%)	6 (12,0%)	6	<0,05
Всего	40 (100%)	50 (100%)	90	

Примечание: данные представлены в виде абсолютных величин (n) и процентного распределения (%) от состава группы. ISH - индекс сферичности головки бедренной кости. Статистическая значимость различий между группами определена критерием χ^2 Пирсона с поправкой Йетса.

У пациентов контрольной группы после внесуставных остеотомий адекватная коррекция деформации была достигнута в 32 наблюдениях (64%). При этом у 13 детей (26%) отмечалась гиперкоррекция положения бедренного компонента, а у 5 пациентов (10%) - недостаточная коррекция. Одновременно с этим необходимо подчеркнуть, что в основной группе (моделирующая резекция) адекватное восстановление формы головки и устранение ФАИ, достигнуто в 95% наблюдений (38 пациентов), что свидетельствует о значительно более высокой предсказуемости и воспроизводимости внутрисуставной методики.

По данным сравнительного анализа, представленного в таблице 5.2, установлено, что у детей основной группы (моделирующая резекция) в среднесрочном периоде наблюдения форма головки бедренной кости была

сферичной в 80% наблюдений, I степень деформации отмечена в 15%, II степень - в 5%, III степень не наблюдалась (0%). В контрольной группе (внесуставные остеотомии) сферичная форма головки отмечена только в 24% наблюдений, I степень деформации - в 36%, II степень - в 28%, III степень - в 12%.

При сравнительном анализе формы головки бедренной кости у детей обеих исследуемых групп в послеоперационном периоде выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$), что свидетельствует о преимуществе внутрисуставной методики в восстановлении сферичности головки бедренной кости по сравнению с традиционными внесуставными остеотомиями.

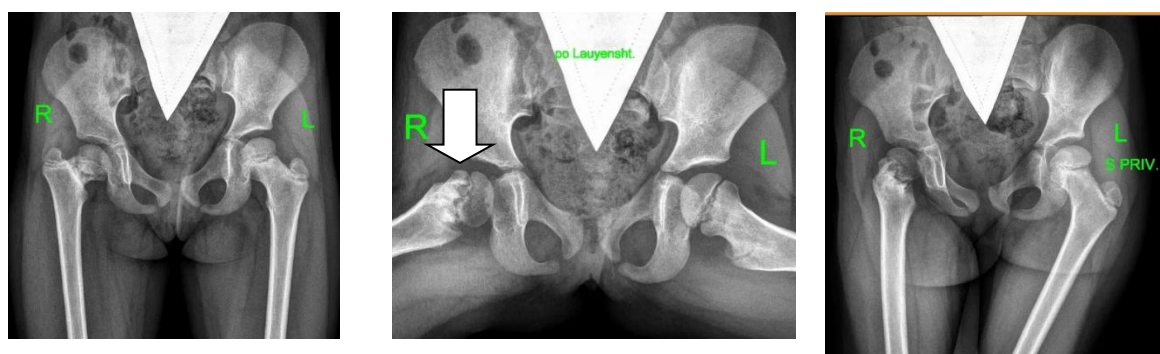
При анализе отдаленных результатов хирургического лечения у детей с ПДГБК отмечено улучшение функционального состояния нижней конечности. Положительная динамика выражалась в увеличении показателей компенсации, что отражало восстановление функции тазобедренного сустава и расширение амплитуды движений в пораженной конечности.

Клинический пример

Пациентка М., 2008 г.р. Из анамнеза известно, что БЛКП была диагностирована у пациентки в 11 лет. По месту жительства проводилось консервативное лечение: ограничение нагрузки на пораженную конечность, электрофорез с эуфиллином на пояснично-крестцовую область и электрофорез с кальцием на тазобедренные суставы. Было проведено по 2 курса лечения. На этом фоне боль несколько уменьшилась, однако дальнейшая терапия не выполнялась.

В 16-летнем возрасте пациентка обратилась в клинику Центра им. Г.И. Турнера. Она предъявляла жалобы на хромоту, умеренные боли в правом тазобедренном суставе, усиливавшиеся к концу дня, а также боли в поясничном отделе позвоночника. Боль появлялась после длительного сидения, подъема тяжестей и небольшой физической нагрузки.

При осмотре выявлены относительное укорочение правой нижней конечности на 1,2 см, легкая хромота. FADIR-тест был положительным, интенсивность боли составила 2 балла по шкале VAS.



А

Б

В

Рисунок 5.2 Рентгенограмма тазобедренных суставов пациентки М., 16 лет, до операции: А - передне-задняя проекция; Б - проекция по Лаунштейну; В - проекция с приведением до операции.

При анализе рентгенометрических показателей анатомического строения и пространственной ориентации проксимального отдела бедренной кости на стороне поражения установлены выраженные отклонения от возрастной нормы. Истинный шеечно-диафизарный угол (ШДУ) составил 140° , что соответствует верхней границе нормы и свидетельствует о тенденции к вальгусной деформации. Величина антеторсии достигла 37° , значительно превышая нормативные значения ($12-20^\circ$), что указывало на патологическую торсионную установку проксимального отдела бедренной кости. Критическое снижение интегральных показателей конгруэнтности сустава подтверждалось углом Виберга (СЕА), равным 7° (при норме $25-39^\circ$), что соответствовало выраженной латерализации и недостаточности костного покрытия головки бедренной кости. Степень костного покрытия во фронтальной плоскости составила всего 52% (норма - более 75%), а краниальное смещение головки бедренной кости достигало 12 мм (норма - менее 5 мм), что свидетельствовало о значительной проксимальной миграции бедренного компонента и грубом нарушении пространственных взаимоотношений в суставе (рисунок 5.2).

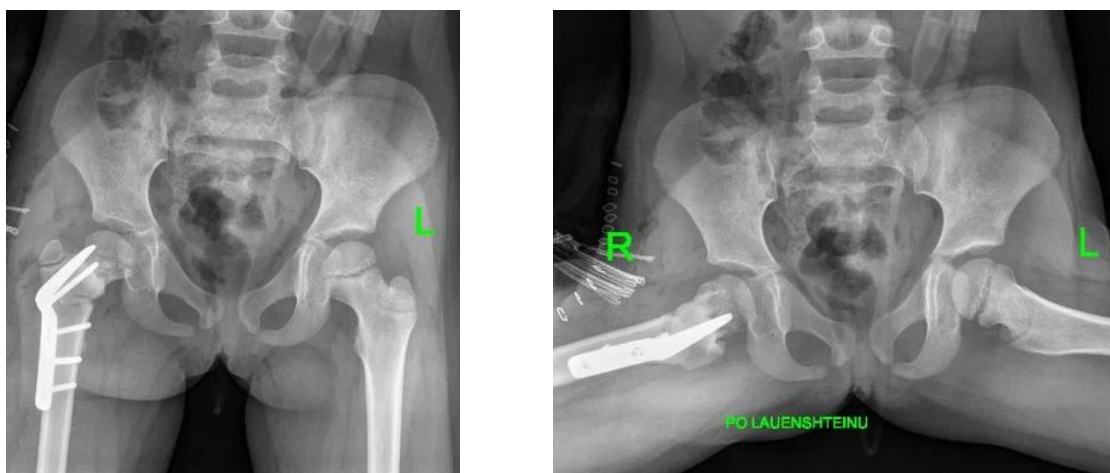
Совокупность выявленных рентгенометрических изменений соответствовала тяжелой декомпенсированной форме постишемической

деформации с выраженным ФАИ, что являлось абсолютным показанием к хирургической коррекции.

На рисунке 5.2 определялась выраженная утрата сферичности головки бедренной кости справа с формированием грибовидной деформации, наличие крупного костного экзостоза (сам-дефекта – белая стрелка на рисунке Б) в зоне перехода головки в шейку, значительное укорочение и утолщение шейки бедренной кости, а также патологическая антеторсия. Отмечалась латерализация и краниальная миграция головки, резкое сужение суставной щели, нарушение конгруэнтности суставных поверхностей. Вертлужная впадина уплощена, склерозирована, с явлениями вторичного остеоартроза. Полученные данные подтвердили наличие ФАИ и несостоятельность опорно-двигательного аппарата пораженного тазобедренного сустава. Визуализировались характерные признаки ПДГБК, соответствующие III типу по классификации Kalamchi -MacEwen.

Нестабильность тазобедренного сустава объективизировалась критическим снижением угла Виберга ($CEA = 7^\circ$ при норме $25 - 39^\circ$), уменьшением индекса костного покрытия головки бедренной кости до 52% (норма $> 75\%$) и наличием выраженного краниального смещения головки ($SL = 12$ мм при норме < 5 мм). Совокупность выявленных изменений соответствовала тяжелой декомпенсированной форме постишемической деформации с грубым нарушением конгруэнтности и стабильности сустава.

На основании данных комплексного предоперационного планирования была определена тактика хирургического лечения. Пациентке была выполнена вальгизирующая корригирующая остеотомия правой бедренной кости. Костные фрагменты фиксировали углообразной пластиной и кортикальными винтами.



А

Б

Рисунок 5.3 Рентгенограмма тазобедренных суставов пациентки М., 16 лет, после корригирующей остеотомии бедренной кости: А - передне-задняя проекция; Б - проекция по Лаунштейну.

На рисунке 5.3 представлены рентгенограммы тазобедренных суставов пациентки М., 16 лет, показано, что после корригирующей остеотомии бедренной кости сохраняется нарушение сферичности головки бедренной кости (передне-задняя проекция), а в проекции по Лаунштейну визуализируется антеторсия шейки бедренной кости, сохраняются контуры деформированной головки с признаками асферичности.

На результаты хирургического лечения у детей влияет не только выбранная методика операции, но и особенности продолжающегося роста костного скелета. По мере роста ребенка параметры тазобедренного сустава могут изменяться: уменьшается степень покрытия головки бедренной кости, а также меняются значения шеечно-диафизарного угла.

При планировании операции у детей необходимо учитывать дальнейший рост пациента, так как с возрастом параметры проксимального отдела бедренной кости могут изменяться. Поэтому в ряде случаев при коррекции бедренного компонента требуется заранее закладывать элемент гиперкоррекции.

В контрольной группе степень коррекции при остеотомии бедренной кости определяли визуально, методом «ad oculus». В отдельных наблюдениях это приводило к избыточной коррекции проксимального отдела бедренной кости. Такая деформация проявлялась отклонением анатомических параметров как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскостях.

По данным рентгенологического анализа основные показатели, характеризующие пространственное положение проксимального отдела бедренной кости, выходили за пределы физиологических значений.

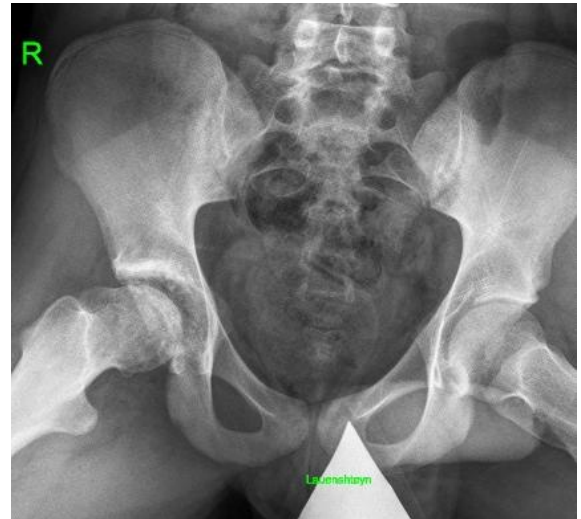
Клинический пример

Пациентка К., 16 лет. Диагноз: последствия болезни Легга-Кальве-Пертеса справа, асферичная деформация головки бедренной кости III типа по классификации Kalamchi-MacEwen, ФАИ Cam-типа. Из анамнеза заболевания: диагноз поставлен в возрасте 15 лет, за 9 месяцев до поступления в клинику. Консервативное лечение по месту жительства в виде ограничения нагрузки и физиотерапевтических мероприятий эффекта не дало. В связи с прогрессированием деформации и нарастанием болевого синдрома обратились в ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера». Пациентке была выполнена операция вальгизирующая остеотомия правой бедренной кости.

В передне-задней проекции определяется выраженная утрата сферичности головки, её грибовидная деформация, наличие костно-хрящевого экзостоза в передне-верхнем квадранте зоны перехода головки в шейку, а также латерализация и краниальная миграция головки, сужение суставной щели и нарушение конгруэнтности суставных поверхностей. В проекции по Лаунштейну дополнительно визуализируется патологическая антеторсия шейки бедренной кости, усугубляющая механический конфликт.



А



Б

Рисунок 5.4 Рентгенограмма тазобедренных суставов до операции пациентки М., 16 лет. А - передне-задняя проекция; Б - проекция по Лаунштейну.



А



Б

Рисунок 5.5 Рентгенограмма тазобедренных суставов пациентки М., 16 лет, через 12 месяцев после вальгизирующей остеотомии бедренной кости (контрольная группа). А - передне-задняя проекция; Б- проекция по Лаунштейну.

