

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ ИМЕНИ Р.Р. ВРЕДЕНА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ЧЕРКАСОВ

Виталий Сергеевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
ПЕРИАЦЕТАБУЛЯРНОЙ ОСТЕОТОМИИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДИСПЛАЗИИ
ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ВЗРОСЛЫХ

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертационное исследование на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
кандидат медицинских наук
Плиев Давид Гивиевич

Санкт-Петербург

2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В КОНЦЕПЦИИ ОРГАНОСОХРАНЯЮЩЕЙ ХИРУРГИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ВЗРОСЛЫХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	12
1.1 Эпидемиология.....	12
1.2 Классификация	12
1.3 Диагностика	14
1.3.1 Клиническая картина.....	14
1.3.2 Инструментальная диагностика	16
1.4 Методы лечения	24
1.4.1 Консервативное лечение	24
1.4.2 Оперативные методы лечения	26
1.4.3 Артроскопия тазобедренного сустава.....	26
1.4.4 Остеотомии проксимального отдела бедренной кости.....	28
1.4.5 Метод хирургического вывиха бедренной кости	29
1.4.6 Остеотомии таза	31
1.4.7. Периацетабулярная остеотомия	39
1.4.8 Применение аддитивных технологий в травматологии и ортопедии	44
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	46
2.1 Общая характеристика исследования	46
2.2 Методы обследования.....	48
2.2.1 Клиническое обследование	48
2.2.2 Инструментальное исследование	48
2.3 Особенности предоперационной подготовки у пациентов проспективной группы	53
2.4 Стандартная техника периацетабулярной остеотомии, выполняемой пациентам ретроспективной группы.....	59
2.5. Модифицированная техника периацетабулярной остеотомии, выполняемой пациентам проспективной группы	61

2.6 Статистическая обработка данных.....	65
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ОБЕИХ ГРУПП.....	68
3.1 Результаты выполнения периацетабулярной остеотомии у пациентов ретроспективной группы.....	68
3.2 Результаты выполнения периацетабулярной остеотомии у пациентов проспективной группы	78
3.3 Сравнение результатов хирургического лечения пациентов обеих групп	81
КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
ВЫВОДЫ	112
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	114
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы

Остеоартроз – это полиэтиологическое заболевание, которое нередко поражает тазобедренный сустав. Проявление данного заболевания у пациентов молодого возраста негативно сказывается на их физической и трудовой активности, приводя к снижению качества их жизни, а нередко и к полной инвалидизации. В случаях тяжелого остеоартроза, с целью устранения болевого синдрома пациентам молодого возраста проводят операцию эндопротезирования тазобедренного сустава. Основными недостатками данного метода лечения применительно к пациентам молодого возраста являются: наличие ограничений в нагрузке и объеме движений, а также высокий процент ревизионных вмешательств в течение 10 лет после операции в связи с быстрым износом компонентов. Так, результаты исследований показывают, что для пациентов, которые на момент первичной операции были моложе 60 лет, риск повторной операции в течение всей жизни значительно возрастает. Ревизионная хирургия проводилась каждому третьему пациенту в возрастной группе 50-55 лет [8].

По данным другого исследования - выживаемость эндопротеза тазобедренного сустава у пациентов молодого возраста в течение 10 лет - 87%, в течение 20 лет - 61% [9].

Так же, стоит отметить высокую финансовую стоимость данного метода лечения, что в совокупности с невозможностью впоследствии выполнять такими пациентами определенных категорий работ, приводит к серьезным экономическим затратам со стороны государства.

Поскольку в Российской Федерации в настоящий момент отсутствует четко сформированный национальный регистр эндопротезирования, подсчет точного числа выполненных операций такого рода представляется сложной задачей. Однако учитывая данные различных источников: статистического сборника ЦИТО в 2020 г. в России выполнено 62 680 эндопротезирований тазобедренного сустава

пациентам трудоспособного возраста. По данным НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена в России в 2019 г. выполнено 83 311 операций эндопротезирования тазобедренного сустава [1]. Если учесть, что средняя стоимость тарифа ОМС на эндопротезирование тазобедренного сустава в г. Москве в размере около 328000 рублей (согласно данным утверждающих документов), а количество операций в год приблизилось к значению 10000 то получается, что ежегодные расходы на эндопротезирование тазобедренного сустава только в одной столице РФ составляет приблизительно 3 280 000 000 рублей.

В качестве одного из ведущих прекурсоров развития остеоартроза тазобедренного сустава у пациентов молодого возраста в настоящее время выделяют врожденную дисплазию тазобедренного сустава, фемороацетабулярный импинджмент, а также ацетабулярную ретроверсию. Клиническая значимость данных состояний объясняется биомеханическими последствиями, обусловленными неправильным положением вертлужной впадины и ее связью с остеоартрозом. Определенные анатомические особенности вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости приводят к нарушению конгруэнтности тазобедренного сустава, эти аномалии характеризуются неравномерным распределением контактной нагрузки в области тазобедренного сустава, и, как показали авторы в исследованиях с использованием гадолиния, со временем приводит к повреждению суставного хряща, суставной губы и прочих внутрисуставных структур, вызывая развитие остеоартроза. Такая последовательность патологических изменений области тазобедренного сустава предложена в рамках концепции механической теории развития коксартроза [10-16]. Общепризнанным является факт, что при раннем распознавании патологических изменений в области тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста: ретроверсии вертлужной впадины, врожденной дисплазии тазобедренного сустава и фемороацетабулярного импинджмента - хирургическая коррекция данных анатомических аномалий значительно снижает риск развития остеоартроза в дальнейшем [17-19].

Степень разработанности темы исследования

Периацетабулярная остеотомия как метод лечения молодых физически активных пациентов с патологией вертлужной впадины за свою 40-летнюю историю доказала высокую эффективность в сочетании с низким уровнем тяжелых осложнений. Но всё еще остается дискуссионным вопрос сохранности тазобедренного сустава после проведения ПАО на сроках 15-20 лет с момента оперативного вмешательства, а также возможностей полностью избежать эндопротезирования для пациентов, перенесших ПАО. Кроме того, с момента разработки данного вида оперативного вмешательства, его техника не претерпевала серьезных изменений, поэтому до сих пор успешность периацетабулярной остеотомии очень сильно определяется «человеческим фактором». Так, ход инструментов при выполнении остеотомий костей таза, а также ориентирование вертлужной впадины при выполнении данной операции задается оперирующим хирургом методом «свободной руки» с постоянным интраоперационным рентген-контролем. Степень соответствия плоскостей остеотомий и положения ацетабулярного фрагмента, содержащего вертлужную впадину, предоперационному плану и общепризнанным значениям сильно зависит от квалификации хирурга. Более того, необходимость в постоянном применении рентгенологического оборудования при проведении периацетабулярной остеотомии значительно повышает лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал в операционной, а также увеличивает длительность оперативного вмешательства.

Несмотря на широкое применение в практике врачей-ортопедов по всему миру периацетабулярной остеотомии для лечения пациентов с дисплазией тазобедренного сустава, до сих пор, как в отечественной, так и в зарубежной научной литературе отсутствуют работы, направленные на изучение применения аддитивных технологий при проведении периацетабулярной остеотомии в реальной клинической практике с целью улучшения результатов данного оперативного вмешательства.

Цель исследования

Совершенствование техники выполнения периацетабулярной остеотомии применением аддитивных технологий.

Задачи исследования

1. Провести анализ интраоперационных и послеоперационных осложнений на основе данных мировой научной литературы и исходов выполненных периацетабулярных остеотомий в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России с 2007 по 2025 гг.

2. На основе проведенного анализа наметить пути совершенствования хирургической техники и возможности применения аддитивных технологий.

3. Разработать и обосновать методику применения индивидуальных направителей, построенных с использованием 3D-модели костей таза пациента, с целью осуществления точного позиционирования вертлужной впадины.

4. Модифицировать технику оперативного вмешательства путем использования индивидуальных 3D-направителей.

5. Выполнить сравнительный анализ краткосрочных результатов выполнения периацетабулярной остеотомии с применением аддитивных технологий и стандартной техники операций.

Научная новизна

1. Впервые представлены оригинальные отечественные научные данные, касающиеся результатов выполнения периацетабулярной остеотомии по классической методике с длительностью наблюдения до 16 лет и проведена оценка различных факторов, оказывающих влияние на процент «выживаемости» тазобедренного сустава после выполнения ПАО.

2. Разработана и обоснована технология моделирования и изготовления методом 3D-печати индивидуальных направляющих устройств, создаваемых для дальнейшего применения при проведении периацетабулярной остеотомии с целью улучшения результатов данного оперативного вмешательства.

3. Разработана и клинически апробирована модифицированная техника периацетабулярной остеотомии путём применения аддитивных технологий у взрослых пациентов.

4. Проведен анализ краткосрочных результатов ПАО выполненной модифицированной техникой с применением аддитивных технологий.

Практическая значимость

1. Внедренная в клиническую практику новая хирургическая методика выполнения ПАО с применением аддитивных технологий позволила снизить травматичность данного хирургического вмешательства для пациента за счет снижения количества осложнений, объёма интраоперационной кровопотери и длительности оперативного вмешательства, повысить предсказуемость результатов выполнения данной операции и снизить необходимость интраоперационного использования рентгенологического оборудования, а, соответственно, и лучевую нагрузку на пациента и персонал в операционной.

2. Проведенный анализ данных выполненных ПАО с максимальным сроком наблюдения 16 лет даёт возможность более чётко сформулировать критерии отбора пациентов, подлежащих проведению периацетабулярной остеотомии, что позволяет избежать неэффективных оперативных вмешательств, повышающих риски осложнений для последующего эндопротезирования.

3. Предложенный алгоритм предоперационного планирования с осуществлением отработки основных этапов периацетабулярной остеотомии на виртуальной 3D-модели, построенной на основе КТ костей таза пациента, явилось полезным инструментом, позволяющим врачам более качественно спрогнозировать результаты проведения ПАО.

4. Выполнение периацетабулярной остеотомии модифицированной техникой с применением аддитивных технологий позволит добиться значимого организационно-экономического эффекта, поскольку сокращение длительности оперативного вмешательства, а также снижение количества осложнений и

длительности стационарного лечения снижает нагрузку на медицинское учреждение.

5. Разработанные и внедренные процедуры с использованием аддитивных технологий в органосохраняющей хирургии таза создают основу для дальнейшего практического и научного развития данного направления в области травматологии и ортопедии в Российской Федерации.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Недостатки коррекции положения вертлужной впадины статистически значимо влияют на частоту конверсии в эндопротезирование тазобедренного сустава после проведения периацетабулярной остеотомии у взрослых.

2. К критериям отбора для выполнения ПАО следует относить значения индекса сферичности головки бедренной кости. Выполнение периацетабулярной остеотомии у пациентов с индексом сферичности $<41\%$ сопряжено с высоким риском выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в дальнейшем.

3. В методику предоперационного планирования должен быть включён алгоритм, основанный на построении виртуальной 3D-модели костей таза пациента с последовательной отработкой этапов выполнения периацетабулярной остеотомии и определением наиболее корректного положения вертлужной впадины для каждого пациента.

4. Осуществлено совершенствование техники периацетабулярной остеотомии путём интраоперационного использования системы индивидуальных направляющих устройств, изготовленных методом послойной 3D-печати.

5. Выполнение периацетабулярной остеотомии в предложенной модификации путем применения аддитивных технологий позволяет осуществлять позиционирование вертлужной впадины в точном соответствии с предоперационным планом, снижать количество периоперационных осложнений, сокращать длительность оперативного вмешательства и стационарного лечения,

уменьшать объём интраоперационной кровопотери и величину лучевой нагрузки на пациента и персонал, поэтому является более предпочтительной методикой проведения операции в сравнении с классической техникой ПАО.

Личный вклад автора

Диссертационная работа является трудом, выполненным автором самостоятельно. Автором проведен анализ отечественных и зарубежных литературных источников с целью формулирования ведущей гипотезы, сформулированы цель, задачи и дизайн исследования. При проведении данной работы автором самостоятельно осуществлён сбор, систематизация и статистическая обработка информации, касающейся выполнения ПАО у пациентов обеих групп исследования с целью оценки ближайших и отдаленных результатов выполнения ПАО. Автор принимал участие в осуществлении предоперационного планирования на этапах: сегментации (построения компьютерной 3D модели таза пациента), виртуальной отработки последовательных остеотомий костей таза и позиционирования вертлужной впадины в корректном положении с разработкой и изготовлением индивидуальных направляющих устройств. Автор принимал участие в выполнении оперативных вмешательств у пациентов проспективной группы с применением разработанной модифицированной методики ПАО. Интерпретация полученных данных, выводы, практические рекомендации, представленные в работе, сформулированы на основе результатов самостоятельного исследования автора. Текст диссертационной работы, автореферата и публикаций по теме исследования подготовлен автором самостоятельно.

Апробация и реализация диссертационной работы

Ключевые положения данной диссертационной работы доложены на научно-практических конференциях различных уровней, в том числе на VII Международном конгрессе ассоциации ревмоортопедов (Москва, 2023), на V Евразийском ортопедическом форуме (Москва, 2025), на ежегодной научно-

практической конференции с международным участием «Вреденовские чтения» (Санкт-Петербург, 2025).

По теме диссертационного исследования опубликовано 5 научных работ, включающих в себя – 3 статьи в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованных ВАК РФ, а также 2 патента РФ.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу клиники ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Материалы диссертации используются также при обучении на базе указанного Центра клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 135 страницах машинописного текста и состоит из введения, трёх глав, в которых проведен анализ мировой научной литературы по указанной теме и отражены результаты собственных исследований, клинических примеров, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Диссертационная работа содержит 9 таблиц, 51 рисунок. Список литературы включает 152 источника: из них – 7 отечественных и 145 – иностранных авторов.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В КОНЦЕПЦИИ ОРГАНОСОХРАНЯЮЩЕЙ ХИРУРГИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ВЗРОСЛЫХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

1.1 Эпидемиология

Распространенность дисплазии тазобедренного сустава по данным разных авторов варьирует от 1,7 до 20% [20]. Частота встречаемости дисплазии тазобедренного сустава отличается в зависимости от популяции, так от 5.4 до 12.8% среди населения Дании, 1.8% в Корее, 2.4% в Турции и 7.3% среди населения Сингапура [21].

Согласно проведенному мета-анализу, встречаемость фемороацетабулярного импиджмента составляет от 47 до 74% среди взрослых пациентов молодого возраста с болью в тазобедренном суставе. Среди них *cam*-деформация встречалась у 38% пациентов, *pincer* - у 25%. Комбинированный тип импиджмента отмечался у 37% исследуемых пациентов с фемороацетабулярным импиджментом [22]. По данным авторов, распространенность ретроверсии вертлужной впадины в целом составляет от 7 до 28,7% [23,24].

1.2 Классификация

Существующие системы классификаций фемороацетабулярного импиджмента и дисплазии тазобедренного сустава позволяют нам четко сформировать представление о степени и вариантах изменений в тазобедренном суставе, а также определиться с тактикой дальнейшего лечения.

Для классификации изменений, возникших у пациента при развитии фемороацетабулярного импиджмента, предложено разделение их на *pincer*, *cam* или смешанный типы. Для дисплазии тазобедренного сустава наиболее популярными системами классификаций для пациентов взрослого возраста являются по Hartofilakidis [25] и Crowe [26]. Указанные классификации изображены на рисунке 1 и рисунке 2.

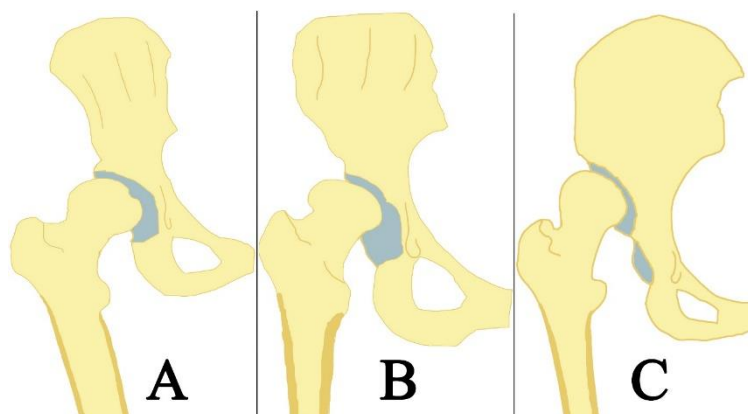


Рисунок 1 - Классификация дисплазии тазобедренного сустава Hartofilakidis. Тип А (дисплазия) – головка бедренной кости находится в подвывихе, но в пределах истинной вертлужной впадины. Тип В (низкий вывих) – головка бедренной кости сочленяется с ложной «неовпадиной», сохраняя контакт с истинной вертлужной впадиной. Тип С (высокий вывих) – характеризуется полным формированием ложной впадины в результате миграции головки вверх и кзади. Гипоплазия истинной вертлужной впадины, которая имеет форму вигвама

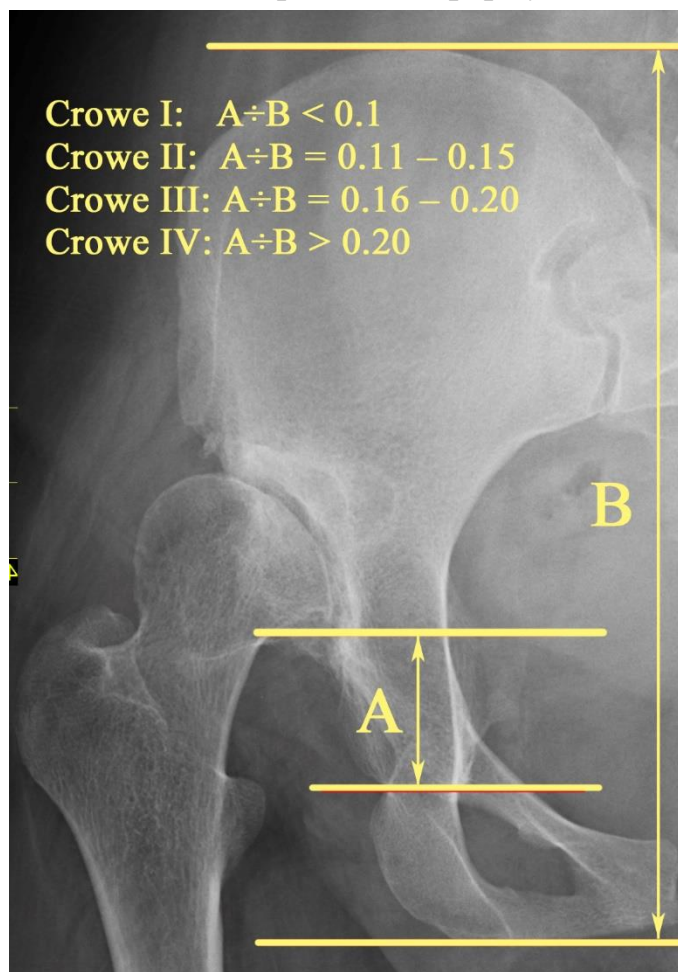


Рисунок 2 - Классификация дисплазии тазобедренного сустава Crowe

1.3 Диагностика

Основная задача при проведении диагностики причин развития болевого синдрома в области тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого и среднего возраста на начальном этапе - дифференцировать внутрисуставной характер повреждения от внесуставного.

1.3.1 Клиническая картина

Основным клиническим проявлением данных состояний у взрослых активных пациентов молодого и среднего возраста (18-45 лет) является боль в паху, возникающая постепенно и не связанная с травмой. Боль пациенты обычно связывают с физической активностью (обычно после регулярных занятий спортом или после резкого начала), при этом некоторые пациенты отмечают появление болевого синдрома в сидячем положении и чувствуют облегчение в ортостатическом положении. Чаще болевой синдром проявляется у атлетов, вид спорта которых связан с большим диапазоном движений в тазобедренном суставе. Редко боль локализуется в области большого вертела с иррадиацией по латеральной поверхности бедра. Функция тазобедренного сустава обычно мало ограничена. Обычно в первую очередь болевые ощущения начинают отмечаться при ротационных движениях в тазобедренном суставе.

Часто при описании болевого синдрома пациенты демонстрируют так называемый “С-знак” [27], когда обхватывают кистью область выше большого вертела, расположив большой палец сзади, а остальные пальцы спереди. Существует множество клинических тестов, направленных на выявление анатомических аномалий в области тазобедренного сустава, в основном, наличия фемороацетабулярного импиджмента. Все применяемые в диагностике патологии тазобедренного сустава у пациентов молодого возраста клинические тесты являются провокационными (т.е. направлены на воспроизведение болевого синдрома). Среди них можно выделить следующие:

- FADDIR - одновременное сгибание, приведение и внутренняя ротация в тазобедренном суставе в положении лежа на спине. Чувствительность данного теста составляет 59–100%, специфичность 10–100% [28].

- FABER или Patrick тест – одновременное сгибание, отведение и наружная ротация в тазобедренном суставе в положении лежа на спине. По данным исследований чувствительность данного теста составляет от 41 до 97% и специфичность от 18 до 100% [29].

- Тест Thomas - проводится в положении, когда пациент лежит на спине и оба бедра свисают с края кушетки. Затем противоположную исследуемой нижнюю конечность полностью сгибают, прижимая коленный сустав к груди. Если исследуемое бедро в этот момент приподнимается над плоскостью стола, тест считается положительным. О наличии повреждения суставной губы при проведении данного теста свидетельствует ощущение щелчка или возникновение болевого синдрома в тазобедренном суставе. Чувствительность теста Thomas для диагностики лабральной патологии была описана как 89%, а специфичность - как 92% [30].

HEER - тест проводится в том же положении, что и предыдущий тест. Затем производится наружная ротация в тазобедренном суставе, что приводит к натяжению передней капсулы. Этот тест на 71% чувствителен и на 85% специфичен в диагностике микронестабильности тазобедренного сустава, с положительным прогностическим значением 86% [31].

AB-HEER - тест проводится в положении пациента лежа на здоровом боку. Осуществляется разгибание, отведение на 30° и наружная ротация в тазобедренном суставе. Затем врач осуществляет направленное вперед надавливание позади большого вертела. Чувствительность теста составляет 81%, специфичность - 89% в диагностике микронестабильности тазобедренного сустава [31].

Стоит отметить, что существуют клинические исследования, показавшие низкую эффективность клинических тестов в выявлении патологических изменений области тазобедренного сустава, и доказавшие, что данные

исследования не представляют для клинициста какой-либо существенной ценности при их использовании [32,33].

1.3.2 Инструментальная диагностика

Современные методы инструментальной диагностики позволяют четко диагностировать патологию в области тазобедренного сустава. Так, компьютерная томография значительно повышает и расширяет возможности диагностики различных аномалий вертлужной впадины и бедренной кости, поскольку у хирурга имеется возможность получить точную информацию об их пространственном положении. Благодаря магниторезонансной томографии имеется возможность оценки повреждений и изменений мягкотканых структур, невыявленных при проведении других методов исследования. Несмотря на активное применение более современных методов диагностики (КТ и МРТ), выполнение обзорной рентгенографии костей таза в передне-задней проекции продолжает оставаться “золотым стандартом” при проведении исследования патологии тазобедренного сустава, а для более полноценного представления о состоянии тазобедренного сустава выполняется рентгенография с использованием специальных укладок, например, в проекции “ложного профиля” и по Dunn.

Показатели, оцениваемые при проведении рентгенографии или компьютерной томографии костей таза, позволяют оценить степень наклона вертлужной впадины или степень покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной, величину анте-/ретроверсии вертлужной впадины или проксимального отдела бедренной кости, а также позволяют определить конгруэнтность между их суставными поверхностями [2].

Существуют исследования, в которых доказана зависимость между степенью конгруэнтности тазобедренного сустава и длительностью выживаемости сустава после проведенных органосохраняющих оперативных вмешательств. На рисунке 3 представлены 4 степени конгруэнтности тазобедренного сустава на основании обзорных рентгенограмм таза в положении отведения пораженного сустава

сформулированные [34] Yasunaga с соавт. Конгруэнтность суставов оценивалась как отличная (А), если кривизна головки бедренной кости и вертлужной впадины были практически идентичными, а ширина суставного пространства была полностью сохранена. Хорошая конгруэнтность (В), если кривизна головки бедренной кости и вертлужной впадины не были практически идентичными, но ширина суставного пространства была полностью сохранена. Удовлетворительная конгруэнтность (С), если кривизна головки бедра и вертлужной впадины не соответствуют друг другу и имеется частичное сужение суставной щели. Плохая конгруэнтность (D), если имеется частичное замыкание суставной щели [35]. Оценить степень конгруэнтности тазобедренного сустава можно также, используя оценку округлости головки бедренной кости, рассчитав индекс сферичности [36].

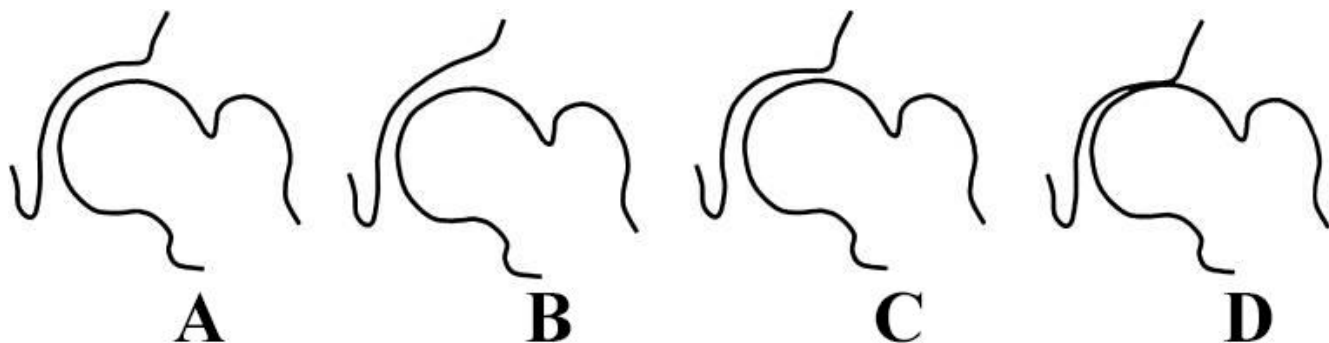


Рисунок 3 - Классификация степени конгруэнтности тазобедренного сустава, предложенная Yasunaga с соавт.