В сравнении с рентгенологическими показателями правого тазобедренного сустава до операции (рисунок 5.4), через 12 месяцев после выполнения остеотомии бедренной кости на рисунке 5.5 (А) на рентгенограмме в передне-

задней проекции определяется гиперкоррекция проксимального отдела бедренной кости во фронтальной плоскости с чрезмерной медиализацией дистального фрагмента, сохраняется деформация и нарушение сферичности головки бедренной кости. На этом же рисунке на рентгенограмме тазобедренных суставов в проекции по Лаунштейну визуализируется антеторсия шейки бедренной кости, определяются контуры деформированной головки с признаками асферичности и остаточного сам-дефекта, что свидетельствует о сохраняющемся ФАИ.

Шеечно-диафизарный угол составил 144° при верхней границе нормы 140° , что свидетельствует о гипервальгизации. Величина антеторсии (37°) сохранилась на патологическом уровне, превышающем нормативные значения более чем в два раза. Одновременно отмечено превышение нормативных параметров, характеризующих конгруэнтность тазобедренного сустава: угол Виберга достиг 52° (норма $25 - 39^\circ$), а степень костного покрытия головки - 120% (норма $>75\%$), что свидетельствует о гиперкоррекции латерализации и избыточном костном покрытии головки бедренной кости.

Изменение пространственного положения бедренного компонента при корригирующей остеотомии закономерно привело к перераспределению биомеханических нагрузок в проксимальном отделе бедренной кости, что выразилось в изменении ее пространственной ориентации относительно вертлужной впадины. Отсутствие объективных интраоперационных методов контроля не позволило своевременно выявить и скорректировать отклонения параметров коррекции от запланированных значений.

Данное наблюдение иллюстрирует критическую важность точного предоперационного планирования и необходимость использования объективных методов интраоперационного контроля (электронно-оптического преобразователя с возможностью рентгенометрии, навигационных систем или индивидуальных 3D-шаблонов) при хирургических вмешательствах на бедренном компоненте тазобедренного сустава.

С учетом данных зарубежной и отечественной литературы, а также собственного клинического опыта, нами была разработана и внедрена в практику

методика хирургического лечения детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости. Она включает хирургический вывих бедра и моделирующую резекцию головки бедренной кости. (патент РФ № 2833972 от 03.02.2025). Кардинальными положениями методики являются: безопасный хирургический вывих бедра с сохранением кровоснабжения головки, предоперационное 3D-моделирование с созданием индивидуального персонифицированного шаблона, точная моделирующая резекция по заранее рассчитанным границам, интраоперационный контроль перфузии головки. Отличия от известных методов заключаются в адаптации к незрелой костной системе детей с сохранением ростковых зон, возможности прямого восстановления формы деформированной головки (в отличие от внесуставных остеотомий), использовании 3D-шаблона для точности резекции. Преимуществами методики являются радикальное устранение деформации головки бедренной кости, высокая точность и воспроизводимость резекции, минимальный риск аваскулярного некроза, восстановление сферичности головки и конгруэнтности тазобедренного сустава, снижение частоты осложнений и ревизий, улучшение функциональных результатов и качества жизни пациентов.

Клинический пример

Больная К., 13 лет. Диагноз: последствия БЛКП справа, асферичная деформация головки правой бедренной кости, ФАИ sam-типа.

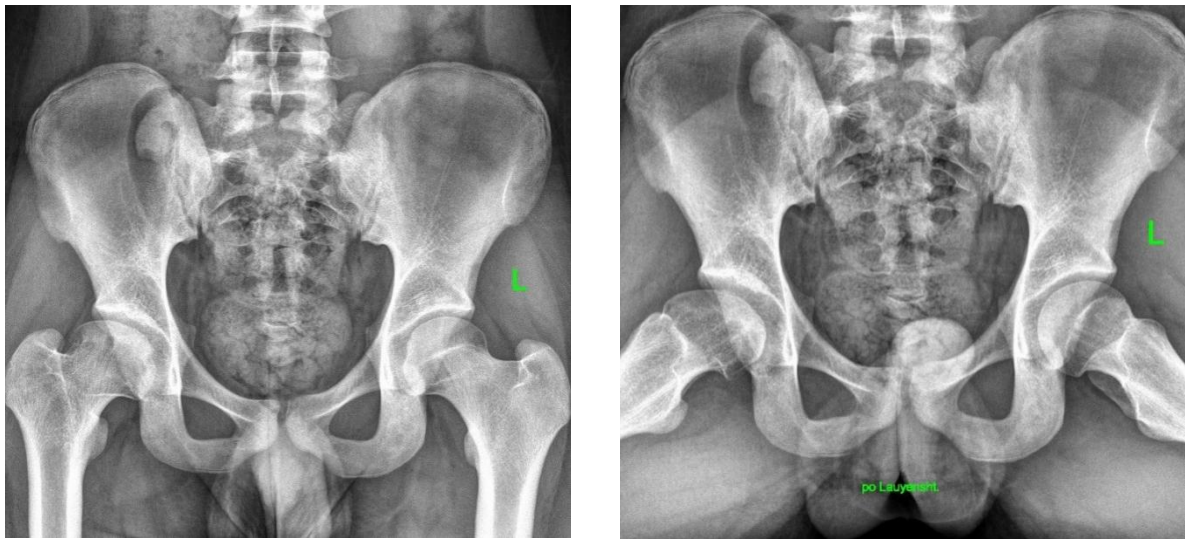
Пациентка поступила в ФГБУ «НМИЦ им. Г.И. Турнера» с жалобами на боль в правом тазобедренном суставе, возникавшую после физической нагрузки.

Первые нарушения походки родители заметили в возрасте 9 лет: появилась хромота на правую нижнюю конечность. Спустя примерно год присоединились умеренные боли в области правого тазобедренного сустава после нагрузки и длительной ходьбы. Также пациентка периодически отмечала боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника при наклонах и во время занятий хореографией.

При обращении в клинику в 13 лет при осмотре выявлены укорочение правой нижней конечности на 1,5 см и хромота средней степени. FADIR-тест был

положительным, интенсивность боли при его выполнении составила 4 балла по шкале VAS.

Лучевое обследование (рентгенография, МСКТ с 3D-реконструкцией) подтвердило типичные для постишемической деформации изменения: выраженную потерю сферичности головки бедренной кости (индекс сферичности $ISH = 0,58$), наличие крупного костного экзостоза (сам-дефекта) в зоне перехода головка-шейка, укорочение и утолщение шейки бедренной кости, а также нарушение её пространственного положения. Наличие грубой структурной деформации головки ($ISH < 0,75$), крупного сам-дефекта, стойкого болевого синдрома и значимого ограничения внутренней ротации ($< 15^\circ$) явилось абсолютным показанием к выполнению радикальной внутрисуставной коррекции. Пациентке была запланирована операция: хирургический вывих бедра по Ganz с последующей моделирующей резекцией деформированных участков головки и шейки бедренной кости (рисунок 5.6).



А

Б

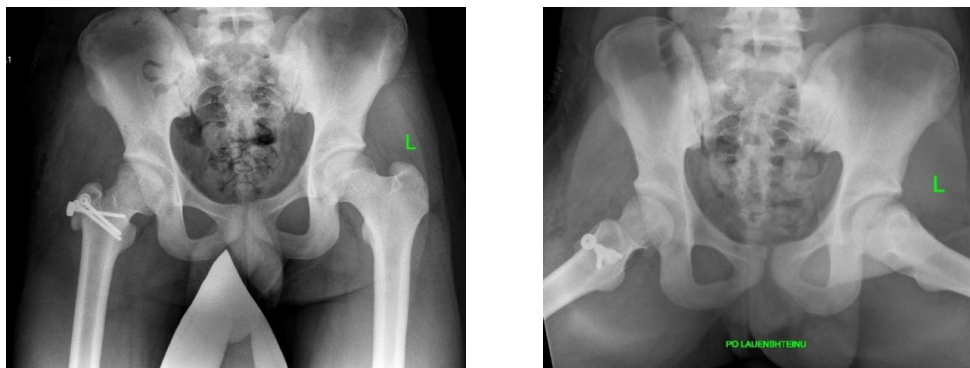
Рисунок 5.6 Рентгенограммы тазобедренных суставов пациентки А., 15 лет до операции: А - прямая проекция; Б - проекция по Лаунштейну.

Виртуальное планирование позволило создать персонифицированный хирургический шаблон в виде края вертлужной впадины для ориентации

плоскости и определения точного места моделирующей резекции головки и шейки бедренной кости. Шаблон изготавливали методом аддитивных технологий (FDM-печать на 3D-принтере Fortus 450mc, Stratasys, США) с последующей стерилизацией и интраоперационным использованием.

Послеоперационную иммобилизацию нижних конечностей осуществляли поролоновой отводящей подушкой в течение 5 недель.

Послеоперационный период протекал без осложнений. При контрольном обследовании через 12 и 24 месяцев отмечена положительная динамика. Болевой синдром полностью регрессировал (0 баллов по VAS), тест FADIR стал отрицательным, хромота исчезла.



А

Б

Рисунок 5.7 Рентгенограммы тазобедренных суставов пациентки А., 15 лет, через 12 мес. после выполнения моделирующей резекции головки правой бедренной кости с применением индивидуального 3D-шаблона: А - прямая проекция; Б - проекция по Лаунштейну.

По данным контрольной рентгенографии и МСКТ достигнуто значительное улучшение анатомических параметров: индекс сферичности головки (ISH) увеличился до 0,87, угол α (показатель сам-деформации) уменьшился с 78° до 52° , угол Виберга увеличился до 25° . Пациентка вернулась к полноценной повседневной активности, включая занятия физкультурой. При дальнейшем наблюдении (через 24 месяца после операции) сохранялся стабильный хороший результат без признаков рецидива деформации или прогрессирования артроза.

Результаты лучевого исследования пациентки А., 15 лет, через 12 мес. после выполнения моделирующей резекции головки правой бедренной кости с применением индивидуального 3D-шаблона, показывают признаки восстановления адекватной стабильности тазобедренного сустава. Головка бедренной кости центрирована в вертлужной впадине. Суставная щель равномерна, конгруэнтность суставных поверхностей восстановлена. На рентгенограмме тазобедренных суставов в проекции по Лаунштейну визуализируется адекватная сферичность реконструированной головки бедренной кости, отсутствие костных экзостозов в зоне перехода головки в шейку. Признаков ФАИ не определяется. (Рис 5.7)

После выполненной моделирующей резекции головки бедренной кости по предложенной нами методике пациентке основной группы была достигнута не только полная ликвидация патомеханического конфликта с восстановлением конгруэнтности суставных поверхностей, но и обеспечено оптимальное анатомо-функциональное соотношение компонентов тазобедренного сустава. Это подтверждено нормализацией основных рентгенологических индексов (СЕА, АНІ, ШДУ), соответствующих физиологическим значениям. Применение моделирующей резекции в сочетании с индивидуальным 3D-персонифицированным шаблоном создало условия для точного восстановления биомеханики сустава и эффективной профилактики рецидива ФАИ-синдрома в отдаленном послеоперационном периоде.

5.3 Осложнения после выполнения хирургического вмешательства

В течение первого послеоперационного года в обеих группах исследования наблюдалось достоверное улучшение всех рентгенометрических параметров, характеризующих сферичность головки бедренной кости и конгруэнтность суставных поверхностей ($p < 0,05$). По результатам годового наблюдения показатели угла латерального смещения (LDA) и индекса покрытия головки (АНІ)

оказались статистически значимо лучше в группе внутрисуставной коррекции (по сравнению с дооперационными значениями).

В среднесрочные сроки наблюдения (через 12 месяцев после хирургического лечения) динамика ключевых рентгенометрических показателей в исследуемых группах носила различный характер.

В контрольной группе, где выполнялись внесуставные корригирующие остеотомии бедренной кости, в ряде наблюдений отмечалось ухудшение показателей, характеризующих пространственное положение проксимального отдела бедренной кости. Так, у 10 пациентов (20%) через 24 месяца зарегистрировано увеличение угла латерального смещения головки и снижение индекса её покрытия по сравнению с показателями, достигнутыми через 12 месяцев после операции ($p < 0,05$). Данные изменения сопровождались повторным появлением клинических признаков ФАИ.

Следует подчеркнуть, что речь не шла о рецидиве деформации головки бедренной кости как таковой, поскольку внесуставные вмешательства не предусматривали её прямого ремоделирования. Отмеченное ухудшение было обусловлено прогрессированием нарушений пространственного положения проксимального отдела бедренной кости на фоне продолжающегося роста ребёнка, ремоделированием проксимального отдела бедренной кости и ограниченных возможностей внесуставной коррекции при исходно выраженных постишемических изменениях.

Указанные пациенты относились к ретроспективной когорте, оперированной в период до широкого внедрения методики хирургического вывиха бедра с моделирующей резекцией головки в клиническую практику учреждения. Выбор внесуставной коррекции в этих случаях определялся действовавшими на тот момент хирургическими подходами.

Характер выполненных ревизионных вмешательств включал повторные корригирующие остеотомии бедренной кости в связи с прогрессированием варусной или ротационной деформации проксимального отдела бедренной кости (4 наблюдения), реостеосинтез с дополнительной коррекцией положения

фрагментов при вторичном нарушении достигнутой коррекции (3 наблюдения), а также транспозицию большого вертела в сочетании при формировании выраженной функциональной недостаточности абдукторного механизма (3 наблюдения).

У 2 пациентов (4%) контрольной группы в сроки наблюдения до 3 лет диагностировано прогрессирование дегенеративно-дистрофических изменений тазобедренного сустава с формированием деформирующего коксартроза IV стадии, что потребовало выполнения тотального эндопротезирования после завершения роста.