Как уже было отмечено, обзорная рентгенография костей таза предоставляет возможность получить информацию о положении вертлужной впадины. К показателям, позволяющим оценить степень наклона вертлужной впадины и степень покрытия головки бедренной кости (Рисунок 4), можно отнести следующие:

- Угол вертикального наклона вертлужной впадины (Sharp's angle). В норме угол составляет 42° - 45° , менее 35° - признак наличия дисплазии тазобедренного сустава, более 45° - наличие фемороацетабулярного импиджмента [37].

- Угол наклона крыши вертлужной впадины Tönnis. В норме – от 0° до 10° градусов. Значения более 10° градусов свидетельствуют о наличии дисплазии

тазобедренного сустава, отрицательные значения характерны для Pincer импиджмента [38].

- Латеральный центрально-краевой угол Wiberg. Нормальными считаются значения данного угла от 25° до 40° , а 20° - 25° - пограничные значения, менее 20° - признак дисплазии тазобедренного сустава, более 40° - признак наличия фемороацетабулярного импиджмента по типу Pincer [39].

- Передний центрально-краевой угол Lequesne, который измеряется в проекции ложного профиля. Нормальными значениями для данного угла являются 20 - 45° . Более 45° свидетельство наличия Pincer типа фемороацетабулярного импиджмента, менее 20° признак дисплазии тазобедренного сустава [40].

- Индекс экструзии головки бедренной кости. Нормальными считаются значения данного индекса от 15 до 25%, менее 15% свидетельство наличия фемороацетабулярного импиджмента, более 25% характерно для дисплазии тазобедренного сустава [41].

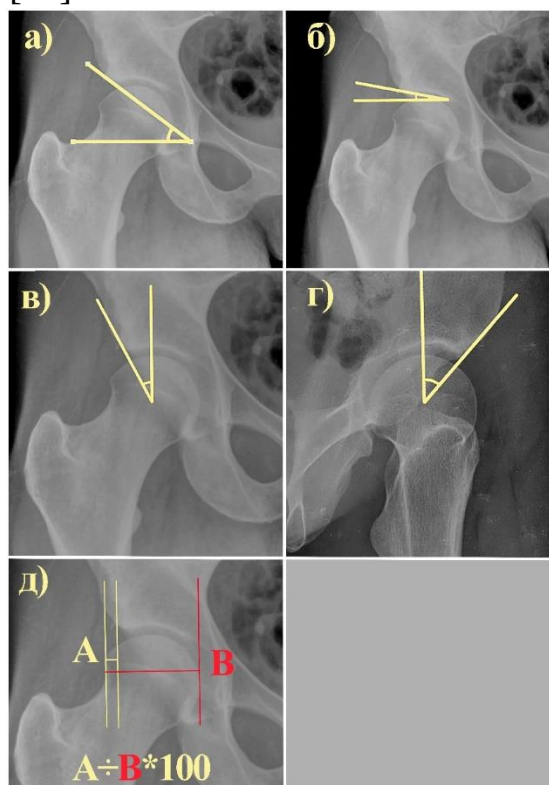


Рисунок 4 - Показатели, характеризующие степень покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной: а) угол Sharp; б) угол Tönnis; в) угол Wiberg; г) угол Lequesne; д) индекс экструзии головки бедренной кости

О степени антеверсии или ретроверсии вертлужной впадины по данным рентгенографии можно судить по показателям (Рисунок 5):

- Положительный симптом «перекреста», который определяется при наличии ретроверсии вертлужной впадины [42].
- Индекс ретроверсии. Тазобедренный сустав со значительной ретроверсией вертлужной впадины характеризуется значениями данного показателя более 30%, тогда как в норме индекс ретроверсии обычно составляет около 0% [42].
- Положительный симптом «задней стенки» выявляется в случае наличия выраженной ретроверсии вертлужной впадины [43].
- Положительный симптом «седалищной ости», который также является признаком наличия ретроверсии вертлужной впадины [43].

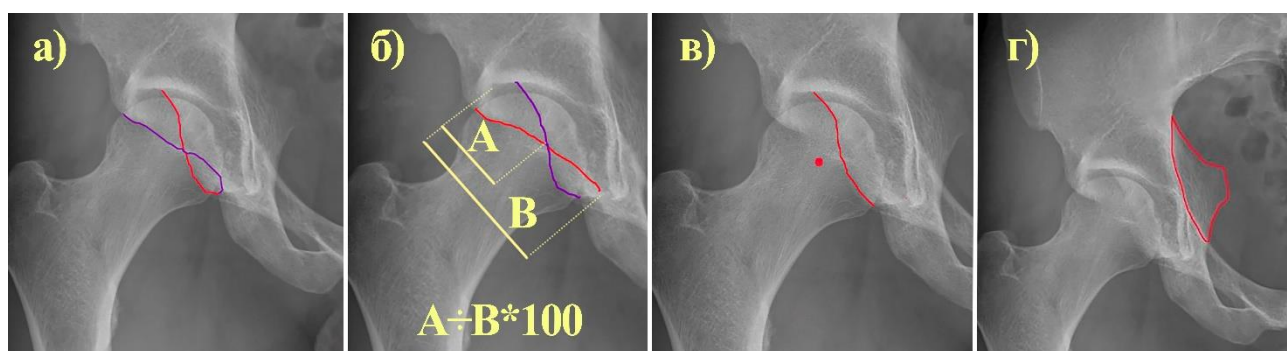


Рисунок 5 - Рентгенографические показатели, характеризующие наличие признаков ретроверсии вертлужной впадины: а) симптом «перекреста»; б) индекс ретроверсии вертлужной впадины; в) симптом «задней стенки»; г) симптом «седалищной ости»

Выполнение рентгенограмм в проекции по Dunn позволяет провести измерения угла α , что используется в диагностике Cam-типа фемороацетабулярного импиджмента. Значение более 60° градусов является признаком наличия импиджмента [44].

Несмотря на возможности стандартной рентгенографии, наиболее точное представление о положении вертлужной впадины позволяет сформировать проведение компьютерной томографии костей таза. На основании данных этого метода исследования есть возможность точного расчёта угла антеверсии

вертлужной впадины (AcetAV), что крайне эффективно в диагностике ацетабулярной ретроверсии (Рисунок 6). Физиологические значения данного угла составляют $17-25^\circ$ ($17^\circ \pm 5^\circ$ - у мужчин, $22^\circ \pm 5.1^\circ$ у женщин). Менее 17° является признаком наличия ретроверсии вертлужной впадины, угол более 25° характерен для дисплазии тазобедренного сустава [45].

Кроме того, углы AASA, PASA и HASA также позволяют оценить степень передне-заднего соответствия между головкой бедренной кости и вертлужной впадиной (Рисунок 6). Увеличение данных углов (в сравнении с нормой) характеризует гиперпокрытие головки бедренной кости и может указывать на наличие феморо-ацетабулярного импиджмента типа Pincer. Значения данных углов ниже нормальных свидетельствуют о наличии недопокрытия вертлужной впадины и, соответственно, о дисплазии тазобедренного сустава.

Стоит отметить, что исследователями показано, что среднее значение AASA, PASA и HASA углов меняется в зависимости от уровня, на котором расположен аксиальный срез при проведении измерения, так, например, среднее значение угла ASAA на уровне центра головок бедренных костей составляет 64° ($50-76^\circ$) у мужчин и 63° ($48-75^\circ$) у женщин, в то время как на уровне 10 мм выше центра головок бедра (краниальный срез) данные показатели составили 78° ($62-106^\circ$) у мужчин и 81° ($63-112^\circ$) у женщин.

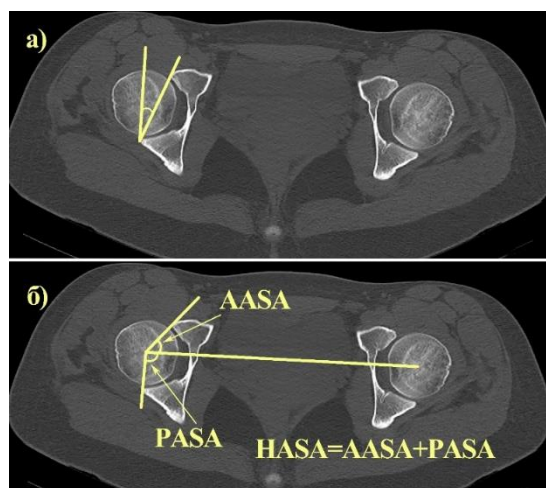


Рисунок 6 - КТ-показатели, позволяющий произвести оценку степени передне-заднего соответствия между вертлужной впадиной и головкой бедренной кости: а) угол AcetAV; б) углы AASA, PASA и HASA

Но большинство врачей и исследователей предпочитает использовать метод определения данных углов на уровне центра головок бедренных костей, учитывая его простоту использования и воспроизводимость [46].

Кроме вышеперечисленных измерений при проведении компьютерной томографии имеется возможность расчёта угла Wiberg и угла α [47]. Методика измерения данных углов соответствует методике измерения по данным рентгенографии за одним лишь исключением, что важно точно определить точку, соответствующую центрам головок бедренных костей во всех трех плоскостях.

Указывая на важность МРТ-диагностики, стоит отметить: Shakoog с соавт. в своем проведенном мета-анализе определили, что у пациентов с болью в тазобедренном суставе МРТ-исследование показало общую чувствительность 64,7% (95% ДИ 31,8–87,8%), специфичность 86,9% (95% ДИ 72-94,5%) [48].

Аномальная костная морфология вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости может приводить к хроническому повреждению суставной губы вертлужной впадины, круглой связки тазобедренного сустава, повреждению суставного хряща тазобедренного сустава [49]. В исследованиях, где ретроспективно изучалось наличие костных изменений у пациентов с разрывом суставной губы, было показано, что у большинства (49% из 78 пациентов, 79% из 99 и 87% из 31) имелся фемороацетабулярный импиджмент [50-52]. Lund с соавт. в крупном когортном исследовании показал, что у пациентов с симптоматическим фемороацетабулярным импиджментом интраоперационно наблюдались значительные изменения суставного хряща, главным образом в области вертлужной впадины [53]. Siebenrock с соавт. смоделировали изменения в тазобедренном суставе у овец, характерные для фемороацетабулярного импиджмента типа “cam”. В результате, такие нарушения приводили к повреждениям губы вертлужной впадины и суставного хряща, аналогичным таковым, наблюдаемым у людей с фемороацетабулярным импиджментом типа “cam” [54].

Кроме того, считается, что при дисплазии тазобедренного сустава повторяющаяся микротравма суставной губы вертлужной впадины, возникающая в результате “микронестабильности” в диспластичном суставе, приводит рано или поздно к ее разрыву, а это, в свою очередь, может вызывать отслойку суставного хряща и развитие остеоартроза [55].

Согласно данным мета-анализа, распространенность разрывов суставной губы тазобедренного сустава при дисплазии составила в среднем $78,80 \pm 4,7\%$ (от 17 до 100%) и $93,8 \pm 16,8\%$ (от 33 до 100%) при фемороацетабулярном импиджменте [56].

На МРТ повреждения суставной губы вертлужной впадины включают такие структурные изменения, как: гипертрофия в сочетании с изменениями внутритканевого сигнала, полные или парциальные разрывы суставной губы, а также отслойка ее в области хондро-лабрального сочленения. Наиболее часто встречается именно отрыв суставной губы от места ее прикрепления [57,58]. Суставная губа при дисплазии тазобедренного сустава обычно гипертрофирована и разрыв ее зачастую носит дегенеративный характер.

С ростом клинического опыта лечения таких патологий тазобедренного сустава как дисплазия и фемороацетабулярный импиджмент, и непрекращающимися достижениями в области органосохраняющей хирургии области тазобедренного сустава, с помощью которой имеется возможность повлиять на скорость развития остеоартроза у пациентов молодого возраста, стало очевидным, что ранняя и достоверная диагностика состояния суставного хряща у таких пациентов становится все более важной. Так, исследователями было показано, что предоперационная степень повреждения суставного хряща тазобедренного сустава влияет на выживаемость сустава после проведения периацетабулярной остеотомии [59,60]. Точную оценку состояния суставного хряща тазобедренного сустава позволяет производить МРТ-диагностика сочетающаяся с использованием метода контрастирования (например, усилением гадолинием). Техника такого исследования заключается в следующем: после

внутривенного введения комплекса гадолиния с диэтилентриаминпентауксусной кислотой данное контрастное вещество проникает в суставной хрящ и накапливается там обратно пропорционально содержанию отрицательно заряженных молекул гликозаминогликанов. В здоровом хряще отрицательно заряженное контрастное вещество “отталкивается” от отрицательно заряженных гликозаминогликанов. Соответственно с уменьшением в суставном хряще количества молекул гликозаминогликанов больше гадолиния будет проникать в хрящ, что будет ярче отражаться на МРТ в режиме T1 (Рисунок 7). Красный и оранжевый цвета (низкий T1 dGEMRIC индекс) указывают на повреждение хряща, а синий и зеленый цвета (высокий T1 dGEMRIC индекс) характерны для здорового хряща [61,62].

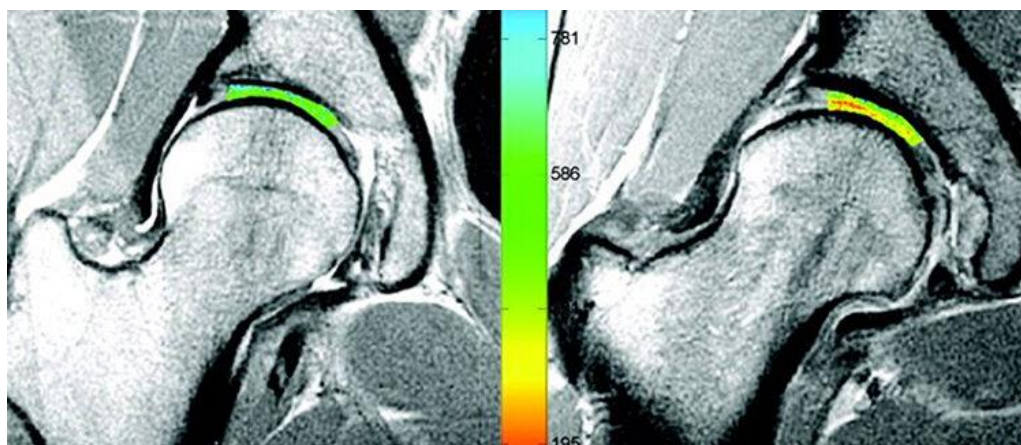


Рисунок 7 - Контрастирование с использованием гадолиния во время выполнения МРТ тазобедренного сустава при нагрузке весом тела. Слева: здоровый доброволец. Справа: пациент с начальными проявлениями остеоартроза [61]

Такой детальный диагностический анализ патологии области тазобедренного сустава позволяет, решать спектр самых разных проблем, и снижать тем самым, риск возникновения и прогрессирования остеоартроза в дальнейшем.

1.4 Методы лечения

1.4.1 Консервативное лечение

Консервативное лечение болевого синдрома в тазобедренном суставе у взрослых пациентов молодого возраста заключается в аналгетической терапии, изменении образа жизни и обучению пациентов выполнению различных программ физических упражнений, а также в физиотерапевтическом лечении.

Аналгетическая терапия при наличии патологических изменений области тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста заключается в приеме НПВП (например, ибупрофен, эторикоксиб), призванных устранить воспалительный процесс в поврежденном суставе и, тем самым, снизить боль [63,64].

Однако, полученные данные свидетельствуют о том, что болевой синдром в тазобедренном суставе также может быть скомпенсирован за счет выполнения пациентом индивидуальной программы физических упражнений, поскольку патологические изменения в тазобедренном суставе у взрослых пациентов молодого возраста зачастую сочетаются с мышечной слабостью и связочной недостаточностью [65].

В 2018 г. Международной исследовательской сетью по изучению боли, связанной с тазобедренным суставом (IHiPRN)) были выпущены рекомендации по консервативному лечению пациентов с болью в тазобедренном суставе. Основные выводы данного Консенсуса заключаются в том, что при проведении консервативного лечения таких пациентов приоритет следует отдавать физическим упражнениям, направленным на укрепление общего функционального состояния, а также на увеличение силы мышц тазобедренного сустава, бедра и туловища. Кроме того, авторы консенсуса отмечают, что исследователями доказано: проведение лечения под руководством врача реабилитолога, показало более выраженный положительный эффект при последующей оценке. Также было отмечено, что консервативное лечение, длившееся более 3 месяцев, дало больший

результат. Стоит сказать, что несмотря на отсутствие доказательств, группа экспертов согласилась с тем, что физические упражнения, которые могут помочь вернуться пациентам к их спортивной, физической или профессиональной деятельности, должны быть включены в программы лечения под руководством врача реабилитолога [66].

Программа физических упражнений при консервативном лечении включает в себя 4 принципа: контроль за осанкой и наклоном таза, укрепление связочного аппарата тазобедренного сустава, увеличение силы и двигательного контроля мышц области тазобедренного сустава, а также разработка мышц нижней части туловища [67-70].

Молодым пациентам с болью в тазобедренном суставе также рекомендовано коррекция образа жизни: коррекция массы тела, сокращение или полное исключение физических упражнений, связанных с резкими толчковыми движениями в тазобедренном суставе (бег, прыжки, резкие выпады и приседания), которые вызывают болезненные ощущения. Емага с соавт. показали улучшение при адаптации повседневной жизни к безопасному диапазону движений в тазобедренном суставе, не провоцирующих болевого синдрома [71].

При всем при этом, учитывая тот факт, что многие молодые пациенты с болью в тазобедренном суставе хотят вернуться к занятиям спортом и активной деятельности, которые были до возникновения боли (что часто и является причиной обращения за медицинской помощью), полное исключение определенных видов движений в тазобедренном суставе для таких пациентов выглядит определенно противоречивым решением.

Кроме того, как уже было сказано, болевой синдром у взрослых пациентов молодого возраста в большинстве случаев связан с определенными анатомическими аномалиями в данном суставе, что скорректировать консервативными методами лечения не представляется возможным. Поэтому проведение консервативного лечения у таких пациентов целесообразно рассматривать как вариант предоперационной подготовки или послеоперационной

реабилитации, а также при категорическом отказе пациентом от выполнения ему хирургических вмешательств, поскольку как самостоятельный метод лечения при наличии патологии тазобедренного сустава, безоперационный, имеет низкую эффективность и прогностически не может снизить риск развития остеоартроза [72-74].

1.4.2 Оперативные методы лечения

Для лечения патологии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста в настоящее время существует достаточное количество вариантов хирургического лечения. Среди них выделяют: артроскопию тазобедренного сустава, процедуру хирургического вывиха бедренной кости, а также остеотомии проксимального отдела бедренной кости и остеотомии таза. Каждый из названных видов оперативных вмешательств имеет свои показания и возможности в коррекции анатомических аномалий в области тазобедренного сустава.

1.4.3 Артроскопия тазобедренного сустава

Артроскопия тазобедренного сустава является методом малоинвазивного вмешательства, позволяющим под визуальным контролем воздействовать не только на мягкотканые внутрисуставные структуры, но и производить коррекцию определенных костных изменений в области тазобедренного сустава. Так при фемороацетабулярном импиджменте типа “cam” имеется возможность устранения костного образования в месте перехода шейки бедренной кости в головку, не прибегая к значительному травмированию окружающих тканей, что позволяет пациенту быстрее реабилитироваться. При импиджменте типа Pincer и ретроверсии вертлужной впадины небольшой степени под артроскопическим контролем можно корректировать величину края вертлужной впадины [75].

Роль артроскопии тазобедренного сустава при дисплазии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста не вполне определена. Однако, как уже было отмечено выше, у данных пациентов, так же, как и у пациентов с

фемороацетабулярным импиджментом часто определяются повреждения суставной губы вертлужной впадины [56]. В соответствии с этими данными, у пациентов с неярко выраженной дисплазией тазобедренного сустава легкой степени (пограничной дисплазией) и у пациентов с фемороацетабулярным импиджментом артроскопический шов суставной губы вертлужной впадины может быть рассмотрен как один из актуальных методов лечения данного состояния [76]. Оценка клинических результатов этой методики, проведенная Domb с соавт. [77] оптимистична: в течение как минимум 5 лет наблюдения у пациентов с “пограничной” дисплазией (LCEA от 18° до 25°), которым был выполнен артроскопический шов суставной губы вертлужной впадины или пластика суставной капсулы, наблюдалось значительное улучшение показателей mHHS (85.9 ± 12.1), NAHS (87.3 ± 9.8) и HOS-SSS (70.8 ± 19.5), повторные артроскопические вмешательства потребовались в 19% случаев, и никто из пациентов не нуждался в проведении тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Когда авторы из того же учреждения [76] проанализировали в течении как минимум 2-х лет наблюдения аналогичную группу пациентов с “пограничной” дисплазией, которым была проведена артроскопия тазобедренного сустава, было выявлено, что частота неудач (mHHS 64.9 ± 14.3 и/или повторная операция) в данном исследовании составила 20,5%, у пациентов старше 35 лет риск неудачи был выше в 2,25 раза. Связь между возрастом и частотой неблагоприятного исхода лечения была выявлена и в других исследованиях [78].

Стоит отметить, что одним из факторов, влияющим на успех артроскопического лечения у взрослых пациентов молодого возраста с патологией тазобедренного сустава, является состояние суставного хряща. Natakauma с соавт. в своем исследовании показали, что тяжелое повреждение хряща в области вертлужной впадины (MAHORN степеней 3-5) в 11.8 раза и умеренное повреждение суставного хряща в области головки бедренной кости (ICRS 1) в 8.1 раза повышало риск неблагоприятного исхода [78].

Maldonado с соавт. [76] справедливо отмечают, что проведение артроскопии тазобедренного сустава ограничено очень узкими показаниями, и важно помнить, что такие оперативные вмешательства должны выполняться опытными хирургами. Данный метод лечения требует необходимых навыков проведения артроскопических операций с использованием 70 градусного артроскопа, что может представлять определенные трудности даже у врачей, занимающихся артроскопической хирургией коленного и плечевого суставов.

1.4.4 Остеотомии проксимального отдела бедренной кости

Пациентам с выраженной деформацией проксимального отдела бедренной кости, вызывающей механические нарушения в тазобедренном суставе, может быть проведена корригирующая остеотомия с целью переориентации верхнего отдела бедренной кости в ее анатомическое положение, что улучшает биомеханику и функцию тазобедренного сустава. При правильном планировании остеотомия проксимального отдела бедренной кости может стать ценным дополнением к лечению дисплазии и нестабильности, поскольку данный метод лечения может использоваться, как и в качестве основной операции, так и в качестве дополнительной процедуры при проведении вмешательства в области вертлужной впадины.

Основными показаниями к проведению остеотомии проксимального отдела бедренной кости относятся: чрезмерная антеторсия бедренной кости, соха *valga*, измененный офсет проксимального отдела бедренной кости, асферичная форма головки бедренной кости [79,80].

Среди видов корригирующих остеотомий проксимального отдела бедренной кости выделяют: подвертельные; межвертельные; чрезвертельные. Межвертельные остеотомии являются наиболее часто применяемыми видами остеотомий данной категории, поскольку они имеют низкую частоту и степень тяжести осложнений в сравнении с другими видами остеотомий, при которых риск

нарушения кровоснабжения головки бедренной кости выше, а скорость консолидации ниже [81].

Также, фактором, который должен учитывать хирург, при планировании вмешательства является выбор импланта. При проведении проксимальных бедренных остеотомий в арсенале врача имеется возможность применения проксимальных бедренных пластин LCP для вертельной области, интрамедуллярных стержней и клинковых пластин [82]. Каждый из данных фиксаторов имеет свои преимущества и недостатки, но независимо от того, какой тип импланта выбран, принципы коррекции деформации и восстановления механической оси не должны нарушаться.

Несмотря на тот факт, что в данной работе не производилась оценка выполнения проксимальных бедренных остеотомий, стоит сделать важный акцент на том, что планирование данной операции имеет решающее значение для достижения качественных результатов лечения пациента и требует учета деформации проксимального отдела бедренной кости во всех трех плоскостях (сагиттальной, коронарной и фронтальной) [83], а также учета возможности сохранения или восстановления механической оси конечности. При учете этих факторов можно свести к минимуму такие осложнения, как изменение ротационного положения конечности, возникновение несоответствия между длинами обеих нижних конечностей и создание деформаций, которые потенциально могут помешать последующему хирургическому вмешательству, например, тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава.

1.4.5 Метод хирургического вывиха бедренной кости

Техника хирургического вывиха головки бедренной кости с использованием флип-остеотомии большого вертела получила свое распространение благодаря швейцарскому доктору R. Ganz [84]. Данный вид оперативного вмешательства позволяет под непосредственным визуальным контролем произвести коррекцию внутрисуставных изменений тазобедренного сустава. С использованием

хирургического вывиха головки бедренной кости имеется возможность коррекции деформаций вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости при фемороацетабулярном импиджменте, а также выполнения открытого шва суставной губы вертлужной впадины.

Преимуществом методики выполнения хирургического вывиха бедренной кости, предложенной R. Ganz является тот факт, что при выполнении данного оперативного вмешательства риск развития аваскулярного некроза головки бедренной кости минимален, что было подтверждено несколькими исследованиями с использованием лазерной доплеровской флоуметрии [85,86].