В основной группе тяжёлые осложнения зарегистрированы у 2 пациентов (5%). В раннем послеоперационном периоде (6 -8 месяцев) у них развился тотальный хондролит суставного хряща головки бедренной кости. Несмотря на проводимую консервативную терапию, в последующем по достижении возраста 17 лет обоим пациентам выполнено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Несмотря на общую эффективность метода, внутрисуставная реконструкция сопряжена с риском тяжелых, хотя и редких осложнений.

Анализ структуры осложнений показал, что общая частота неблагоприятных исходов, потребовавших ревизионного вмешательства либо приведших к неудовлетворительному функциональному результату, составила 5% (2 из 40 пациентов) в основной группе и 24% (12 из 50 пациентов) в контрольной группе ($p < 0,05$ при сравнении частоты осложнений между группами).

5.4 Алгоритм выбора тактики хирургического лечения

С учетом полученных данных о состоянии головки бедренной кости, характере суставных взаимоотношений и возможностях их коррекции во время операции нами был разработан алгоритм диагностики и хирургического лечения детей с ПДГБК. Данный алгоритм позволил систематизировать этапы

обследования пациентов, определить ключевые критерии выбора оперативной тактики и обосновать применение реконструктивного вмешательства у данной категории больных.

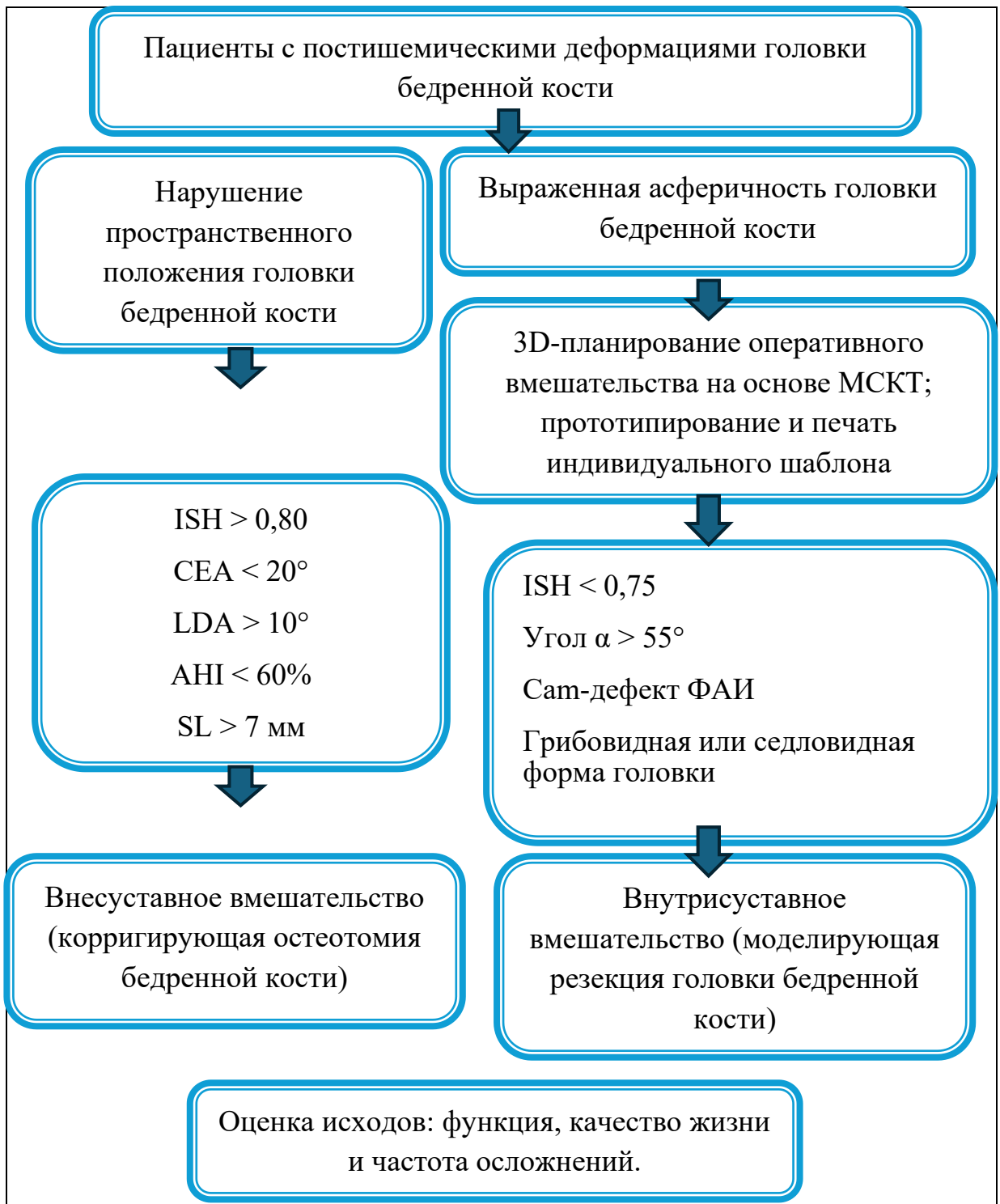


Рисунок 5.8 Алгоритм обследования и оперативного лечения пациентов детского возраста с ПДГБК.

Данный алгоритм позволил улучшить эффективность лечения детей с ПДГБК за счет дифференцированного выбора метода хирургической коррекции (внесуставные остеотомии или внутрисуставная реконструкция с моделирующей резекцией головки бедренной кости) на основе объективной оценки деформации (рисунок 5.8).

С учетом результатов выполненного исследования нами был предложен алгоритм диагностики и хирургического лечения детей с ПДГБК. При его разработке учитывали состояние головки бедренной кости, особенности взаимоотношений между компонентами тазобедренного сустава, а также возможность их коррекции непосредственно во время операции.

Алгоритм предназначен для последовательной оценки пациента и выбора наиболее обоснованной хирургической тактики. Он включает несколько этапов, которые выполняются поэтапно.

Первый этап представляет собой клинико-функциональное обследование, которое включает сбор жалоб и анамнеза, гониометрию, проведение провокационных тестов FADIR и FABER, оценку impingement-tests, измерение длины конечностей и количественную оценку болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале VAS.

Второй этап заключается в лучевой диагностике, включающей рентгенографию тазобедренных суставов в передне-задней проекции и проекции по Лаунштейну, а также мультиспиральную компьютерную томографию с трёхмерной реконструкцией. При этом рассчитываются ключевые рентгенометрические параметры: индекс сферичности головки ISH, угол α , угол Виберга СЕА, угол латерального смещения LDA, краниальное смещение SL, индекс покрытия головки АНІ, шеечно-диафизарный угол и антеторсия.

Третий этап направлен на определение характера деформации. При значениях ISH менее 0,75, угле α более 55° , наличии сат-дефекта, грибовидной или седловидной форме головки диагностируется нарушение формы головки бедренной кости. При ISH более 0,80, СЕА менее 20° , LDA более 10° , АНІ менее

60%, SL более 7 мм определяется нарушение пространственного положения проксимального отдела бедренной кости.

Следующий этап заключается в предоперационном 3D-планировании, которое является обязательным как для внутрисуставной реконструкции, так и для внесуставной корригирующей остеотомии. На основе данных МСКТ создаются трёхмерные модели проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины, рассчитываются параметры предстоящей коррекции. При планировании внутрисуставной реконструкции дополнительно изготавливается индивидуальный навигационный шаблон методом 3D-печати.

Пятый этап представляет собой выбор хирургической тактики. На основании комплексного клинико-рентгенологического обследования и результатов предоперационного планирования приняты приемлемый вариант хирургической коррекции. Выбор метода реализации осуществляется с учетом анатомических особенностей тазобедренного сустава и данных предварительного 3D-моделирования.

Шестой этап включает выполнение оперативного вмешательства в соответствии с выбранной методикой. Седьмой этап касается послеоперационного ведения, которое включает дифференцированные сроки иммобилизации с использованием поролоновой отводящей подушки на 4 -6 недель после внутрисуставной реконструкции или на $3 \pm 0,8$ месяца после внесуставной остеотомии, дозированную осевую нагрузку с 8 -12 недель при рентгенологических признаках консолидации и раннюю функциональную реабилитацию. Восьмой этап предусматривает контрольное клинико-рентгенологическое обследование через 6, 12 и 24 месяца после операции.

Разработанный алгоритм обеспечивает повышение эффективности лечения детей с ПДГБК за счёт дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции, основанного на объективной количественной оценке деформации, а также за счёт обязательного предоперационного 3D-планирования, позволяющего точно рассчитать параметры коррекции как при внесуставных, так и при внутрисуставных вмешательствах.

Сравнение результатов лечения 90 пациентов с ПДГБК III типа показало, что внутрисуставная реконструкция обеспечивает более выраженный клинико-рентгенологический эффект по сравнению с внесуставными корригирующими остеотомиями. Наиболее значимые результаты были получены при применении хирургического вывиха бедра с моделирующей резекцией головки бедренной кости, предоперационным 3D-планированием и использованием индивидуальных шаблонов-направителей. В основной группе достигнуто достоверно лучшее восстановление сферичности головки (ISH увеличился на 22,2% против 5,1%), конгруэнтности сустава (ICAS улучшился на 22,7% против 4,9%), устранение импинджмента (угол α уменьшился на 38,4% против 10,7%), а также более высокие функциональные результаты (качество жизни по PedsQL 4.0 - $86,7 \pm 5,2$ против $70,5 \pm 8,1$). Частота осложнений и ревизионных вмешательств в основной группе составила 5%, в контрольной - 24% ($p < 0,05$). Полученные данные подтверждают эффективность разработанного алгоритма диагностики и лечения, основанного на объективной оценке деформации (нарушение формы головки при $ISH < 0,75$ или нарушение её пространственного положения при $ISH > 0,80$), что позволяет персонализировать выбор хирургической тактики и улучшить отдалённые результаты.

ЗАЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на развитие методов раннего выявления заболеваний тазобедренного сустава у детей, проблема поздней диагностики ПДГБК остается актуальной. Кроме того, в клинической практике сохраняются трудности при оценке данных инструментальных исследований, включая рентгенографию, магнитно-резонансную и компьютерную томографию. В ряде случаев это приводит к неполной или неправильной интерпретации анатомических изменений со стороны тазового и бедренного компонентов сустава.

Дополнительной проблемой является отсутствие единых подходов к лечению детей с данной патологией. На этом фоне деформация может постепенно прогрессировать, формируя стойкие анатомические и функциональные нарушения. Изменение формы головки бедренной кости и нарушение ее взаимоотношений с вертлужной впадиной приводят к неравномерному распределению нагрузки на суставные поверхности. В дальнейшем это способствует развитию воспалительных реакций, ускоряет дегенеративные изменения гиалинового хряща и создает условия для формирования ФАИ и раннего коксартроза.

Восстановить правильные соотношения в измененном тазобедренном суставе консервативными методами, как правило, невозможно, поэтому основное значение приобретает хирургическое лечение. По данным отечественной и зарубежной литературы, в течение длительного времени основным вариантом оперативной коррекции у детей с ПДГБК считались внесуставные корригирующие остеотомии бедренной кости.

Однако, согласно данным систематического обзора и мета-анализа, внутрисуставные вмешательства путем выполнения безопасного хирургического вывиха бедра демонстрируют хорошие результаты: моделирующая резекция головки и шейки бедренной кости в сочетании с другими процедурами позволяет полностью купировать болевой синдром,

значительно улучшить амплитуду движений и восстановить функцию у большинства пациентов без серьезных осложнений.

Одновременно с этим до настоящего времени остаются нерешенными вопросы выбора оптимального метода коррекции в зависимости от анатомо-рентгенологических особенностей деформации, а также влияния применяемых методик на результаты лечения. Активно обсуждается проблема использования аддитивных технологий и 3D-планирования в ходе оперативных вмешательств на тазобедренном суставе у детей. В Центре имени Г.И. Турнера разработан и запатентован новый метод хирургического лечения детей с ПДГБК с применением 3D-печатных индивидуальных шаблонов, позволяющих с точностью удалять патологически измененные участки кости, что минимизирует травматизацию тканей, снижает риск осложнений и ускоряет процесс реабилитации.

На сегодняшний день в практике детских хирургов-ортопедов при планировании коррекции деформаций тазобедренного сустава обязательным является расчет анатомо-функциональных параметров с целью восстановления физиологической биомеханики сустава после хирургического вмешательства. Проведенный анализ научных данных свидетельствует о том, что внутрисуставные вмешательства могут быть эффективны в лечении пациентов с ПДГБК, однако для более объективной оценки их влияния на дальнейшее течение заболевания требуется анализ отдаленных результатов лечения. В современной литературе недостаточно представлены сведения о сравнительной эффективности внесуставных и внутрисуставных методов хирургического лечения детей с ПДГБК, а также четкие критерии выбора тактики в зависимости от деформации. Настоящее исследование было направлено на решение этих актуальных задач детской ортопедии.

Целью работы было улучшить результаты хирургического лечения детей с ПДГБК с использованием методики хирургического вывиха бедра и 3D технологий.