Данный вид оперативного лечения можно рассматривать, как полноценную альтернативу выполнению артроскопического вмешательства. Например, Ahmad с соавт. в своем исследовании заявляет, что операция хирургического вывиха бедра более эффективна, чем артроскопия, для проведения большей степени коррекции краев вертлужной впадины при фемороацетабулярном импиджменте типа *pinset* [87]. Zhang с соавт. провели мета-анализ и также показали, что артроскопия тазобедренного сустава приводила к меньшей коррекции угла альфа у пациентов с фемороацетабулярным импидментом типа *cam*, нежели хирургический вывих головки бедренной кости [88]. Однако же Zingg с соавт. в своей статье пришли к выводу, что при применении артроскопии тазобедренного сустава была достигнута большая степень коррекции деформации *Cam* в сравнении с хирургическим вывихом [89]. Кроме этого, необходимо отметить, что следует учитывать риск формирования ложного сустава в области большого вертела, а также возможных гетеротопической оссификации, адгезивного капсулита и мышечной слабости, возникающих после хирургического вывиха головки бедренной кости.

Тем не менее, как уже было сказано, успешность артроскопии тазобедренного сустава сильно зависит от специальных навыков хирурга в проведении такого рода эндоскопических операций, кроме того, при выполнении данных вмешательств имеется необходимость в наличии сложного и дорогостоящего артроскопического оборудования. Данные нюансы нивелируются

при проведении операции открытого вывиха головки бедренной кости, поскольку такая операция не требует от хирурга наличия специфического оборудования и особых артроскопических навыков. Поэтому данный вид оперативного лечения не теряет своей актуальности в настоящее время.

1.4.6 Остеотомии таза

Остеотомии таза — это хирургические операции, направленные на изменение соотношения костей таза, для коррекции положения и формы вертлужной впадины с целью повышения стабильности и равномерного распределения нагрузки в тазобедренном суставе. Все остеотомии таза делятся на две основные группы в зависимости от целей и характера вмешательства:

- реориентирующие остеотомии, направленные на сохранение тазобедренного сустава путем переориентирования положения вертлужной впадины для восстановления адекватной конгруэнтности без изменения её формы. К таким остеотомиям относят: тройную остеотомию (по Steel или Tönnis), периацетабулярную остеотомию по Ganz.

- реформирующие (ацетабулопластические) операции, где улучшение конгруэнтности тазобедренного сустава достигается за счет изменения формы самой вертлужной впадины. Чаще всего это производится за счёт аугментации костного трансплантата. Примерами данных вмешательств являются ацетабулопластики по Salter, Dega, Pemberton.

В данном разделе рассмотрены остеотомии по Steel, Tönnis, Salter, Dega, Pemberton, San Diego и Chiari (Рисунок 8), их краткая историческая справка, принципиальные особенности и показания к выполнению.

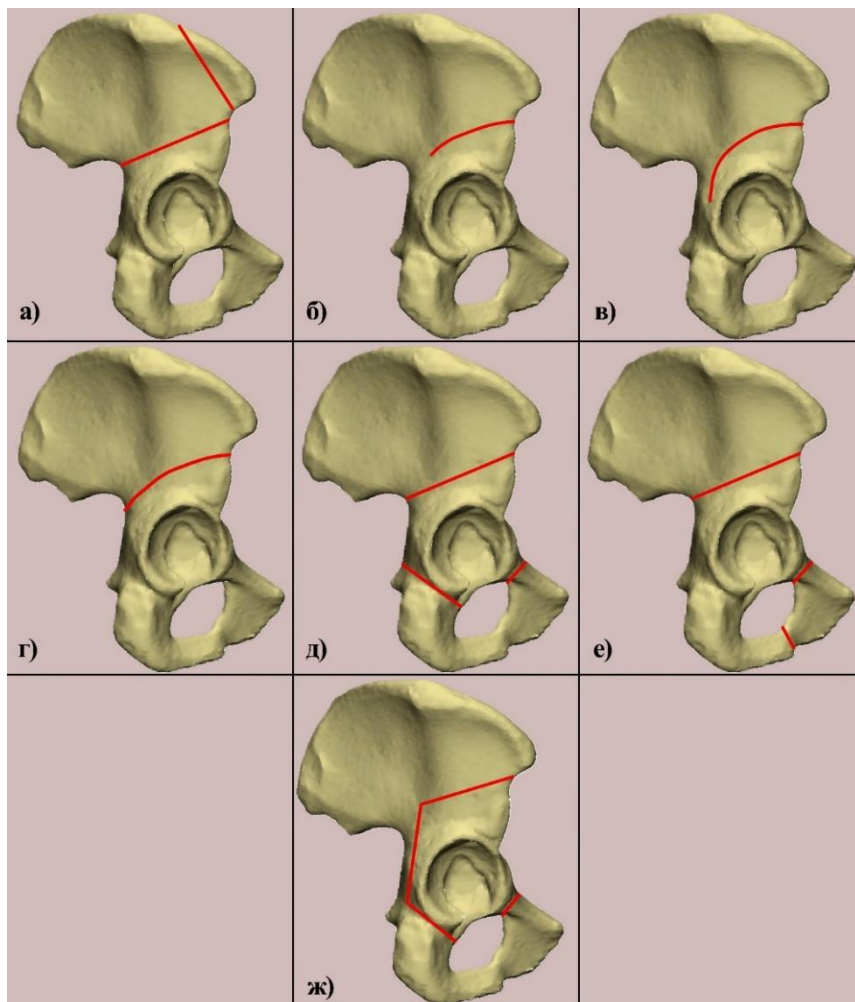


Рисунок 8 - Различные виды остеотомий таза: а) по Salter; б) остеотомия Dega; в) по Pemberton; г) остеотомия San Diego; д) тройная остеотомия Tönnis; е) тройная остеотомия по Steel; ж) периацетабулярная остеотомия по Ganz

Остеотомия по Salter была разработана канадским ортопедом Робертом Салтером в 1961 году. Она стала одной из первых успешных методик коррекции дисплазии тазобедренного сустава у детей.

Суть данного оперативного вмешательства заключается в том, что линия остеотомии начинается над передней нижней подвздошной остью и продолжается до седалищной вырезки, затем осуществляется поворот фрагмента вертлужной впадины вперед и латерально, где в качестве точки вращения выступает лобковый симфиз. Это позволяет улучшить покрытие головки бедренной кости. Для фиксации используется костный аутотрансплантат, который вставляется в область остеотомии. Основными показаниями к проведению данной остеотомии являются:

наличие умеренной дисплазии тазобедренного сустава у детей в возрасте до 6 лет, а также отсутствие тяжелых деформаций вертлужной впадины.

В статье Salter с соавт. [90] описаны результаты 15-летнего наблюдения за 140 пациентами, перенёвшими операцию. У 93,6% пациентов в возрасте от 18 месяцев до 4 лет были отличные или хорошие результаты. Однако в группе детей от 4 до 10 лет только 56,7% достигли таких же результатов, а частота неудач составила 6,6%. Thomas с соавт. [91] сообщает о выживаемости тазобедренного сустава через 45 лет после остеотомии Salter, которая составила 54%, причём худшие результаты наблюдались у пациентов с двусторонней дисплазией. Böhm с соавт. [92] сообщили о 90% выживаемости тазобедренного сустава через 30 лет после остеотомии Salter.

В структуре осложнений после остеотомии по Salter описаны случаи аваскулярного некроза и сохранения заднего подвывиха головки бедренной кости. Так, в исследовании Dora с соавт. [93] отмечаются случаи заднего подвывиха головки бедренной кости после остеотомии Salter, особенно при сочетании с остеотомией бедренной кости. Böhm с соавт. [94] сообщают о частоте аваскулярного некроза на уровне 5,7%, потерю коррекции после остеотомии Salter авторы отметили в 2,8% случаев.

Перикапсулярная остеотомия по Pemberton (передне-латеральная ацетабулопластика) была предложена американским ортопедом Полом Пембертоном в 1965 году как модификация остеотомии по Salter.

Основное отличие данной операции от других — это неполная бикортикальная остеотомия подвздошной кости, линия которой начинается от области чуть выше передней нижней седалищной ости и уходит дугообразно на заднюю колонну вертлужной впадины, заканчиваясь перед задней линией треугольного хряща (в области подвздошно-седалищного сочленения). Остеотомия проходит на 1 см выше суставной капсулы. Данная операция позволяет изменить форму вертлужной впадины, а не только ее ориентацию. После выполнения остеотомии вертлужная впадина наклоняется вниз, чтобы увеличить

покрытие головки бедренной кости. Для фиксации используется костный трансплантат, который вставляется в зону остеотомии.

Показаниями к проведению данной остеотомии служат: детский возраст от 1 года до 12-14 лет с умеренной или тяжелой дисплазией, а также наличие ретроверсии вертлужной впадины и необходимость изменения ее формы.

Пембертон сообщил о хороших результатах в 94,3% случаев, однако частота аваскулярного некроза составила 10,4% [95]. В долгосрочных исследованиях было отмечено, что у 51% пациентов наблюдались признаки некроза, а у 37% — клинически значимые изменения [96,97].

Остеотомия по Dega (латеральная ацетабулопластика) была разработана ортопедом Владиславом Дега в 1964 году. Она стала популярной в Европе благодаря своей эффективности в коррекции дисплазии. Эта остеотомия является универсальной процедурой для коррекции как переднего, так и латерального дефицита покрытия головки бедренной кости.

Остеотомия по Dega — это неполная остеотомия подвздошной кости, которая начинается чуть выше передней нижней подвздошной ости и проводится в направлении к большой седалищной вырезке, не доходя до неё. Линия остеотомии проходит на, примерно, 1-1,5 см выше суставной капсулы. Остеотомия является бикортикальной в передней части, но оставляет интактной медиальную кортикальную пластинку подвздошной кости в заднем отделе перед седалищной вырезкой.

Выполнение остеотомии по Dega показано у детей в возрасте до 12–14 лет с дисплазией тазобедренного сустава, у которых наблюдается латеральный или передний дефицит покрытия головки бедренной кости. Она также может быть использована для лечения остаточной дисплазии после предыдущих операций, таких как открытое устранение врожденного вывиха головки бедренной кости.

В исследованиях сообщается о значительном улучшении ацетабулярного индекса и угла Wiberg после выполнения остеотомии Dega. Например, в исследовании Czubak с соавт. [98] у 52 пациентов (средний возраст 3,9 года)

среднее значение ацетабулярного индекса улучшилось с $38,0^\circ$ до $20,8^\circ$, а среднее значение угла Wiberg увеличилось с $-10,7^\circ$ до $29,4^\circ$ после операции. В другом исследовании Karlen с соавт. [99] у 26 пациентов также наблюдалось значительное улучшение рентгенологических параметров, включая ацетабулярный индекс и угол Wiberg. В большинстве случаев остеотомия Dega приводит к улучшению стабильности тазобедренного сустава и снижению риска развития остеоартрита в долгосрочной перспективе. В исследовании Ming-Hua с соавт. [100] у 162 пациентов в возрасте от 1,5 до 6 лет было отмечено, что более 90% случаев демонстрировали благоприятные результаты с улучшением функциональных показателей.

Наиболее частым осложнением является аваскулярный некроз головки бедренной кости. В исследовании Czubak с соавт. [98] асептический некроз наблюдался в 5,8% случаев. Другие осложнения включают соха magna (увеличение головки бедренной кости) и необходимость повторных операций. В исследовании Karlen с соавт. [99] общая частота осложнений составила 19%, а частота повторных операций — 3,8%.

Остеотомия San Diego (модифицированная ацетабулопластика San Diego). Mubarak с соавт. в 1992 году модифицировали алгоритм выполнения остеотомии по Dega с целью улучшить латеральное и заднее покрытие головки бедренной кости [101], в дальнейшем назвав новую методику выполнения операции - остеотомия San Diego.

В отличие от классической остеотомии по Dega, при остеотомии San Diego медиальная кортикальная пластинка подвздошной кости остается полностью интактной, за исключением участков в области передней нижней подвздошной ости и седалищной вырезки. Для раскрытия зоны остеотомии и удержания вертлужной впадины в необходимом положении зачастую используются три костных трансплантата клиновидной формы. Изменяя размер и расположение трансплантатов, можно варьировать степень покрытия головки бедренной кости в

той или иной области: для увеличения переднего покрытия – больший из трансплантатов размещается спереди, для заднего – сзади.

Остеотомия San Diego была первоначально разработана для лечения изменений тазобедренного сустава, вызванных нейромышечными заболеваниями, такими как детский церебральный паралич или миелодисплазия спинного мозга. Однако, в настоящее время данная операция используется, в основном, для лечения сложных форм всех видов дисплазий тазобедренного сустава у детей от 1 года до 14 лет.

Остеотомия San Diego показала себя как эффективный метод для коррекции в тех случаях, где требуется значительное увеличение латерального или заднего покрытия вертлужной впадины. Результаты исследований, таких как Badrinath с соавт. [102], подтверждают, что эта техника обеспечивает хорошие клинические и рентгенологические результаты, сравнимые с другими методами, такими как остеотомия по Pemberton. Однако остеотомия San Diego позволяет более точно адаптировать форму вертлужной впадины под конкретный дефицит, что делает её особенно полезной в тяжелых случаях дисплазии.

Остеотомия по Chiari была предложена австрийским ортопедом Карлом Чиари в 1955 году. [103] Она стала одной из первых методик, направленных на увеличение покрытия головки бедренной кости за счет смещения вертлужной впадины.

Линия такой остеотомии начинается с латеральной поверхности подвздошной кости ниже передней нижней подвздошной ости, над капсулой сустава и проводится под углом 7–10° в медиальном и проксимальном направлении к седалищной вырезке. Угол остеотомии критически важен для обеспечения скольжения между поверхностями костных фрагментов остеотомии. Поскольку после выполнения остеотомии ацетабулярный фрагмент должен медиализироваться за счет форсированного отведения бедра, а нижняя поверхность проксимального фрагмента создает «крышу» из подвздошной кости над головкой бедренной кости.

Показанием к проведению данной остеотомии является наличие тяжелой формы дисплазии у пациентов 8-14 лет или старше. Однако, данная остеотомия не рекомендована при дисплазии тазобедренного сустава у детей моложе 10 лет в тех случаях, когда может быть использован другой вид тазовой остеотомии.

В исследовании Ito с соавт. [104] сообщается о 30-летней выживаемости тазобедренного сустава после остеотомии Chiari. У 85.9% пациентов результаты были удовлетворительными через 30 лет после операции.

Kotz с соавт. [105] в своем исследовании указывает, что из 80 пациентов за 32 года наблюдения - 40% пациентов потребовалось эндопротезирование тазобедренного сустава.

В другом исследовании Windhager с соавт. [106] сообщают о долгосрочных результатах у 236 пациентов со сроком наблюдения более 20 лет. У 9% пациентов потребовалось повторное хирургическое вмешательство. В том же исследовании, также как и в исследовании Lack с соавт. [107], отмечается, что остеотомия Chiari может уменьшить диапазон движений в тазобедренном суставе, особенно у пациентов с ограниченным сгибанием (менее 90°).

Остеотомия Chiari остается важным инструментом в арсенале хирургов для лечения дисплазии тазобедренного сустава, особенно в случаях, когда другие методы коррекции не могут быть применены. Однако её использование требует тщательного отбора пациентов и понимания ограничений процедуры.

Говоря о тройных остеотомиях таза, стоит отметить, что среди них наиболее известными и широко применяемыми являются остеотомии по Steel и по Tönnis.

Тройная остеотомия таза по Steel была предложена американским ортопедом Уильямом Стилом в 1972 году, как модификация оригинальной тройной остеотомии, предложенной Le Coeur в 1965 году [108]. Она стала одной из первых методик, позволяющих значительно переориентировать вертлужную впадину у подростков и взрослых. Остеотомия Tönnis была впервые описана в 1981 году немецким ортопедом Дитрихом Тоннисом. Она, в свою очередь, выступила в качестве модификации уже остеотомии по Steel [109].

При выполнении тройной остеотомии таза по Steel выполняется остеотомия трех костей лонной (в области перехода тела в верхнюю ветвь), подвздошной (над вертлужной впадиной по прямой линии в направлении от промежутка между передними подвздошными остями и до большой седалищной вырезки) и седалищной (около области сочленения её ветви с нижней ветвью лонной кости). Изначально авторская методика подразумевала выполнение операции из двух доступов.

Направления линий остеотомии в области лонной и подвздошной костей при остеотомии по Tönnis такие же, как и при остеотомии по Steel. Основной особенностью техники данной операции выступает то, что остеотомия седалищной кости выполняется в области её тела, а не в области ветви седалищной кости как в остеотомии по Steel, непосредственно под вертлужной впадиной в направлении к большой седалищной вырезке. Это позволяет полностью мобилизовать вертлужную впадину и переориентировать ее в оптимальное положение.

Тройные остеотомии таза показаны пациентам детского возраста (от 5 лет и подростков) с ацетабулярной дисплазией, которым другие методы, такие как остеотомия Salter, не могут обеспечить достаточную коррекцию. Однако, в некоторых случаях она может быть выполнена и у взрослых молодого возраста, у которых произошло закрытие триангулярного хряща. Они также используются у пациентов с болезнью Легга-Кальве-Пертеса для улучшения покрытия головки бедренной кости.

Тройные остеотомии таза показывают хорошие результаты выживаемости. Так, в исследовании Janssen с соавт. [110] выживаемость составила 85,3% через 11,5 лет, в этом же исследовании более 90% пациентов сообщили о хороших или отличных результатах через 10 лет после операции. Говоря о степени выживаемости тазобедренного сустава после тройной остеотомии таза, стоит привести также исследование Mei-Dan с соавт. [111], в котором сообщается о выживаемости сустава на уровне 76% через 10 лет и 57% через 17 лет. В другом исследовании van Stralen с соавт. [112] сообщается о выживаемости 83% через 10

лет и 68.6% через 25 лет, что также подтверждает долгосрочную эффективность остеотомии Steel.

Кроме того, в работах отмечается значительное улучшение радиологических показателей, таких как угол Wiberg, ацетабулярный индекс. Например, в исследовании Mei-Dan с соавт. [111] среднее увеличение угла Wiberg составило от 5.9° до 30.7° , а уменьшение угла Wiberg — от 2° до 28° .

В литературе также описаны различные осложнения, связанные с данной остеотомией. К ним относятся: несращение костных фрагментов (1-14.5%), повреждение нервов (например, латерального кожного нерва бедра, седалищного нерва), сосудистые повреждения, асептический некроз головки бедренной кости, случаи гетеротопической оссификации и инфекции [111,113,114].

Кроме того, стоит отметить, что тройные остеотомии могут приводить к асимметрии таза, что влияет на родовые пути, делая нормальные вагинальные роды невозможными.

Остеотомии таза играют ключевую роль в лечении дисплазии тазобедренного сустава, предлагая различные подходы в зависимости от возраста пациента, степени дисплазии и анатомических особенностей. Каждая из рассмотренных остеотомий — Salter, Pemberton, Dega, Steel, Tönnis, San Diego и Chiari — имеют свои уникальные особенности, показания и технические нюансы.

Однако, как уже было сказано, почти все тазовые остеотомии выполняются, когда треугольный хрящ еще не закрыт, поэтому их применение возможно исключительно в детском возрасте.

1.4.7. Периацетабулярная остеотомия

История создания периацетабулярной остеотомии (ПАО) тесно связана с именем швейцарского ортопеда Рейнхольда Ганца, который впервые разработал и описал эту методику. Он и его коллеги в Университете Берна (Швейцария) искали более эффективный способ коррекции дисплазии, который бы сохранял стабильность таза и позволял точно реориентировать вертлужную впадину. В итоге

в 1984 г. они выполнили первую периацетабулярную остеотомию, а уже в 1988 г. опубликовали первую статью в журнале *Clinical Orthopaedics and Related Research* [115], в которой описали технику данной операции, а также представили результаты лечения по данной методике первых 75 пациентов. Первые результаты были обнадеживающими, но операция требовала длительного времени выполнения (до 5,5 часов) и сопровождалась значительной кровопотерей (в среднем 3000 мл). Однако после выполнения 18 операций время процедуры сократилось до 2,5 часов, а кровопотеря уменьшилась до 800 мл. Периацетабулярная остеотомия стала революцией в хирургии тазобедренного сустава, так как она позволила эффективно корректировать деформации вертлужной впадины, сохраняя при этом стабильность таза и минимизируя риски осложнений.

Основными преимуществами нового метода лечения явились [115;116]:

- сохранение задней колонны таза, что обеспечивает сохранение формы тазового кольца и придает большую стабильность в сравнении с другими видами остеотомий;
- минимизация повреждения сосудов, питающих вертлужную впадину, благодаря чему снижается риск аваскулярного некроза;
- широкие возможности выполнения многоплоскостной коррекции положения вертлужной впадины из единого доступа.

Изначально в качестве основного показания к проведению периацетабулярной остеотомии являлось наличие симптоматической дисплазии тазобедренного сустава (боли в паховой области при физической нагрузке, значения угла Wiberg $< 22^\circ$, значения угла Tönnis $> 13^\circ$, индекс экструзии головки бедренной кости $> 25\%$), однако в настоящее время данное оперативное вмешательство выполняется у пациентов с ретроверсией вертлужной впадины, а также в случаях наличия фемороацетабулярного импиджмента типа «Pincer», устранение которого артроскопически не представляется возможным [15;116].

Результаты проведения периацетабулярной остеотомии подробно описаны различными исследователями. Основные выводы касаются оценки факторов,

влияющих на успех операции (выживаемость тазобедренного сустава), и частоты различных осложнений [117-119].

Выживаемость тазобедренного сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии авторами различных исследований оценена в периоде 5, 10, 20 и 30 лет наблюдений. В исследовании Clohisy с соавт. [120] говорится о конверсии в эндопротезирование в 0-17% случаев при сроке наблюдения от 2,8 до 11 лет. Tan с соавт. [121] в своём мета-анализе сообщают, что 5-летняя выживаемость составила 96.1% (95% ДИ: 94.9–97.3%), 10-летняя - 91.3% (95% ДИ: 87.7–94.8%), 15-летняя выживаемость тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии оценивается на уровне 85.0% (95% ДИ: 78.9–91.1%), а 20-летняя - 67.6% (95% ДИ: 53.9–81.3%). Lerch с соавт. [122] заключают, что около 29% пациентов не нуждаются в конверсии в эндопротезирование через 30 лет после проведения периацетабулярной остеотомии.

Авторы выделяют несколько основных факторов, влияющих на успех проведения периацетабулярной остеотомии. В долгосрочных исследованиях показано, что пациенты с адекватной конгруэнтностью сустава имели значительно более высокую выживаемость сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии [123-125]. Наличие умеренной дисплазии на дооперационном этапе (индекс ацетабулярного покрытия <25%) ассоциируется с лучшими результатами по сравнению с тяжелыми случаями [123]. Пациенты с наличием признаков остеоартроза по данным рентгенографии и МРТ имеют более низкие шансы на благоприятный исход [120,124]. Выживаемость тазобедренного сустава зависит также от точности коррекции положения вертлужной впадины: недостаточное покрытие головки бедренной кости, возникающее при недокоррекции положения вертлужной впадины приводит к перегрузке краевых отделов сустава, что увеличивает риск развития остеоартроза, в противоположность – гиперкоррекция является причиной возникновения импинджмент-синдрома типа «Pincer», который так же может служить причиной коксартроза [123]. Christoph E Albers с соавт. в своем исследовании обозначили, что послеоперационные признаки недокоррекции

(индекс экструзии головки бедренной кости > 27%, значение угла Tonnis'a > 14°) в среднем повышают риск конверсии в эндопротезирование в среднем в 2,3 раза, наличие послеоперационной ретроверсии вертлужной впадины увеличивает риск эндопротезирования в 3,3 раза, а признаки гиперкоррекции увеличивают данный риск в 1,9 раза [126]. Важным фактором, значимо влияющим на выживаемость тазобедренного сустава после остеотомии, является также возраст. Доказано, что количество случаев конверсии в эндопротезирование статистически выше среди пациентов старше 35 лет [121,123].

Общая частота осложнений, возникших после проведения периацетабулярной остеотомии колеблется от 5,9% до 45% [127-129]. Среди осложнений, оказывающих влияние на результат проведения данного оперативного вмешательства, наиболее часто описываются неврологические, внесуставные переломы и формирование ложных суставов, недостатки коррекции положения фрагмента вертлужной впадины и инфекционные осложнения.

Наиболее частым осложнением различными авторами указывается повреждение латерального кожного нерва бедра (до 30%) [121,129-131]. К значительно более редким неврологическим нарушениям относят послеоперационную невропатию седалищного нерва (от 0% до 1,6%) и отдельные случаи повреждения бедренного нерва (до 0,5%) [128,132,133]. Неврологические нарушения после периацетабулярной остеотомии обычно носят нестойкий характер и легко поддаются консервативным методам лечения.

Внесуставные переломы костей таза, возникающие во время или после периацетабулярной остеотомии, могут приводить к снижению стабильности фрагмента вертлужной впадины, что может явиться причиной плохих клинических и рентгенологических результатов. Среди таких переломов наиболее часто упоминается переломы нижней ветви лонной кости и переломы задней колонны таза. Общее количество осложнений данного типа находится на уровне 5,28%. [134-136]. Формирование ложных суставов в 0,24 – 2,21% [121,137].

Инфекционные осложнения крайне редки для данного оперативного вмешательства: глубокая инфекция области хирургического вмешательства встречается в 0,59 – 0,69%, поверхностная описывается на уровне 0,89 – 1,03% случаев [138-140].

Описаны также случаи развития гетеротопической оссификации, возникающие как следствие периацетабулярной остеотомии (2.7%) [137]. У большинства пациентов это осложнение протекало бессимптомно и не требовало дальнейшего лечения.

Ошибки коррекции положения фрагмента вертлужной впадины относят к наиболее частым серьезным осложнениям периацетабулярной остеотомии, способным привести к неудовлетворительным результатам. Так, было показано, что значение индекса экструзии головки бедренной кости менее 20% может являться прогностическим критерием плохого результата, также как и положительный передний импиджмент тест, возникающий при формировании ретроверсии вертлужной впадины при гиперкоррекции [123]. Novais E. N. с соавт., оценив послеоперационно у пациентов угол Wiberg'a, индекс экструзии головки бедренной кости и иные показатели, пришли к выводу, что недокоррекция встречается чаще, чем гиперкоррекция 22% и 2%, соответственно (95% ДИ:11%–27%; $p < 0.001$) [140]. К ошибкам коррекции можно также отнести чрезмерную медиализацию фрагмента вертлужной впадины, в результате которой происходит увеличение нагрузки на сустав и развитие остеоартроза. Однако в оригинальной работе, где была описана техника ПАО, R. Ganz и соавт. указывали, что медиализация может быть частью хирургической стратегии для улучшения покрытия головки бедренной кости.