Исследование проведено в отделении патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. В него включены 90 пациентов с постишемическими деформациями головки бедренной кости III типа по классификации Kalamchi–MacEwen, проходивших обследование и хирургическое лечение в Центре с 2016 по 2025 год. Всего проанализировано 100 тазобедренных суставов.

В структуре пациентов преобладали мальчики - 63 ребенка (70,0%), девочек было 27 (30,0%). Возраст на момент операции составлял от 11 до 17 лет, средний возраст - $14,2 \pm 1,8$ года.

С учетом выбранной хирургической тактики пациенты были разделены на две группы. Основную группу составили 40 пациентов с поражением 41 тазобедренного сустава. Им выполняли внутрисуставную реконструкцию: хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией головки и шейки бедренной кости. Лечение проводили с применением предоперационного 3D-планирования и индивидуальных навигационных шаблонов-направителей (патент РФ на изобретение № 2833972 от 03.02.2025).

В контрольную группу вошли 50 пациентов с поражением 59 тазобедренных суставов. У них применяли традиционные внесуставные корригирующие остеотомии проксимального отдела бедренной кости: вальгизирующие и деротационные, изолированно либо в сочетании с транспозицией большого вертела. 3D-моделирование и индивидуальные шаблоны в этой группе не использовались.

Средний срок послеоперационного наблюдения составил 24 ± 8 месяцев (от 12 до 48 месяцев). Все пациенты завершили минимальный 12-месячный период наблюдения, потерь наблюдения не было. Группы были сопоставимы по возрасту, полу и этиологии заболевания ($p > 0,05$).

Первой задачей настоящей работы являлось изучение рентгеноанатомических особенностей состояния тазобедренного сустава у детей с ПДГБК и выявление наиболее типичных их проявлений.

По результатам проведенного рентгенологического обследования у всех пациентов показатели, характеризующие состояние тазового и бедренного компонентов сустава, имели значения, типичные для постишемического характера патологии. Анатомические изменения выражались в значительном снижении индекса сферичности головки (ISH), который составил $0,55 \pm 0,08$ в основной группе и $0,70 \pm 0,05$ в контрольной группе, что свидетельствовало о выраженной асферичности головки бедренной кости. Увеличение угла α до $70,2 \pm 5,2^\circ$ в основной группе и $65,4 \pm 3,6^\circ$ в контрольной группе подтверждало наличие сат-дефекта в зоне перехода головки в шейку.

Изменения пространственного положения проксимального отдела бедренной кости характеризовались уменьшением угла Виберга (CEA) до $15,2 \pm 1,3^\circ$ в основной группе и $18,4 \pm 0,4^\circ$ в контрольной группе, увеличением угла латерального смещения (LDA) до $30,2 \pm 3,1^\circ$ и $37,2 \pm 2,5^\circ$ соответственно, а также краниальным смещением головки (SL) $8,7 \pm 1,3$ мм и $9,5 \pm 1,0$ мм соответственно. Индекс покрытия головки (ANI) был снижен до $60,2 \pm 6,1\%$ в основной группе и $62,5 \pm 6,3\%$ в контрольной группе. Индекс конгруэнтности (ICAS) составил $0,75 \pm 0,07$ и $0,79 \pm 0,07$ соответственно, что указывало на нарушение конгруэнтности суставных поверхностей.

У пациентов обеих групп средние значения шеечно-диафизарного угла находились у верхней границы физиологической нормы: $141,5 \pm 5,3^\circ$ в контрольной группе и $138,5 \pm 5,8^\circ$ в основной группе. При этом антеторсия проксимального отдела бедренной кости была увеличена и составляла $31,5 \pm 6,2^\circ$ и $29,8 \pm 5,7^\circ$ соответственно. Такие изменения были характерны для пациентов с ПДГБК.

Для пациентов с ПДГБК III типа по классификации Kalamchi-MacEwen в возрасте от 11 до 17 лет характерны выраженное снижение индекса сферичности головки (ISH), увеличение угла α , уменьшение угла Виберга (CEA), увеличение угла латерального смещения (LDA) и краниального смещения головки (SL), снижение индекса покрытия головки (ANI) и индекса конгруэнтности (ICAS) при сохранении шеечно-диафизарного угла в пределах

верхней границы нормы и патологической антеторсии шейки бедренной кости. Совокупность вышеуказанных изменений соответствует тяжелой форме постишемической деформации с выраженным ФАИ и является обоснованием для выбора адекватного метода хирургической коррекции.

Второй задачей настоящего исследования являлось усовершенствование методики выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости с применением техники хирургического вывиха бедра и использованием 3D-технологий.

На основании аналитических данных мировой научной литературы, посвященной проблеме хирургического лечения ПДГБК у детей, а также с учетом собственного клинического опыта, нами был разработан и внедрен в клиническую практику способ моделирующей резекции головки бедренной кости при хирургическом вывихе бедра у пациентов с постишемическими деформациями (патент РФ на изобретение № 2833972 от 03.02.2025 «Способ выполнения моделирующей резекции у детей с постишемическими деформациями головки бедренной кости»).

Основной задачей данного метода является радикальное устранение патомеханического конфликта в тазобедренном суставе за счет обеспечения прямого доступа к внутрисуставным структурам. Способ позволяет выполнить точную резекцию костно-хрящевых деформаций головки бедренной кости и восстановить сферичность суставной поверхности. Отличительной особенностью разработанного подхода является выполнение безопасного хирургического вывиха бедра с сохранением кровоснабжения головки бедренной кости через сосуды в области большого вертела, что обеспечивает возможность безопасного проведения расширенной артротомии и выполнения моделирующей резекции под визуальным контролем.

Особенностью планирования хирургического лечения пациентов основной группы являлось проведение предоперационного 3D-моделирования с созданием индивидуального хирургического шаблона-направителя для точного позиционирования при выполнении моделирующей резекции головки

бедренной кости. На основе данных мультиспиральной компьютерной томографии с последующей трехмерной реконструкцией тазобедренного сустава в специализированной программе PMPPlanner (Polygon Medical Engineering) создавали виртуальную 3D-модель тазобедренного сустава. На модели определяли зону патологической деформации в передне-верхнем квадранте головки и шейки бедренной кости, измеряли исходные показатели: индекс сферичности головки (ISH) и угол α , определяли локализацию и протяженность деформированного участка.

Целевыми ориентирами служили восстановление сферичности головки до значений $ISH \geq 0,90$ и устранение импинджмента с достижением угла $\alpha \leq 55^\circ$. Путем последовательной виртуальной резекции удаляли деформированные участки головки бедренной кости до достижения целевых показателей. Контроль адекватности резекции осуществляли путем моделирования движений в тазобедренном суставе: сгибания до 90° и внутренней ротации до 20° . Отсутствие контакта между реконструированной головкой и краем вертлужной впадины являлось критерием достаточности резекции.

Для обеспечения точной интраоперационной реализации предоперационного плана создавали индивидуальный шаблон-направитель, повторяющий форму интактного края вертлужной впадины в зоне деформации головки и шейки бедренной кости, который обеспечивал плотное соприкосновение с костными ориентирами проксимального отдела бедренной кости (большой вертел, межвертельная ямка). Использование пластиковой модели края вертлужной впадины в ходе операции в качестве шаблона позволяло точно определить зону патологического соударения: шаблон прикладывали к головке и шейке, и участки, не позволяющие выполнить плотную посадку (зоны импинджмента), подлежали резекции.

На 3D-модели в сагиттальной плоскости по краю вертлужной впадины создавали виртуальный срез, соответствующий будущему шаблону-направителю. Данный прием позволял осуществить плотную виртуальную посадку шаблона на головку и шейку бедренной кости с опорой на стабильные

анатомические ориентиры, что обеспечивало точную визуализацию зоны патологического импинджмента между деформированной головкой и краем вертлужной впадины, а также объективную оценку степени асферичности головки.

После определения необходимого объема и геометрии резекции фиксировали точные параметры: глубину резекции (от 5 до 12 мм), ширину (от 10 до 20 мм) и угол наклона плоскости среза относительно оси шейки бедренной кости (от 15 до 30 градусов).

Изготовление шаблона производили методом аддитивных технологий - FDM-печатью на 3D-принтере Fortus 450mc (Stratasys, США) из биосовместимого материала с последующей стерилизацией.

В результате применения разработанной методики в основной группе исследования достигнуто достоверно лучшее восстановление сферичности головки: сферичная форма головки ($ISH \geq 0,90$) достигнута в 80% наблюдений, тогда как в контрольной группе - только в 24% ($p < 0,05$). Индекс сферичности головки (ISH) в основной группе увеличился в среднем на 22,2% (с 0,72 до 0,88) против 5,1% (с 0,78 до 0,82) в контрольной группе. В основной группе динамика показателей была более выраженной. Индекс конгруэнтности суставных поверхностей (ICAS) увеличился на 22,7%, тогда как в контрольной группе - на 4,9%. α -угол, отражающий выраженность импинджмента, снизился на 38,4% против 10,7% в контрольной группе. В контрольной группе отмечалась большая вариабельность рентгенологических показателей по сравнению с основной группой. Это отражалось в более высоких значениях стандартного отклонения у части пациентов и было связано с неодинаковым положением проксимального отдела бедренной кости после внесуставных остеотомий.

В отдельных наблюдениях после операции формировалась избыточная коррекция бедренного компонента, тогда как у части пациентов коррекция, наоборот, была недостаточной. Так, гиперкоррекция в контрольной группе была выявлена у 13 детей (26%), а гипокоррекция - у 5 пациентов (10%).

Адекватная коррекция деформации достигнута только в 64% наблюдений контрольной группы. В основной группе адекватное восстановление формы головки и устранение импинджмента достигнуто в 95% наблюдений (38 пациентов), что свидетельствует о значительно более высокой предсказуемости и воспроизводимости разработанной методики с использованием 3D-планирования и индивидуальных шаблонов.

Применение персонифицированных 3D-шаблонов в ходе выполнения моделирующей резекции головки бедренной кости доказало свою эффективность, обеспечивая высокую точность и воспроизводимость запланированных параметров коррекции, исключая субъективные ошибки позиционирования и снижая частоту осложнений.

Третьей задачей настоящего исследования являлось проведение сравнительного анализа отдаленных результатов выполнения внесуставных и внутрисуставных хирургических вмешательств у детей с ПДГБК.

При сравнительном анализе отдаленных результатов установлено, что внутрисуставная методика обеспечила достоверно лучшее восстановление анатомической формы сустава. Индекс сферичности головки (ISH) в основной группе увеличился в среднем на 22,2% (с 0,72 до 0,88) против 5,1% (с 0,78 до 0,82) в контрольной группе ($p < 0,05$). Индекс конгруэнтности (ICAS) улучшился на 22,7% в основной группе против 4,9% в контрольной ($p < 0,05$). Ключевой ФАИ - угол α - уменьшился на 38,4% в основной группе по сравнению с 10,7% в контрольной группе ($p < 0,05$).

Анализ качества жизни с использованием опросника PedsQL 4.0 выявил достоверно более высокие показатели у пациентов основной группы ($86,7 \pm 5,2$ против $70,5 \pm 8,1$ в контрольной группе, $p < 0,05$). Наиболее выраженные различия отмечались в показателях физического функционирования ($88,3 \pm 4,5$ против $65,2 \pm 9,1$) и эмоционального благополучия ($85,1 \pm 6,0$ против $72,8 \pm 7,4$).

Интенсивность болевого синдрома по шкале VAS в основной группе снизилась до $1,2 \pm 0,8$, в контрольной группе составила $3,4 \pm 1,2$ ($p < 0,05$). У 93%

пациентов основной группы болевой синдром полностью регрессировал, в контрольной группе полного исчезновения болей не наблюдалось.

Амплитуда движений в тазобедренном суставе в основной группе была достоверно выше: сгибание - $118,5 \pm 4,2^\circ$ против $102,4 \pm 5,6^\circ$, отведение - $42,3 \pm 3,8^\circ$ против $32,1 \pm 4,5^\circ$, внутренняя ротация - $32,5 \pm 5,1^\circ$ против $22,4 \pm 6,3^\circ$ ($p < 0,05$). Положительные провокационные тесты (FADIR, FABER) сохранялись у 5% пациентов основной группы и у 24% контрольной группы ($p < 0,05$).

При анализе степени восстановления сферичности головки бедренной кости установлено, что в основной группе сферичная форма головки (ISH $\geq 0,90$) достигнута в 80% наблюдений, в контрольной группе - только в 24% ($p < 0,05$). В основной группе осложнения и необходимость повторных оперативных вмешательств отмечались значительно реже, чем в контрольной группе: 5% против 24% соответственно. Различия между группами были статистически значимыми ($p < 0,05$).

При сравнении результатов лечения у пациентов основной и контрольной групп были выявлены достоверные отличия по основным клинорентгенологическим показателям ($p < 0,05$). Это указывает на более выраженную положительную динамику после применения разработанного варианта внутрисуставной реконструкции.

Корреляционный анализ показал наличие сильной прямой связи между индексом сферичности головки бедренной кости (ISH) и показателями качества жизни по опроснику PedsQL 4.0 ($r = 0,79$; $p < 0,05$). Также была установлена выраженная прямая связь между величиной α -угла и интенсивностью болевого синдрома по шкале VAS ($r = 0,82$; $p < 0,05$). Таким образом, чем лучше восстанавливалась форма головки бедренной кости и чем эффективнее устранялся сат-дефект, тем более заметным было улучшение функции тазобедренного сустава и качества жизни пациентов.