Периацетабулярная остеотомия получила своё широкое распространение, показав отличные результаты. Однако несмотря на это, все еще остается нерешённым вопрос точности коррекции положения ацетабулярного фрагмента. В исследованиях отмечается, что четкое предоперационное планирование с использованием компьютерных 3D-моделей при лечении переломов таза позволяет

сократить время операции и повысить точность восстановления анатомии вертлужной впадины [141]. Основываясь на этом, можно предположить, что применение аддитивных технологий даст не просто качественное улучшение точности, а нивелирует все недостатки, связанные с неправильным расположением фрагмента вертлужной впадины при проведении периацетабулярной остеотомии.

1.4.8 Применение аддитивных технологий в травматологии и ортопедии

Аддитивные технологии, известные также как 3D-печать, представляют собой инновационный подход к созданию объектов послойным «наращиванием» материала на основе цифровых моделей. В отличие от классических субтрактивных методов (например, фрезерования), они позволяют изготавливать сложные анатомические структуры с высокой точностью, используя металлы, полимеры и керамику. В травматологии и ортопедии эти технологии открывают новые горизонты для персонализированного лечения [3,4].

Ключевое преимущество данной технологии — возможность создания индивидуальных имплантов и протезов, полностью соответствующих анатомии пациента [5]. Эта технология уже применяется в ревизионной хирургии тазобедренного и коленного суставов, реконструктивных операциях в костной онкологии и коррекции различных деформаций длинных трубчатых костей [142-144]. Также в качестве примера можно привести ситуацию, когда при наличии костных дефектов черепа изготавливаются титановые пластины, повторяющие естественные изгибы костных структур [6].

Данный подход качественно улучшает предоперационное планирование и проведение операций: на основе данных КТ или МРТ формируются цифровые модели измененных костных структур, затем осуществляется разработка индивидуальных имплантов, направленных на компенсацию дефицита костной массы в области хирургического вмешательства, или навигационных шаблонов, выступающих точными ориентирами для хирургов (они определяют необходимые точки для введения инструментов, распиливания, рассверливания или установки

имплантов) [7]. Например, при проксимальной вальгизирующей остеотомии большеберцовой кости, такие шаблоны направляют инструменты с высокой точностью: отклонение линии остеотомии от запланированной на 2.09 мм (диапазон: 0.8–3.44 мм) в коронарной плоскости и на 1.58 мм (диапазон: 0.7–2.85 мм) в сагиттальной, угол между запланированной и фактической линией остеотомии: разница -0.10° ($p=0,165$). Это снижает риск повреждения сосудов и нервов [145]. Кроме того, аддитивные технологии сокращают время операции — предварительная отработка действий на компьютерных 3D-моделях позволяет снизить риск непредвиденных ситуаций.

Среди ключевых преимуществ аддитивных технологий — снижение риска послеоперационных осложнений за счет точного соответствия имплантов и направителей анатомии пациента и четкому предоперационному планированию [146].

Аддитивные технологии стали неотъемлемой частью современной травматологии и ортопедии, предлагая решения, которые раньше считались фантастикой. Они не только улучшают клинические результаты, но и меняют парадигму медицинской помощи, смещая акцент на персонализацию и профилактику осложнений.

Будущие исследования должны быть направлены на оптимизацию хирургических техник, улучшение долгосрочных результатов и интеграцию современных технологий, таких как 3D-визуализация и компьютерное моделирование. В отношении патологии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста данные методики повысят эффективность лечения и улучшат качество жизни таких больных.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая характеристика исследования

В данное двунаправленное рандомизированное контролируемое одноцентровое исследование был включен 121 пациент (129 тазобедренных суставов): 96 (79,34%) женщин и 25 (20,66%) мужчин, которым была выполнена периацетабулярная остеотомия в период с 2007 по 2025 гг. на базе ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Максимальный период наблюдения данных пациентов составил 16 лет, минимальный – 6 месяцев.

Критериями включения являлись:

- признаки симптоматической дисплазии тазобедренного сустава;
- значение индекса ретроверсии более 30%;
- болевой синдром, не поддающийся консервативной терапии;
- возраст пациентов до 45 лет.

Критерии невключения:

- отказ пациента от участия в проведении исследования;
- наличие врожденного подвывиха или высокого вывиха головки бедренной кости с формированием ложной неовпадины;
- аплазия истинной вертлужной впадины;
- признаки остеоартроза тазобедренного сустава II-III ст.;
- наличие множественных дефектов суставного хряща тазобедренного сустава по данным МРТ-исследования;
- возраст пациентов старше 45 лет.

Вся совокупность пациентов, участвующих в данном исследовании, представлена двумя группами:

- первая (ретроспективная, контрольная) группа, где периацетабулярная остеотомия выполнялась в период с 2007 по 2023 гг. по классической методике, предложенной автором данного оперативного вмешательства R. Ganz. В

исследуемую группу вошли 82 пациента (89 тазобедренных суставов): 67 женщин (81,70%) и 15 мужчин (18,29%).

- вторая (проспективная, интервенционная), где применялась модифицированная техника периацетабулярной остеотомии в период с 2022 по 2025 гг. с применением системы индивидуальных 3D-направителей. В данную группу было включено 39 пациентов: 10 (25,64%) мужчин, 29 (74,36%) женщин.

Предметом исследования явилось пространственное положение вертлужной впадины, а также точность коррекции данного положения в соответствии с общепризнанными показателями нормальной анатомии, краткосрочные и долгосрочные результаты выполнения ПАО.

Исследование включало в себя следующие этапы:

1. Разработка программы, обоснование и постановка цели, задач исследования. Анализ литературных источников, касающихся выполнения остеотомий костей таза у взрослых пациентов молодого возраста и применения аддитивных технологий в ортопедической хирургии.

2. Медико-статистический анализ результатов выполнения периацетабулярных остеотомий в периоде с 2007 г. по 2022 г. у пациентов ретроспективной группы исследования, изучение влияния различных факторов на исходы проведения ПАО.

3. Разработка методики создания и применения индивидуальных направляющих устройств, изготавливаемых с использованием технологий 3D-печати на основе виртуальной модели костей таза пациента.

4. Выполнение периацетабулярной остеотомии модифицированным методом, сбор данных в проспективной группе исследования и медико-статистический анализ результатов выполнения ПАО у пациентов данной группы.

5. Сравнительный анализ результатов ПАО у пациентов обеих групп исследования. Разработка, научное обоснование и внедрение модифицированной техники проведения периацетабулярной остеотомии в клиническую практику.

2.2 Методы обследования

2.2.1 Клиническое обследование

В ходе клинического обследования изучали жалобы пациентов, устанавливали обстоятельства возникновения болевого синдрома, его связь с физической нагрузкой. Уточняли сведения о предыдущих методах лечения и их эффективности. Изучали информацию о фактах травматического воздействия или оперативных вмешательствах на тазобедренном суставе в анамнезе. Проводили сбор данных о возрасте, перенесенных заболеваниях, травмах, общем состоянии здоровья, семейном и наследственном анамнезе.

Также осуществлялся сбор данных, касающихся следующих факторов:

- возраст пациентов на момент проведения оперативного вмешательства;
- объём интраоперационной кровопотери и её степень;
- длительность проводимого оперативного вмешательства;
- факты наличия периоперационных осложнений, связанных с проведением периацетабулярной остеотомии (костных, неврологических, инфекционных);
- количество койко-дней.

2.2.2 Инструментальное исследование

В процессе проведения данной научной работы изучались данные инструментальных методов обследования, полученные на до- и послеоперационном этапе, а именно: обзорные рентгенограммы костей таза, данные компьютерной томографии костей таза и магнитно-резонансной томографии тазобедренных суставов.

Обзорная рентгенография костей таза в передне-задней проекции выполнялась в положении пациента лежа на спине, с положением стоп в 15-25° внутренней ротации. Фокусное расстояние между рентгенологической трубкой и воспринимающей кассетой составляло 1,2 м.

Измерение различных показателей на обзорной рентгенограмме костей таза в передне-задней проекции производилось после определения оси таза пациента. За

ось таза принималась линия, проведенная через центры головок обеих бедренных костей и параллельная линии, проведенной через нижние точки «фигур слезы». Центры головок бедренных костей определялись следующим образом. На двумерном изображении головки бедренной кости отмечались три точки. Первая точка отмечалась на медиальной границе изображения головки, две другие на верхней и нижней границах изображения головки бедренной кости соответственно. Затем через три указанные точки проводилась окружность, в указанную окружность вписывались две перпендикулярно расположенные к друг другу линии, которые соответствовали диаметру этой окружности. Точка пересечения данных линий принималась за центр головки рассматриваемой бедренной кости. Через указанные центры головок проводилась линия, принимаемая за линию оси таза.

Следующим этапом измерялся латеральный центрально-краевой угол Wiberg, который определялся как угол между линией проведенной от центра головки бедренной кости перпендикулярно к оси таза вверх и линией проведенной от центра головки к наиболее латеральной точке крыши вертлужной впадины.

За норму в данном исследовании принимались значения данного угла от 25° до 35° , показатель угла менее 25° - считался одним из признаков наличия у пациента дисплазии тазобедренного сустава или недостаточной коррекции положения вертлужной впадины после ПАО, угол более 35° - принимался как признак наличия фемороацетабулярного импиджмента или чрезмерной коррекции (гиперкоррекции) положения вертлужной впадины после ПАО.

Методика измерения угла Tönnis была следующей: определялась нижняя точка сурсила вертлужной впадины (наиболее склерозированной части), из указанной точки проводились две линии. Первая линия была параллельна линии оси таза, вторая линия проводилась к наиболее латеральной точке верхней части края вертлужной впадины. Угол между указанными линиями принимался за угол Tönnis.

В данном исследовании нормальным считался показатель угла – от 0° до 10° . Значения более 10° - принимались как признак наличия дисплазии тазобедренного

сустава или признак недокоррекции вертлужной впадины, отрицательные значения угла Tönnis являлись признаком фемороацетабулярного импиджмента или одним из признаков наличия избыточной коррекции положения вертлужной впадины.

Значения угла вертикального наклона вертлужной впадины (угол Sharp) получали в результате проведения двух линий. Первая линия проводилась от нижней точки «фигуры слезы» параллельно оси таза латерально, вторая линия проводилась через наиболее латеральную точку верхней части края вертлужной впадины и нижнюю точку фигуры слезы исследуемого тазобедренного сустава.

Нормальными значениями угла Sharp в данном исследовании считались значения в диапазоне от 35 до 45°. Показатель данного угла менее 35° считалось характерным для фемороацетабулярного импиджмента или гиперкоррекции положения вертлужной впадины, значение угла более 45° определялось как признак наличия дисплазии тазобедренного сустава или недостаточной коррекции положения вертлужной впадины.

Индекс экструзии головки бедренной кости определялся как отношение между двумя отрезками a и b , где отрезок a – расстояние между двумя перпендикулярными оси таза линиями, проведенными через наиболее латеральную и медиальную точки изображения головки бедренной кости, а отрезок b – расстояние между линией проведенной через наиболее латеральную точку на изображении головки бедренной кости и линией, проходящей через наиболее латеральную точку верхней части края вертлужной впадины. Указанные линии также расположены перпендикулярно линии оси таза. В результате, формула расчета индекса выглядела следующим образом $b \div a \times 100$, полученное значение выражали в процентах.

В данном исследовании значения индекса от 15% до 25 % считались показателями нормы. Значения индекса более 25% принимали за один из признаков наличия дисплазии тазобедренного сустава или недокоррекции вертлужной впадины. Индекс менее 15% считался характерным для фемороацетабулярного импиджмента или гиперкоррекции положения вертлужной впадины.

Индекс ретроверсии вертлужной впадины оценивали как отношение между двумя отрезками, где первый отрезок a – соответствует диаметру вертлужной впадины, а второй отрезок b был проведен между точкой, расположенной на наиболее латерально на верхней части края вертлужной впадины, и точкой, расположенной в месте пересечения линий, соответствующим переднему и заднему краю вертлужной впадины. Полученное отношение имело вид $b \div a \times 100$, значение индекса ретроверсии выражали в процентах.

В данном исследовании за норму принято значение индекса ретроверсии около 0%, а значение индекса ретроверсии более 30% считалось признаком выраженной ретроверсии.

Индекс сферичности также представлен отношением между двумя отрезками a и b , где отрезок b , проведенный через центр головки бедренной кости между самой верхней и самой нижней точкой изображения головки бедренной кости, отрезок a – проводится от центра головки бедренной кости до наиболее медиальной точки головки бедренной кости. Данный индекс рассчитывался по формуле $a \div b \times 100$, полученное значение выражали в процентах.