Для пациентов с ПДГБК III типа по классификации Kalamchi-MacEwen в возрасте от 11 до 17 лет характерны выраженные анатомо-функциональные нарушения, требующие хирургической коррекции. Внутрисуставная методика

(хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией с использованием 3D-планирования и индивидуальных шаблонов) имеет достоверные преимущества перед традиционными внесуставными остеотомиями по всем изученным параметрам: восстановлению сферичности головки, конгруэнтности сустава, устранению импинджмента, купированию болевого синдрома, восстановлению амплитуды движений, улучшению качества жизни и снижению частоты осложнений.

Одной из задач исследования являлась разработка алгоритма диагностики и выбора хирургического лечения у детей с ПДГБК.

Алгоритм был создан на основании полученных данных о рентгеноанатомических особенностях деформации, состоянии головки бедренной кости и взаимоотношениях компонентов тазобедренного сустава.

Его применение позволило более обоснованно подходить к планированию операции, выбирать оптимальный вариант хирургической коррекции для каждого пациента и тем самым повысить общую эффективность лечения данной категории больных.

Применение алгоритма обеспечило выбор оптимального метода коррекции (внутрисуставная реконструкция или внесуставная остеотомия) с учетом исходных рентгенометрических параметров (ISH, угол α , CEA, LDA, ANI, SL). Внедрение разработанного алгоритма в клиническую практику позволило улучшить функциональные результаты (качество жизни по PedsQL 4.0 - $86,7 \pm 5,2$ против $70,5 \pm 8,1$), снизить частоту послеоперационных осложнений с 24% до 5%, достичь адекватного восстановления формы головки в 95% наблюдений и предотвратить развитие рецидива деформации и ФАИ в отдаленном периоде наблюдения.

Таким образом, на основании проведенного исследования выполнены все поставленные задачи.

ВЫВОДЫ

1. У детей с ПДГБК III типа по классификации Kalamchi-MacEwen рентгенанатомические изменения характеризуются выраженным снижением индекса сферичности головки (ISH) до $0,55 \pm 0,08$ в основной группе и $0,70 \pm 0,05$ в контрольной группе, увеличением угла α до $70,2 \pm 5,2^\circ$ и $65,4 \pm 3,6^\circ$ соответственно, уменьшением угла Виберга (CEA) до $15,2 \pm 1,3^\circ$ и $18,4 \pm 0,4^\circ$, увеличением угла латерального смещения (LDA) до $30,2 \pm 3,1^\circ$ и $37,2 \pm 2,5^\circ$, краниальным смещением головки (SL) $8,7 \pm 1,3$ мм и $9,5 \pm 1,0$ мм, снижением индекса покрытия головки (ANI) до $60,2 \pm 6,1\%$ и $62,5 \pm 6,3\%$, а также патологической антеторсией шейки бедренной кости ($31,5 \pm 6,2^\circ$ и $29,8 \pm 5,7^\circ$) при сохранении шеечно-диафизарного угла в пределах верхней границы нормы.

2. Типичными особенностями проявления ПДГБК III типа по классификации Kalamchi-MacEwen является наличие трех ключевых рентгенологических синдромов: нарушения сферичности (ISH $< 0,85$, ICAS $< 0,85$, CEA $< 20^\circ$), латеральной миграции головки (LDA $> 10^\circ$, SL > 7 мм, ANI $< 60\%$) и вертикализации головки (увеличение ШДУ, уменьшение АТД), что в совокупности приводит к ФАИ и дисконгруэнтности пораженного тазобедренного сустава ($p < 0,05$).

3. Разработанный метод моделирующей резекции головки бедренной кости при хирургическом вывихе бедра у детей с ПДГБК (патент РФ на изобретение № 2833972 от 03.02.2025) включает проведение предоперационного 3D-моделирования с изготовлением индивидуального персонифицированного шаблона-направителя, выполнение безопасного хирургического вывиха бедра с сохранением кровоснабжения головки, осуществление точной резекции участков деформированной головки с использованием аддитивных технологий и интраоперационный контроль перфузии головки. Предложенное вмешательство позволяет радикально устранить деформацию.

4. Сравнительный анализ показал, что разработанная методика внутрисуставной моделирующей резекции головки бедренной кости у детей с

ПДГБК обеспечивает более выраженный клинико-рентгенологический эффект по сравнению с традиционными внесуставными остеотомиями. В основной группе адекватное восстановление формы головки и устранение импинджмента достигнуты в 95% наблюдений против 64% в контрольной группе. Также отмечена более значимая положительная динамика ISH, ICAS и α -угла, более высокие показатели качества жизни по PedsQL 4.0 - $86,7 \pm 5,2$ против $70,5 \pm 8,1$ балла - и меньшая частота осложнений и ревизионных вмешательств: 5% против 24% ($p < 0,05$).

5. Разработанный алгоритм диагностики и хирургического лечения детей с ПДГБК включает клинико-функциональное обследование, лучевую диагностику с расчетом ключевых рентгенометрических параметров (нарушение формы головки при $ISH < 0,75$, угле $\alpha > 55^\circ$, наличии сат-дефекта, грибовидной или седловидной форме головки; нарушение пространственного положения при $ISH > 0,80$, $CEA < 20^\circ$, $LDA > 10^\circ$, $ANI < 60\%$, $SL > 7$ мм), предоперационное 3D-планирование, дифференцированный выбор метода хирургической коррекции (внутрисуставная реконструкция или внесуставная остеотомия), что позволяет улучшить функциональные результаты и снизить риск отдаленных осложнений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам детского возраста (11 -17 лет) с ПДГБК III типа по классификации Kalamchi-MacEwen, наряду со стандартной рентгенографией тазобедренных суставов в передне-задней проекции и проекции по Лаунштейну, рекомендуется проведение мультиспиральной компьютерной томографии с последующей трехмерной реконструкцией с целью детальной оценки характера изменений головки бедренной кости, локализации и протяженности сам-дефекта, а также пространственной ориентации проксимального отдела бедренной кости.

2. При предоперационном планировании хирургического лечения детей с ПДГБК необходимо учитывать значения индекса сферичности головки (ISH) и угла α как ключевых рентгенометрических параметров, определяющих выбор оптимальной хирургической тактики - внутрисуставной реконструкции либо внесуставной коррекции.

3. При значениях ISH менее 0,75 и угле α более 55° показано выполнение внутрисуставной реконструкции (хирургический вывих бедра с моделирующей резекцией головки); при ISH более 0,80, угле Виберга (CEA) менее 20° , угле латерального смещения (LDA) более 10° , индексе покрытия головки (ANI) менее 60%, краниальном смещении (SL) более 7 мм рекомендовано выполнение внесуставной корригирующей остеотомии бедренной кости.

4. При выполнении моделирующей резекции головки бедренной кости у детей с ПДГБК рекомендовано проведения предоперационного 3D-планирования и моделирования, применение индивидуальных шаблонов-направителей, изготовленных методом аддитивных технологий, для выполнения точной резекции деформированных участков.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АНГБК - асептический некроз головки бедренной кости

БЛКП - болезнь Легга-Кальве-Пертеса

ДТБС - дисплазия тазобедренного сустава

ИАНГБК - идиопатический асептический некроз головки бедренной кости

МСКТ - мультиспиральная компьютерная томография

ПДГБК - постишемическая деформация головки бедренной кости

ПИНГБК - постишемический некроз головки бедренной кости

ФАИ - фемороацетабулярный импинджмент

АТД - артикуло-трохантерное расстояние

АНИ - индекс покрытия головки (Acetabular Head Index)

СЕА - угол Виберга (Center-Edge Angle)

ICAS - индекс конгруэнтности суставных поверхностей (Index of Congruity of the Articular Surfaces)

ISA - индекс сферичности вертлужной впадины (Index of Sphericity of the Acetabulum)

ISH - индекс сферичности головки бедренной кости (Index of Sphericity of the Femoral Head)

LDA - угол латерального смещения головки (Lateral Displacement Angle)

PedsQL - опросник качества жизни в педиатрии (Pediatric Quality of Life Inventory)

SL - краниальное смещение головки (Superior Displacement)

VAS - визуально-аналоговая шкала боли (Visual Analogue Scale)

VCA - передне-центральный угол (Ventral Center-edge Angle)

WBS - угол наклона опорной поверхности вертлужной впадины (Weight Bearing Surface angle)

α - угол альфа (зона перехода головка-шейка бедренной кости)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баиндурашвили, А. Г. Дисплазия тазобедренного сустава (врожденный вывих, подвывих бедра) - диагностика и лечение у детей младшего возраста : пособие для врачей / А. Г. Баиндурашвили, М. М. Камоско, А. И. Краснов [и др.] ; Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, ФГУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздравсоцразвития России. - Санкт-Петербург, 2011. - 36 с
2. Белецкий А.В., Герасименко М.А. Диспластический коксартроз: патогенез и клиника // Медицинские новости. - 2000. - № 8. - С. 32 -36.
3. Краснов А.И. Хирургическое лечение асептического некроза головки бедренной кости у детей // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. - 1990. - № 6. - С. 78 -82.
4. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Филиппова А.В., Бортулёв П.И. Хирургический вывих бедра в лечении детей с болезнью Легга-Кальве-Пертеса // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2020. - Т. 8, № 2. - С. 45 -54.
5. Басков В.Е., Баиндурашвили А.Г., Филиппова А.В., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Поздникин И.Ю., Бортулёв П.И. Планирование корригирующей остеотомии бедренной кости с использованием 3D-моделирования. Часть II // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2017. - Т. 5, вып. 3. - С. 74 -79. - DOI: 10.17816/PTORS5374-79.
6. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б. Применение 3D-печатных шаблонов при корригирующей остеотомии бедренной кости у детей // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. - 2020. - Т. 10, № 3. - С. 321 -328.
7. Сертакова А.В., Поздникин И.Ю., Баиндурашвили А.Г. Патология тазобедренного сустава у детей: современные аспекты диагностики и лечения // Травматология и ортопедия России. - 2017. - Т. 23, № 2. - С. 5 -15.

8. Гудушаури О.Н., Капанадзе В.Д., Абашидзе Г.М. Ранний коксартроз у подростков. - Тбилиси: Мецниереба, 1990. - 112 с.
9. Поздникин И.Ю., Баиндурашвили А.Г., Басков В.Е. Современные проблемы диагностики заболеваний тазобедренного сустава у детей // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2017. - Т. 5, № 1. - С. 15 -23.
10. Кавалерский Г.М., Лычагин А.В., Ключин Н.М. Эндопротезирование тазобедренного сустава в Российской Федерации // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2015. - № 3. - С. 5 -10.
11. Болевич С.Б., Войнов В.А. Патофизиология дегенеративных заболеваний суставов. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 240 с.
12. Кожевников О.В., Миначов Б.Ш., Якупов Р.Р. Биохимические изменения при дегенеративных заболеваниях суставов // Гений ортопедии. - 2016. - № 2. - С. 45 -50.
13. Норкин И.А., Кирилова И.А., Смирнов В.В. Экспериментальная модель коксартроза // Травматология и ортопедия России. - 2006. - № 3. - С. 32 - 36.
14. Камоско М.М. Патогенез деформирующего коксартроза при патологии тазобедренного сустава у детей: дис. ... д-ра мед. наук. - СПб., 2010. - 286 с.
15. Ямщиков О.Н., Емельянов С.А., Мордовин С.А., Петрухин А.Н., Колобова Е.А., Грезнев Э.А., Маняхин Р.С. Анатомические особенности кровоснабжения шейки бедренной кости (обзор литературы) // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. - 2021. - № 2. - С. 11 -17. - DOI: 10.20340/vmi-rvz.2021.2.MORPH.1.
16. Поздникин Ю.И., Камоско М.М., Краснов А.И., Волошин С.Ю., Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Мельченко Е.В. Система лечения дисплазии тазобедренного сустава и врожденного вывиха бедра как основа профилактики диспластического коксартроза // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова - 2007.- №3.- С. 63-71.

17. Краснов А.И., Басков В.Е., Поздников И.Ю., Барсуков Д.Б. Реконструктивные вмешательства при постишемических деформациях головки бедренной кости у детей // Травматология и ортопедия России. - 2019. - Т. 25, № 3. - С. 56 -64.

18. Поздников Ю.И. Реконструктивно-восстановительные операции при врожденном вывихе бедра у детей: дис. ... д-ра мед. наук. - Ленинград, 1983. - 372 с.

19. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б. Коррекция проксимальных деформаций бедренной кости у детей методом эпифизиодеза (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2023. - Т. 11, № 4. - С. 571 -582. - DOI: 10.17816/PTORS625448.

20. Тёпленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С. Хирургическое лечение детей с дисплазией тазобедренного сустава, осложненной асептическим некрозом головки бедренной кости // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2019. - Т. 7, № 1. - С. 25 -34. - DOI: 10.17816/PTORS7125-34.

21. Zabaluev M.V., Vissarionov S.V., Pozdnikin I.Y., Barsukov D.B., Baskaeva T.V., Bortulev P.I. Surgical approaches to the treatment of children with postischemic deformities of the femoral head: a review // Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. - 2025. - Vol. 13, № 3. - P. 328 -338. - DOI: 10.17816/PTORS641801.

22. Камоско М.М. Система лечения дисплазии тазобедренного сустава у детей / М.М. Камоско, А.И. Краснов, В.Е. Басков, С.Ю. Волошин, И.Ю. Поздников, Д.Б. Барсуков, Т.В. Баскаева, О.В. Ляпина // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2013. - Т.1, Выпуск 1. - С. 26-35 (10 с.).

23. Дисплазия тазобедренного сустава у детей неонатального и грудного возраста (клиника, диагностика, лечение) [Текст] : пособие для врачей / ФГБУ "НИДОИ им Г.И. Турнера" Минздрава России ; сост.: А. Г. Баиндурашвили, С. В.

Виссарионов, С. Ю. Волошин, А. И. Краснов, В. Е. Басков, Д. Б. Барсуков, И. Ю. Поздникин, Т. В. Баскаева, М. С. Познович. - СПб., 2016. - 20 с.: ил.

24. Басков В. Е. Транспозиция вертлужной впадины после подвздошно-седалищной остеотомии таза при лечении дисплазии тазобедренного сустава у детей [Текст] / В. Е. Басков, М. М. Камоско, Д. Б. Барсуков, И. Ю. Поздникин, В. В. Кожевников, И. В. Григорьев, П. И. Бортулев // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2016. - Т. 4, Вып. 2. - С. 5-11.

25. Челпаченко О.Б. Нарушения баланса туловища при деформациях позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов / Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Фисенко А.П. [и др.] // Детская хирургия. - 2020. - Т. 24, № 2. - С. 89-95.

26. Nikitina T. P., Kishtovich A. V., Moiseenko Eu. I., Sabirova A. V. Pediatrics quality of life research: development of the Russian version of PedsQL 4.0 Generic Core Scales for quality of life assessment in 8-12 years old children // Bulletin of the Multinational Center of Quality of Life Research. - [б.м.]. - № 1-2. - [б.г.]. - [б.с.].

27. Soni J.F., Valenza W.R. Epidemiology of developmental dysplasia of the hip // Journal of Pediatric Orthopaedics. - 2018. - Vol. 38, № 4. - P. 212 -218. - DOI: 10.1097/BPO.0000000000000921.

28. Roposch A., Stohr K.K., Dobson M. The effect of the femoral head size on the development of osteoarthritis after Legg-Calve-Perthes disease // The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume. - 2009. - Vol. 91, № 7. - P. 1682 -1690. - DOI: 10.2106/JBJS.H.00893.

29. Ganz R., Leunig M., Leunig-Ganz K., Harris W.H. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept // Clinical Orthopaedics and Related Research. - 2014. - Vol. 472, № 4. - P. 1136 -1144. - DOI: 10.1007/s11999-013-3398-4.

30. Oh C.W., Guille J.T., Kumar S.J. The treatment of residual hip deformity after Legg-Calve-Perthes disease // *Orthopedic Clinics of North America*. - 2005. - Vol. 36, № 3. - P. 345 -356. - DOI: 10.1016/j.ocl.2005.02.003.
31. Yoo W.J., Choi I.H., Chung C.Y., Cho T.J., Kim H.J. Valgus osteotomy for the treatment of severe Legg-Calve-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 2004. - Vol. 24, № 3. - P. 266 -272. - DOI: 10.1097/01241398-200405000-00006.
32. Ganz R., Gill T.J., Gautier E., Ganz K., Krügel N., Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. - 2001. - Vol. 83, № 8. - P. 1119 -1124. - DOI: 10.1302/0301-620X.83B8.11964.
33. Kaplan D.J., Samim M., Burke C.J., Meislin R.J., Youm T. Validity of magnetic resonance imaging measurement of hip labral width compared with intraoperative assessment. *Arthroscopy*. 2020;36(3):751-758. doi: 10.1016/j.arthro.2019.09.027.
34. Leunig M., Ganz R. Femoroacetabular impingement: a common cause of hip pain in young adults // *Der Orthopäde*. - 2005. - Vol. 34, № 5. - P. 431 -442. - DOI: 10.1007/s00132-005-0796-9.
35. Roof A.C., Grose K.R., Nduaguba A.M. et al. Prevalence of hip disorders in pediatric population // *J. Pediatr. Orthop*. 2013. Vol. 33, No. 5. P. 523 -528. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31828b0abc.
36. Kotlarsky P., Haber R., Bialik V., Eidelman M. Developmental dysplasia of the hip: What has changed in the last 20 years? // *World J. Orthop*. 2015. Vol. 6, No. 11. P. 886 -901. DOI: 10.5312/wjo.v6.i11.886.
37. Sternheim A., Rogers B.A., Kuzyk P.R. et al. Hip osteoarthritis: epidemiology and risk factors // *Can. J. Surg*. 2012. Vol. 55, No. 5. P. 355 -361. DOI: 10.1503/cjs.013611.
38. Yamamuro T. Hip joint development and pathology in children. Tokyo: Springer, 2005. 210 p. DOI: 10.1007/978-4-431-53974-6

39. Storer S.K., Skaggs D.L. Developmental dysplasia of the hip // *Am. Fam. Physician*. 2006. Vol. 74, No. 8. P. 1310 -1316.
40. Jacobsen S., Sonn-Holm S. Hip dysplasia: a significant risk factor for the development of hip osteoarthritis // *Rheumatology*. 2004. Vol. 43, No. 2. P. 211 -218. DOI: 10.1093/rheumatology/keg427.
41. Zhang X., Zeng Y., Pan Y. et al. Cartilage degeneration in hip disorders // *Osteoarthritis Cartilage*. 2015. Vol. 23, No. 4. P. 573 -580. DOI: 10.1016/j.joca.2014.12.015.
42. Fujii M., Nakashima Y., Jingushi S. et al. Intra-articular findings in developmental dysplasia of the hip // *J. Orthop. Sci*. 2009. Vol. 14, No. 3. P. 254 -260. DOI: 10.1007/s00776-009-1336-5.
42. Zucker E.J., Lee E.Y., Restrepo R., Eisenberg R.L. Hip disorders in children // *AJR. American journal of roentgenology*. - 2013. - Vol. 201, № 6. - P. W776 -W796. - DOI: 10.2214/AJR.13.10623.
43. Swarup I., Penny C.L., Dodwell E.R. Developmental dysplasia of the hip: an update on diagnosis and management from birth to 6 months // *Current Opinion in Pediatrics*. - 2018. - Vol. 30, № 1. - P. 84 -92. - DOI: 10.1097/MOP.0000000000000574.
44. Vaquero-Picado A., González-Morán G., Moraleda L. Developmental dysplasia of the hip: update of management // *EFORT Open Reviews*. - 2019. - Vol. 4, № 9. - P. 548 -556. - DOI: 10.1302/2058-5241.4.180019.
45. Loder R.T., Skopelja E.N. The epidemiology and demographics of hip dysplasia // *Orthopedic Knowledge Online Journal*. - 2011. - Vol. 9, № 6.
46. de Hundt M., Vlemmix F., Bais J.M., et al. Risk factors for developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis // *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. - 2012. - Vol. 165, № 1. - P. 8 -17. - DOI: 10.1016/j.ejogrb.2012.06.030.
47. Ortiz-Neira C.L., Paolucci E.O., Donnon T. A meta-analysis of common risk factors associated with the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in

newborns // *European Journal of Radiology*. - 2012. - Vol. 81, № 3. - P. e344 -e351. - DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.11.003.

48. Mulpuri K., Song K.M., Gross R.H., et al. The American Academy of Orthopaedic Surgeons evidence-based guideline on detection and nonoperative management of pediatric developmental dysplasia of the hip in infants up to six months of age // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. - 2015. - Vol. 97, № 20. - P. 1717 -1718. - DOI: 10.2106/JBJS.O.00500.

49. Graf R. The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic Combound treatment // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. - 1980. - Vol. 97, № 2. - P. 117 -133. - DOI: 10.1007/BF00380468.

50. Verma T, Mishra A, Agarwal G, Maini L. Application of three dimensional printing in surgery for cam type of femoro-acetabular impingement. *J Clin Orthop Trauma*. 2018 Jul;9(3):241 -246. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.07.011>.

51. Wall PDH, Fernandez M, Griffin DR, Foster NE. Nonoperative treatment for femoroacetabular impingement: a systematic review of the literature. *PM R*. 2013 May;5(5):418 -426. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.02.005>.

52. Guille J.T., Pizzutillo P.D., MacEwen G.D. Developmental dysplasia of the hip from birth to six months // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. - 2000. - Vol. 8, № 4. - P. 232 -242. - DOI: 10.5435/00124635-200007000-00004.

53. Sankar W.N., Neuburger C.O., Moseley C.F. Femoral head sphericity in untreated developmental dislocation of the hip // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 2010. - Vol. 30, № 6. - P. 558 -561. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181e4b2b3.

54. Pavlik A. The functional method of treatment using a harness with stirrups as the primary method of conservative therapy for infants with congenital dislocation of the hip // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. - 1992. - № 281. - P. 4 -10.

55. Mubarak S.J., Bialik V. Pavlik: The man and his method // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 2003. - Vol. 23, № 3. - P. 342 -346. - DOI: 10.1097/01241398-200305000-00014.

56. Kalamchi A., MacEwen G.D. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1980. - Vol. 62, № 6. - P. 876 -888.
57. Zions L.E., MacEwen G.D. Treatment of congenital dislocation of the hip in children between the ages of one and three years // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1986. - Vol. 68, № 6. - P. 829 -846.
58. Brougham D.I., Broughton N.S., Cole W.G., Menelaus M.B. Avascular necrosis following closed reduction of congenital dislocation of the hip // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 1990. - Vol. 10, № 2. - P. 186 -189.
59. Weinstein S.L., Mubarak S.J., Wenger D.R. Developmental hip dysplasia and dislocation: Part I // *Instructional Course Lectures.* - 2004. - Vol. 53. - P. 523 -530.
60. Segal L.S., Boal D.K., Borthwick L., et al. Avascular necrosis after treatment of DDH: the protective influence of the Pavlik harness // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2001. - Vol. 21, № 4. - P. 469 -473.
61. Ganz R., Klaue K., Vinh T.S., Mast J.W. A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias: technique and preliminary results // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* - 1988. - Vol. 232. - P. 26 -36.
62. Clohisy J.C., Nunley R.M., Curry M.C., Schoenecker P.L. Periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia associated with major aspherical femoral head deformities // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 2007. - Vol. 89, № 7. - P. 1417 -1423. - DOI: 10.2106/JBJS.F.00493.
63. Schoenecker P.L., Strecker W.B. Congenital dislocation of the hip in children // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1995. - Vol. 77, № 5. - P. 788 -800. - DOI: 10.2106/00004623-199505000-00018.
64. Millis M.B., Murphy S.B., Poss R. Osteotomies about the hip for the prevention and treatment of osteoarthritis // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1995. - Vol. 77, № 5. - P. 626 -647.
65. Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of

osteoarthritis: a population-based survey. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 May;92(5):1162-1169. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01674>.

66. Kim H.K.W. Legg-Calvé-Perthes disease: etiology, pathogenesis, and biology // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2011. - Vol. 31, Suppl. 2. - P. S141 - S146. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e318223b4bd.

67. Loder R.T. The epidemiology of Legg-Calvé-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2015. - Vol. 35, Suppl. 1. - P. S1 -S4. - DOI: 10.1097/BPO.0000000000000398.

68. Diamond LE, Dobson FL, Bennell KL, Wrigley TV, Hodges PW, Hinman RS. Physical impairments and activity limitations in people with femoroacetabular impingement: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2015 Feb;49(4):230 -242. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093340>.

69. Pavone V., Chisari E., Vescio A., Lizzio C., Sessa G. Aetiology of Legg-Calvé-Perthes disease: A systematic review // *World Journal of Orthopedics.* - 2019. - Vol. 10, № 3. - P. 145 -165. - DOI: 10.5312/wjo.v10.i3.145.

70. Hailer Y.D., Haag T., Nilsson O. Legg-Calvé-Perthes disease: etiology, pathogenesis, and outcomes // *Acta Orthopaedica.* - 2014. - Vol. 85, № 5. - P. 543 -548. - DOI: 10.3109/17453674.2014.952347.

71. Perry D.C., Machin D.M., Pope D., Bruce C.E., Dangerfield P., Platt M.J., Hall A.J. Racial and geographic factors in the incidence of Legg-Calvé-Perthes disease: a systematic review // *American Journal of Epidemiology.* - 2012. - Vol. 175, № 3. - P. 159 -166. - DOI: 10.1093/aje/kwr293.

72. Perry D.C., Bruce C.E., Pope D., Dangerfield P., Platt M.J., Hall A.J. Legg-Calvé-Perthes disease in the UK: geographic and temporal trends in incidence reflecting differences in degree of deprivation in childhood // *Arthritis & Rheumatology.* - 2016. - Vol. 68, № 3. - P. 742 -749. - DOI: 10.1002/art.39478.

73. Kocher M.S., Tucker R., Riddle E.C., Kasser J.R. The relationship of thrombophilia to Legg-Calvé-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2011. - Vol. 31, № 2. - P. 128 -131. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e3182093dfb.

74. Burnett RSJ, Rocca GJD, Prather H, Curry M, Maloney WJ, Clohisy JC. Clinical presentation of patients with tears of the acetabular labrum. *J Bone Joint Surg.* 2006 Jul;88(7):1448 -1457. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02806>.
75. Shah H., Siddesh N.D., Joseph B. Legg-Calvé-Perthes disease: a review of current concepts // *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma.* - 2014. - Vol. 5, № 3. - P. 137 -145. - DOI: 10.1016/j.jcot.2014.07.004.
76. Allen D, Beaulé PE, Ramadan O, Doucette S. Prevalence of associated deformities and hip pain in patients with cam-type femoroacetabular impingement. *J Bone Joint Surg Br.* 2009 May;91-B(5):589 -594. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B5.22028>.
77. Herring J.A., Kim H.T., Browne R. Legg-Calve-Perthes disease. Part I: Classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classifications // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 2004. - Vol. 86, № 10. - P. 2103 -2120. - DOI: 10.2106/00004623-200410000-00002.
78. Klaue K, Durnin CW, Ganz R. The acetabular rim syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1991 May;73-B(3):423 -429. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.73B3.1670443>.
79. Larson A.N., Sucato D.J., Herring J.A., et al. A prospective multicenter study of Legg-Calvé-Perthes disease: functional and radiographic outcomes of nonoperative treatment versus proximal femoral osteotomy // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2012. - Vol. 32, № 5. - P. 439 -445. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e318259e2d1.
80. Westermann R.W., Munger A.M., Hu J., et al. Long-term outcomes of Legg-Calvé-Perthes disease: a systematic review // *Journal of Hip Preservation Surgery.* - 2016. - Vol. 3, № 2. - P. 109 -117. - DOI: 10.1093/jhps/hnw010.
81. Ross J.R., Bedi A., Stone R.M., Sibilsky Enselman E., Leunig M., Kelly B.T. et al. Intraoperative Fluoroscopic Imaging to Treat Cam Deformities: Correlation With 3-Dimensional Computed Tomography. *Am J Sports Med.* 2014;42(6):1370-1376. doi: 10.1177/0363546514529515.

82. Gage J.R., Winter R.B. Avascular necrosis of the femoral head in children // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1972. - Vol. 54, № 5. - P. 1061 -1079.
83. Bohr H.H., Pedersen J.K. Treatment of Legg-Calvé-Perthes disease by femoral osteotomy // *Acta Orthopaedica Scandinavica.* - 1974. - Vol. 45, № 3. - P. 437 - 448.
84. Nguyen N.A.F., Klein G., Dogbey G., et al. Operative versus nonoperative treatment of Legg-Calvé-Perthes disease: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2019. - Vol. 39, № 6. - P. e421 -e428. - DOI: 10.1097/BPO.0000000000001319.
85. Salter R.B. Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume.* - 1961. - Vol. 43, № 3. - P. 518 -539.
86. Steel H.H. Triple osteotomy of the innominate bone // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.* - 1973. - Vol. 55, № 2. - P. 343 -350.
87. Novais E.N., Millis M.B. Surgical dislocation in the management of pediatric and adolescent hip deformity // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* - 2012. - Vol. 470, № 4. - P. 1186 -1195. - DOI: 10.1007/s11999-011-2242-y.
88. Shore B.J., Novais E.N., Millis M.B., Kim Y.J. The use of surgical dislocation and debridement for the treatment of Legg-Calve-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2012. - Vol. 32, № 6. - P. 567 -573. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e31825718d6.
89. Albers C.E., Steppacher S.D., Schwab J.M., Tannast M., Siebenrock K.A. Surgical dislocation of the hip for the treatment of femoroacetabular impingement in patients with previous Legg-Calvé-Perthes disease // *International Orthopaedics.* - 2013. - Vol. 37, № 6. - P. 1007 -1014. - DOI: 10.1007/s00264-013-1828-2.
90. Siebenrock K.A., Anwander H., Zurmühle C.A., Tannast M., Slongo T. Head reduction osteotomy with additional containment surgery improves sphericity and containment and reduces pain in Legg-Calvé-Perthes disease // *Clinical Orthopaedics*

and Related Research. - 2014. - Vol. 472, № 4. - P. 1270 -1280. - DOI: 10.1007/s11999-013-3347-2.

91. Laborie LB, Lehmann TG, Engesæter IØ, Eastwood DM, Engesæter LB, Rosendahl K. Prevalence of radiographic findings thought to be associated with femoroacetabular impingement in a population-based cohort of 2081 healthy young adults. *Radiology*. 2011 Aug;260(2):494 -502. <https://doi.org/10.1148/radiol.11102354>.

92. Anderson L.A., Erickson J.A., Severson E.P., Peters C.L. Sequelae of Perthes disease: treatment with surgical hip dislocation and relative femoral neck lengthening // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 2009. - Vol. 29, № 4. - P. 372 -379. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181a5c0a1.

93. Novais E.N., Clohisy J.C., Siebenrock K.A., et al. Surgical dislocation of the hip for the treatment of femoroacetabular impingement in patients with Legg-Calvé-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 2013. - Vol. 33, Suppl. 1. - P. S39 -S45. - DOI: 10.1097/BPO.0b013e31827f8f3a.

94. McCarthy J, McMillan S. Arthroscopy of the Hip. *Orthop Clin North Am*. 2013 Oct;44(4):489 -498. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2013.06.002>.

95. Notzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, et al. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg* 2002;84 -B:556 -60.

96. Meyer D.C., Beck M., Ellis T., Ganz R., Leunig M. Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/ neck asphericity. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;445:181-185. doi: 10.1097/01.blo.0000201168.72388.24.

97. Clarke N.M.P. The role of surgical intervention in Legg-Calvé-Perthes disease // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. - 1998. - Vol. 18, № 5. - P. 567 -569.

98. Tannast M, Siebenrock KA, Anderson SE. Femoroacetabular impingement:radiographic diagnosis-what the radiologist should know. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:1540 -1552.

99. Schmaranzer F, Cerezal L, Llopis E. Conventional and arthrographic magnetic resonance techniques for hip evaluation: what the radiologist should know. *Semin Musculoskelet Radiol* 2019;23:227 -251.

100. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA. Femoral antetorsion: comparing asymptomatic volunteers and patients with femoroacetabular impingement. *Radiology* 2012;263:475 -483.
101. Dudda M, Albers C, Mamisch TC, Werlen S, Beck M. Do normal radiographs exclude asphericity of the femoral head-neck junction? *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:651 -659.
102. Klenke FM, Hoffmann DB, Cross BJ, Siebenrock KA. Validation of a standardized mapping system of the hip joint for radial MRA sequencing. *Skeletal Radiol* 2015;44:339 -343.
103. Tian C-Y, Wang J-Q, Zheng Z-Z, Ren A-H. 3.0 T conventional hip MR and hip MR arthrography for the acetabular labral tears confirmed by arthroscopy. *Eur J Radiol* 2014;83:1822 -1827.
104. Tachdjian M.O. *Clinical Pediatric Orthopedics: The Art of Diagnosis and Principles of Management*. - Stamford: Appleton & Lange, 1997. - 580 p.
105. Agus H., Bicimoglu A., Omeroglu H., Tumer Y. Is Kalamchi and MacEwen Group I avascular necrosis of the femoral head harmless in developmental dysplasia of the hip? // *Hip International*. - 2010. - Vol. 20, № 2. - P. 156 -162. - DOI: 10.1177/112070001002000204.
106. Govardhan P., Govardhan R.H. Femoral Head Reduction Osteotomy for Deformed Perthes Head Using GanzSafe Surgical Dislocation of Hip - A Case Report with 3-Year Follow-up. *J Orthop Case Rep*. 2020;10(6):32-35. doi: 10.13107/jocr.2020.v10.i06.1864
107. Rodríguez-Olivas A.O., Hernández-Zamora E., Reyes-Maldonado E. Legg-Calvé-Perthes disease overview. *Orphanet J Rare Dis*. 2022;17(1):125. doi: 10.1186/s13023-022-02275-z.
108. Kanatli U., Ayanoglu T., Ozer M., Ataoglu M.B., Cetinkaya M. Hip arthroscopy for Legg-Calvé-Perthes disease in paediatric population. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(3):203-208. doi: 10.1016/j.aott.2019.03.005.

109. Goyal T., Barik S., Gupta T. Hip Arthroscopy for Sequelae of Legg-Calve-Perthes Disease: A Systematic Review. *Hip Pelvis*. 2021;33(1):3-10. doi: 10.5371/hp.2021.33.1.3.
110. Karam M.D., Campbell K.J., Merkle A.N., et al. Guided growth and varus osteotomy for Kalamchi type II avascular necrosis after DDH treatment // *The Bone & Joint Journal*. - 2022. - Vol. 104-B, № 7. - P. 854 -861. - DOI: 10.1302/0301-620X.104B7.BJJ-2021-1308.R1.
111. Chaudhary M.M., Chaudhary I.M., Vikas K.N., KoKo A., Zaw T., Siddhartha A. Surgical hip dislocation for treatment of cam femoroacetabular impingement. *Indian J Orthop*. 2015;49(5):496-501. doi: 10.4103/0019-5413.164040.
112. Khalifa A.A., Hassan T.G., Haridy M.A. The evolution of surgical hip dislocation utilization and indications over the past two decades: a scoping review. *Int Orthop*. 2023;47(12):3053-3062. doi: 10.1007/s00264-023-05814-w.
113. Leibold C.S., Vuillemin N., Büchler L., Siebenrock K.A., Steppacher S.D. Surgical hip dislocation with relative femoral neck lengthening and retinacular soft-tissue flap for sequela of Legg-Calve-Perthes disease. *Oper Orthop Traumatol*. 2022;34(5):352-360. doi: 10.1007/s00064-022-00780-9.
114. Kalenderer Ö., Erkuş S., Turgut A., İnan İ.H. Preoperative planning of femoral head reduction osteotomy using 3D printing model: A report of two cases. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(3):226-229. doi: 10.1016/j.aott.2019.01.002.
115. Sugioka Y. Transtrochanteric anterior rotational osteotomy of the femoral head // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. - 1978. - Vol. 60, № 5. - P. 604 -611.
116. Slongo T., Ziebarth K. Femoral head reduction osteotomy to improve femoroacetabular containment in Legg-Calve-Perthes disease. *Oper Orthop Traumatol*. 2022;34(5):333-351. (In German). doi: 10.1007/s00064-022-00779-2.
117. Eltayeby H.H., El-Adwar K.L., Ahmed A.A., Mosa M.M., Standard S.C. Femoral head reduction osteotomy for the treatment of late sequela of Legg-CalvéPerthes disease and Perthes-like femoral head deformities. *J Pediatr Orthop B*. 2024;33(4):348-357. doi: 10.1097/BPB.0000000000001109.

118. Gharanizadeh K., Ravanbod H., Aminian A., Mirghaderi S.P. Simultaneous femoral head reduction osteotomy (FHRO) combined with periacetabular osteotomy (PAO) for the treatment of severe femoral head asphericity in Perthes disease. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):461. doi: 10.1186/s13018-022-03351-7.
119. Nehme A., Trousdale R., Tannous Z., Maalouf G., Puget J., Telmont N. Developmental dysplasia of the hip: is acetabular retroversion a crucial factor? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95(7):511-519. doi: 10.1016/j.otsr.2009.06.006.
120. Jones D.H. Shenton's line. *J Bone Joint Surg Br.* 2010; 92(9):1312-1315. doi: 10.1302/0301-620X.92B9.25094.
121. Yonga Ö., Memişoğlu K., Onay T. Early and mid-term results of Tönnis lateral acetabuloplasty for the treatment of developmental dysplasia of the hip. *Jt Dis Relat Surg.* 2022;33(1):208-215. doi: 10.52312/jdrs.2022.397.
122. Vahedi H., Alvand A., Kazemi S.M., Azboy I., Parvizi J. The 'low-volume acetabulum': dysplasia in disguise. *J Hip Preserv Surg.* 2018;5(4):399-403. doi: 10.1093/jhps/hny036.
123. Bhuyan B.K. Early outcomes of one-stage combined osteotomy in Legg-Calvé-Perthes disease. *Indian J Orthop.* 2016;50(2):183-194. doi: 10.4103/0019-5413.177581.
124. Wiig O., Terjesen T., Svenningsen S. Prognostic factors and outcome of treatment in Perthes' disease: a prospective study of 368 patients with five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(10):1364-1371. doi: 10.1302/0301-620X.90B10.20649.
125. Colvin A.C., Harrast J., Harner C. Trends in hip arthroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(4):e23. doi: 10.2106/JBJS.J.01886.
126. Montgomery S.R., Ngo S.S., Hobson T., Nguyen S., Alluri R., Wang J.C. et al. Trends and demographics in hip arthroscopy in the United States. *Arthroscopy.* 2013;29(4):661-665. doi: 10.1016/j.arthro.2012.11.005.
127. Sing D.C., Feeley B.T., Tay B., Vail T.P., Zhang A.L. AgeRelated Trends in Hip Arthroscopy: A Large CrossSectional Analysis. *Arthroscopy.* 2015;31(12):2307-2313.e2. doi: 10.1016/j.arthro.2015.06.008.

128. Zaltz I., Kelly B.T., Larson C.M., Leunig M., Bedi A. Surgical treatment of femoroacetabular impingement: what are the limits of hip arthroscopy? *Arthroscopy*. 2014;30(1):99-110. doi: 10.1016/j.arthro.2013.10.005.
129. Polesello G.C., Queiroz M.C., de Figueiredo M.J.P.S.S., Braga S.R., Ricioli W.J.r, Akkari M. Medial hip arthroscopy portals: a novel approach for hip pathologies. Is it feasible? *Hip Int*. 2017;27(3):e3-e5. doi: 10.5301/hipint.5000495.
130. Larson C.M., Wulf C.A. Intraoperative fluoroscopy for evaluation of bony resection during arthroscopic management of femoroacetabular impingement in the supine position. *Arthroscopy*. 2009;25(10):1183-1192. doi: 10.1016/j.arthro.2009.07.020.
131. Gupta A., Redmond J.M., Stake C.E., Dunne K.F., Domb B.G. Does Primary Hip Arthroscopy Result in Improved Clinical Outcomes?: 2-Year Clinical Follow-up on a Mixed Group of 738 Consecutive Primary Hip Arthroscopies Performed at a High-Volume Referral Center. *Am J Sports Med*. 2016;44(1):74-82. doi: 10.1177/0363546514562563.
132. Philippon M.J., Briggs K.K., Carlisle J.C., Patterson D.C. Joint space predicts THA after hip arthroscopy in patients 50 years and older. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(8):2492-2496. doi: 10.1007/s11999-012-2779-4..
133. Bogunovic L., Gottlieb M., Pashos G., Baca G., Clohisy J.C. Why do hip arthroscopy procedures fail? *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(8):2523-2529. doi: 10.1007/s11999-013-3015-6.
134. Moseley C.F. The biomechanics of the pediatric hip // *The Orthopedic Clinics of North America*. - 1980. - Vol. 11, № 1. - P. 3 -15.
135. Imhauser G. Zur Therapie der Coxa plana // *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*. - 1965. - Bd. 99, H. 4. - S. 482 -492.
136. Lim S.J., Park, Y.S. Plain Radiography of the Hip: A Review of Radiographic Techniques and Image Features. *Hip Pelvis*. 2015;27(3):125-134. doi: 10.5371/hp.2015.27.3.125.
137. Zilber S., Lazennec J.Y., Gorin M., Saillant G. Variations of caudal, central, and cranial acetabular anteversion according to the tilt of the pelvis. *Surg Radiol Anat*. 2004;26(6):462-465. doi: 10.1007/s00276-004-0254-y.

138. Ogata S., Moriya H., Tsuchiya k., Akita T., Kamegaya M., Someya M. Acetabular cover in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1990;72(2):190-196. doi: 10.1302/0301-620X.72B2.2312554.
139. Chandrasekaran S., Darwish N., Chaharbakhshi E.O., Suarez-Ahedo C., Lodhia P., Domb B.G. Minimum 2-Year Outcomes of Hip Arthroscopic Surgery in Patients With Acetabular Overcoverage and Profunda Acetabulae Compared With Matched Controls With Normal Acetabular Coverage. *Am J Sports Med.* 2017;45(11):2483-2492. doi: 10.1177/0363546517708769
140. Evans P.T., Redmond J.M., Hammarstedt J.E., Liu Y., Chaharbakhshi E.O., Domb B.G. Arthroscopic Treatment of Hip Pain in Adolescent Patients With Borderline Dysplasia of the Hip: Minimum 2-Year Follow-Up. *Arthroscopy.* 2017;33(8):1530-1536. doi: 10.1016/j.arthro.2017.03.008.
141. Goronzy J., Franken L., Hartmann A., et al. Minimal invasive treatment of femoroacetabular impingement // *Der Orthopäde.* - 2017. - Vol. 46, № 8. - P. 668 -675. - DOI: 10.1007/s00132-017-3442-4.
142. Novais E.N., Sullivan K., Heyworth B.E., Stamoulis C., Millis M.B., Kim Y.J. Open surgical treatment of femoroacetabular impingement in adolescent athletes: preliminary report on improvement of physical activity level // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* - 2014. - Vol. 34, № 3. - P. 256 -262. - DOI: 10.1097/BPO.0000000000000117.
143. Kling S., Karns M.R., Gebhart J., Kosmas C., Robbin M., Nho S.J. et al. The effect of acetabular rim recession on anterior acetabular coverage: a cadaveric study using the false-profile radiograph. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):957-964. doi: 10.1177/0363546515571918.
144. Maldonado D.R., LaReau J.M., Perets I., Ortiz-Declet V., Laseter J.R., Lall A.C. et al. Outcomes of Hip Arthroscopy With Concomitant Periacetabular Osteotomy, Minimum 5-Year Follow-Up. *Arthroscopy.* 2019;35(3):826-834. doi: 10.1016/j.arthro.2018.10.143.

145. Pfirrmann C.W., Mengiardi B., Dora C., Kalberer F., Zanetti M., Hodler J. Cam and pincer femoroacetabular impingement: characteristic MR arthrographic findings in 50 patients. *Radiology*. 2006;240(3):778-785. doi: 10.1148/radiol.2403050767.
146. Zhou J., Melugin H.P., Hale R.F., Leland D.P., Bernard C.D., Levy B.A. et al. The Prevalence of Radiographic Findings of Structural Hip Deformities for Femoroacetabular Impingement in Patients With Hip Pain. *Am J Sports Med*. 2020;48(3):647-653. doi: 10.1177/0363546519896355.
147. Kalhor M., Beck M., Huff T.W., Ganz R. Capsular and pericapsular contributions to acetabular and femoral head perfusion // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. - 2009. - Vol. 91, № 2. - P. 409 -418. - DOI: 10.2106/JBJS.H.00300.
148. Hetsroni I., Poultsides L., Bedi A., Larson C.M., Kelly B.T. Anterior inferior iliac spine morphology correlates with hip range of motion: a classification system and dynamic model. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(8):2497-2503. doi: 10.1007/s11999-013-2847-4.
149. Ventola C. L. Medical applications for 3D printing: current and projected uses // *P & T : a peer-reviewed journal for formulary management*. - 2014. - Vol. 39, № 10. - P. 704 -711. - PMID: 25336867.
150. Banks J. Adding value in additive manufacturing: researchers are reaping the benefits, but the real breakthroughs are yet to come // *IEEE Pulse*. - 2016. - Vol. 7, № 4. - P. 28 -32. - DOI: 10.1109/MPUL.2016.2560839.
151. Punyaratabandhu T., Liacouras P. C., Pairojboriboon S. Using 3D models in orthopedic oncology: presenting personalized advantages in surgical planning and intraoperative outcomes // *3D Printing in Medicine*. - 2018. - Vol. 4, № 1. - P. 1 -7. - DOI: 10.1186/s41205-018-0035-6.
152. Zheng P., Xu P., Yao Q., Tang K., Lou Y. 3D-printed navigation template in proximal femoral osteotomy for older children with developmental dysplasia of the hip // *Scientific Reports*. - 2017. - Vol. 7. - P. 44993. - DOI: 10.1038/srep44993.
153. Tönnis D. Congenital dysplasia and dislocation of the hip in children and adults. - Berlin : Springer-Verlag, 1987. - 524 p. - DOI: 10.1007/978-3-642-71038-4.

154. Toyoda K., Urasaki E., Yamakawa Y. Novel approach for the efficient use of a full-scale, 3-dimensional model for cervical posterior fixation: a technical case report // *Spine (Phila Pa 1976)*. - 2013. - Vol. 38, № 21. - P. E1357 -E1360. - DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a5f5a9.
155. Tschauner C., Sylkin A., Hofmann S., Graf R. Painful nonunion after triple pelvic osteotomy. Report of five cases // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. - 2003. - Vol. 85-B. - P. 953 -955. - DOI: 10.1302/0301-620X.85B7.14075.
156. Vaz G., Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine // *European Spine Journal*. - 2002. - Vol. 11, № 1. - P. 80 -87. - DOI: 10.1007/s00586-001-0325-0.
157. Van Royen B. J., Toussaint H. M., Kingma I., et al. Accuracy of the sagittal vertical axis in a standing lateral radiograph as a measurement of balance in spinal deformities / *European Spine Journal*. - 1998. - Vol. 7, № 5. - P. 408 -412. - DOI: 10.1007/s005860050098.
158. Vedantam R., Lenke L. G., Keeney J. A., et al. Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults // *Spine (Phila Pa 1976)*. - 1998. - Vol. 23, № 2. - P. 211 -215. - DOI: 10.1097/00007632-199801150-00012.
159. Vedantam R., Lenke L. G., Bridwell K. H., et al. The effect of variation in arm position on sagittal spinal alignment // *Spine (Phila Pa 1976)*. - 2000. - Vol. 25, № 17. - P. 2204 -2209. - DOI: 10.1097/00007632-200009010-00011.
160. Vieira M. F., de Brito A. A. Junior, Lehnen G. C., Rodrigues F. B. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis // *Journal of Biomechanics*. - 2017. - Vol. 56. - P. 10 -18. - DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.02.026.
161. Weinstein S. L. Natural history and treatment of childhood hip disorders // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. - 1997. - Vol. 344. - P. 227 -242. - DOI: 10.1097/00003086-199711000-00023.
162. Wilson E. L., Madigan M. L., Davidson B. S., Nussbaum M. A. Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles // *Gait & Posture*. - 2006. - Vol. 23, № 3. - P. 348 -354. - DOI: 10.1016/j.gaitpost.2005.04.004.

163. Windhager R., Pongracz N., Schonecker W., Katz R. Chiari osteotomy for congenital dislocation and subluxation of the hip: Results after 20 to 34 years follow up // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume.* - 1991. - Vol. 73-B, № 6. - P. 890 -895. - DOI: 10.1302/0301-620X.73B6.1955431.
164. Yamamuro T. CDH or DDH? // *Journal of Orthopaedic Surgery.* - 2005. - Vol. 13, № 2. - P. 111 -112. - DOI: 10.1177/230949900501300201.
165. Yang J. C., Ma X. Y., Xia H., et al. Clinical application of computer-aided design-rapid prototyping in C1-C2 operation techniques for complex atlantoaxial instability // *Journal of Spinal Disorders & Techniques.* - 2014. - Vol. 27. - P. E143 - E150. - DOI: 10.1097/BSD.0b013e31828b0f9d.
166. Yiannakopoulos C. K., Chougle A., Eskelinen A., et al. Inter- and intra-observer variability of the Crowe and Hartofilakidis classification systems for congenital hip disease in adults // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume.* - 2008. - Vol. 90-B, № 5. - P. 579 -583. - DOI: 10.1302/0301-620X.90B5.20082.
167. Yilmaz E., Damla H., Norvell D. C., Kalchschmidt K. Risk factors associated with non-union after triple pelvic osteotomy (Toennis and Kalchschmidt technique): a case-control study and review of the literature // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* - 2019. - Vol. 139. - P. 173 -180. - DOI: 10.1007/s00402-018-3064-1.
168. Yoshimoto H., Sato S., Masuda T., et al. Spinopelvic alignment in patients with osteoarthritis of the hip: a radiographic comparison to patients with low back pain // *Spine (Phila Pa 1976).* - 2005. - Vol. 30, № 14. - P. 1650 -1657. - DOI: 10.1097/01.brs.0000170587.36443.fc.
169. Yoshimura N., Campbell L., Hashimoto T., et al. Acetabular dysplasia and hip osteoarthritis in Britain and Japan // *British Journal of Rheumatology.* - 1998. - Vol. 37, № 11. - P. 1193 -1197. - DOI: 10.1093/rheumatology/37.11.1193.
170. Zahedi A. R., Lüring C., Janßen D. Die 3 fache Beckenosteotomie nach Tönnis und Kalchschmidt // *Der Orthopäde.* - 2016. - Vol. 45, № 8. - P. 673 -677. - DOI: 10.1007/s00132-016-3285-3.

171. Zeng Z., Hai Y., Bi Y., et al. Characteristics of sagittal spinopelvic alignment in asymptomatic Han Chinese adults // *Experimental and Therapeutic Medicine*. - 2018. - Vol. 16, № 5. - P. 4107 -4113. - DOI: 10.3892/etm.2018.6704.

172. Mascarenhas V.V., Rego P., Dantas P., Morais F., McWilliams J., Collado D. et al. Imaging prevalence of femoroacetabular impingement in symptomatic patients, athletes, and asymptomatic individuals: A systematic review. *Eur J Radiol*. 2016;85(1):73-95. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.10.016.

173. Zheng X., Chaudhari R., Wu C., et al. Repeatability test of C7 plumb line and gravity line on asymptomatic volunteers using an optical measurement technique // *Spine (Phila Pa 1976)*. - 2010. - Vol. 35, № 18. - P. E889 -E894. - DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181dc9f34.

174. Zhou Y., Kang X., Li C., et al. Application of a 3-dimensional printed navigation template in Bernese periacetabular osteotomies: A cadaveric study // *Medicine (Baltimore)*. - 2016. - Vol. 95. - № 50. - P. e5557. - DOI: 10.1097/MD.0000000000005557.

175. Ziebarth K., Balakumar J., Domayer S., et al. Bernese periacetabular osteotomy in males. Is there an increased risk of femoroacetabular impingement (FAI) after Bernese periacetabular osteotomy? // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. - 2010. - Vol. 469, № 2. - P. 447 -453. - DOI: 10.1007/s11999-010-1545-1.