Нормальными значениями индекса сферичности в данном исследовании считали от 42% до 50%, значения менее 42% принимались как признак наличия выраженной дисконгруэнтности в тазобедренном суставе.

О наличии избыточной коррекции положения вертлужной впадины в послеоперационном периоде судили в том случае, если значения угла Wiberg были более 35° и сочетались с отрицательными значениями угла Tönnis, а также значениями индекса экструзии головки бедра менее 15%. Недокоррекция положения вертлужной впадины учитывалась в случаях, если значения угла Wiberg составляли менее 25° и показатели угла Tönnis были более 10°, а индекс экструзии головки бедра был более 25%.

Компьютерная томография и магнито-резонансная томография выполнялись в положении пациента лежа на спине согласно общепризнанной методике. Толщина среза при компьютерной томографии определялась на уровне от 0,5 до 1 мм. Ось

таза определялась как линия, проходящая через центры головок обеих костей. Центры головок бедренных костей на компьютерных томограммах определялись следующим образом. Во всех трех плоскостях (фронтальной, сагиттальной и аксиальной) на границе изображения головки бедренной кости отмечались три точки. Например, во фронтальной плоскости три точки отмечались на медиальной, верхней и нижней границах изображения головки, в аксиальной плоскости три точки отмечались на передней, задней и медиальной границах изображения головки, в сагиттальной плоскости – на передней, задней и верхней границах изображения головки бедренной кости. Затем через три указанные точки в каждой из плоскостей вписывались окружности, в указанных окружностях проводились две перпендикулярно расположенные к друг другу линии, которые соответствовали диаметрам этих окружностей. Центром головки рассматриваемой бедренной кости считалась точка, в которой все указанные выше линии пересекались во всех трех проекциях.

На КТ-снимках определялись:

- угол антеверсии вертлужной впадины (AcetAV angle), который измерялся в аксиальной плоскости, как угол между линией, проходящей через передний и задний края вертлужной впадины и линией, проведенной перпендикулярно к линии оси таза. Нормальными значениями угла антеверсии в данном исследовании признавались от 12 до 25°, значения менее 12° принимались за признак наличия ретроверсии вертлужной впадины, угол более 25° считался характерным для наличия гиперкоррекции положения вертлужной впадины.

- AASA угол, образованный линией, проведенной между центрами головок бедренной кости и линией проходящей через центр головки бедра, исследуемого сустава, и наиболее латеральной точкой переднего края вертлужной впадины. Нормальными значениями угла AASA в данном исследовании считались от 63° до 67°, значения менее 50° принимались за признак наличия дисплазии вертлужной впадины.

- PASA – определяли как угол, образованный линией, проведенной между центрами головок бедренной кости и линией проходящей через центр головки бедра, исследуемого сустава, и наиболее латеральной точкой заднего края вертлужной впадины. Нормальным диапазоном значений угла PASA в исследовании считали от 95° до 105° , менее 95° принимали за признак наличия дисплазии вертлужной впадины;

- Угол HASA определяется между линией, проведенной из центра головки бедра к наиболее латеральной точке переднего края вертлужной впадины и линией, проходящей из центра головки бедра к наиболее латеральной точке заднего края вертлужной впадины.

При магнито-резонансной томографии толщина среза была на уровне 0,8 – 2 мм в диапазоне 1,5-3 Тесла. На МРТ-снимках оценивали толщину суставного хряща тазобедренного сустава и наличие его дефектов с целью определения возможности проведения периацетабулярной остеотомии.

Все измерения осуществлялись в компьютерной программе Weasis (University Hospital of Geneva (HUG), Geneva, Switzerland).

2.3 Особенности предоперационной подготовки у пациентов проспективной группы

Пациентам проспективной группы накануне операции выполнялось КТ-исследование костей таза с целью диагностики патологии тазобедренного сустава. На основании данного КТ-исследования в компьютерной программе Materialise Medical Software® моделировалась точная виртуальная 3D-копия таза пациента.

На указанной 3D-модели таза отрабатывался ход периацетабулярной остеотомии, а именно осуществлялось ориентирование плоскостей остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей (рисунок 9) и рассчитывалось корректное положение вертлужной впадины, которое соответствует общепризнанным нормальным значениям углов Wiberg и AcetAV.

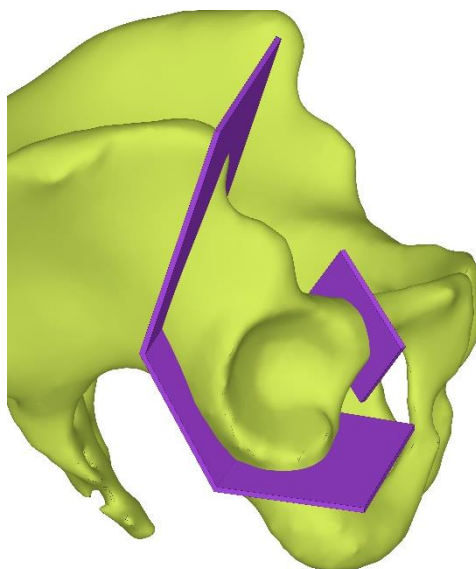


Рисунок 9 - Вид на 3D-модель костей таза сверху и сбоку. Ориентирование плоскостей лонной, подвздошной и седалищной костей на виртуальной 3D модели таза пациента

Плоскость остеотомии лонной кости на виртуальной модели располагали в перпендикулярном направлении ее верхней ветви на 2-3 мм медиальнее медиальной границы подвздошно-лобкового возвышения (*eminentia iliopubica*). Плоскость остеотомии подвздошной кости ориентировали вдоль проекционной линии, начинающейся от нижней границы передней верхней подвздошной ости и направленной перпендикулярно дугообразной линии (*linea arcuata*), таким образом, чтобы остеотомия подвздошной кости заканчивалась на расстоянии 0,5-1 см от дугообразной линии (*linea arcuata*). Выполнение остеотомии задней колонны планировалось вдоль вертикальной оси задней колонны таза таким образом, чтобы при рассмотрении костей таза в аксиальной плоскости проекционные линии, проходящие в плоскости остеотомии задней колонны образовывали с проекционными линиями, проходящими вдоль латерального и медиального кортексов задней колонны, равносторонний треугольник (рисунок 10).

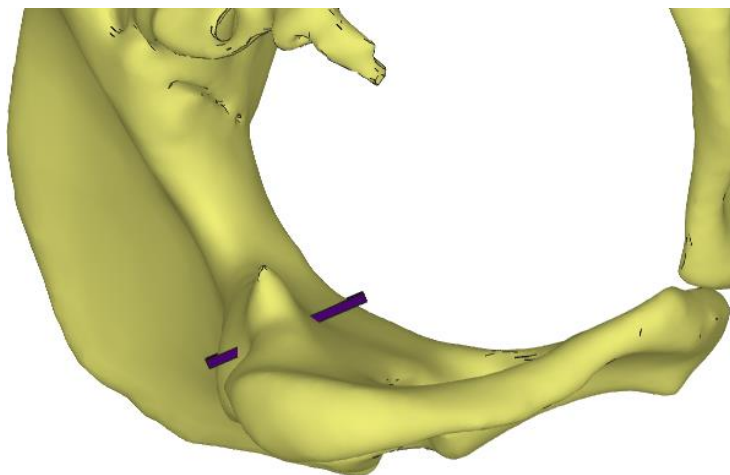


Рисунок 10 - Вид на 3D-модель костей таза снизу: планирование положения плоскости остеотомии задней колонны

Плоскость остеотомии седалищной кости ориентировали вдоль «инфраацетабулярной борозды» (infracotyloid groove) до ее соединения с остеотомией задней колонны. После выполнения ориентирования всех четырех плоскостей остеотомий моделировалось индивидуальное устройство толщиной от 2 до 5 мм, которое по своей форме повторяло внутреннюю поверхность полукольца таза от линии предполагаемой остеотомии лонной кости до проекционной линии, соответствующей линии остеотомии подвздошной кости. На корпусе данного устройства также моделировались сквозные отверстия для фиксирующих элементов (спиц или винтов) и плоские грани, которые точно повторяют расположение плоскостей остеотомий костей таза.

После планирования положения плоскостей остеотомий костей таза выполнялось пространственное ориентирование полученного ацетабулярного фрагмента, несущего в себе вертлужную впадину. Планирование репозиции данного костного фрагмента осуществлялось путем расчета угла Wiberg и угла AcetAV на КТ костей таза пациента.

Расчёт угла Wiberg на КТ срезах осуществлялся следующим образом (рисунок 11): в трех плоскостях определялись центры головок обеих бедренных костей.

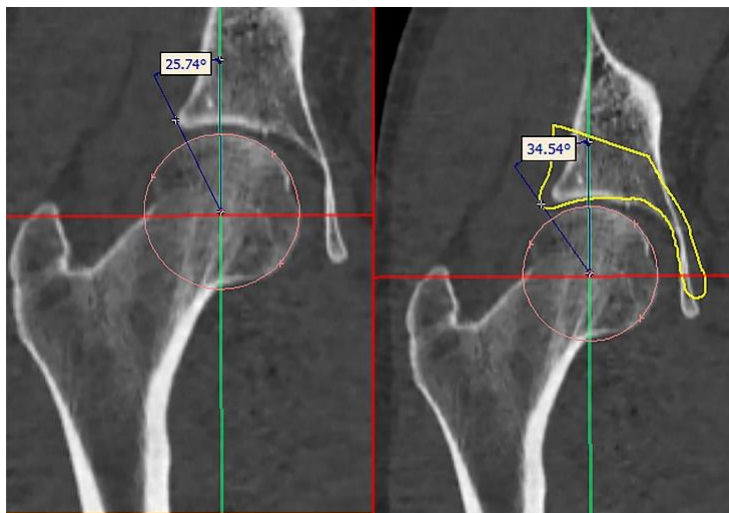


Рисунок 11 - Определение корректного положения вертлужной впадины на основании КТ-исследования, выполненного на дооперационном этапе: предоперационные (справа) и планируемые (слева) значения угла Wiberg

Затем через указанные точки во фронтальной плоскости проводилась линия, соответствующая линии оси таза. Через центр головки исследуемого сустава проводилось три линии. Первая линия проходила через центр головки бедренной кости перпендикулярно оси таза, вторая линия проходила между центром головки бедренной кости и наиболее латеральной точкой верхней части края вертлужной впадин. Третья линия проводилась под углом 30-35° к первой линии в краниально-латеральном направлении. Угол между первой и второй линиями принимался как исходное значение угла Wiberg, угол между первой и третьей линиями – являлся планируемым углом Wiberg. Затем компьютерную модель ацетабулярного фрагмента ротировали к третьей линии таким образом, чтобы наиболее латеральная точка верхней части края вертлужной впадины данного фрагмента располагалась на этой линии. Расчёт угла антеверсии вертлужной впадины (AcetAV) выполняли следующим образом (рисунок 12): во всех трех проекциях определяли точки соответствующие центрам головок обеих бедренных костей.

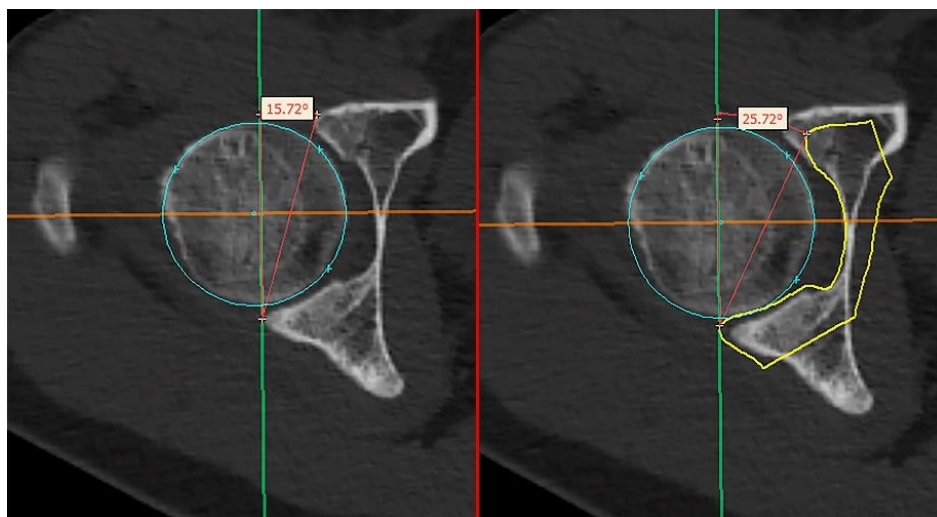


Рисунок 12 - Определение корректного положения вертлужной впадины на основании КТ-исследования, выполненного на дооперационном этапе: предоперационные (слева) и планируемые (справа) значения угла AcetAV

Затем в аксиальной (осевой) проекции через указанные точки проводили линию, которая принималась за линию оси таза. На том же КТ-срезе от наиболее латеральной точки, расположенной на заднем крае вертлужной впадины проводились три линии. Первая линия проходила перпендикулярно линии оси таза, вторая линия проходила к наиболее латеральной точке, расположенной на переднем крае вертлужной впадины. Третья линия проходила под углом не менее 17 и не более 26 градусов к первой линии. Таким образом, угол между первой и второй линией принимался как исходное значение угла AcetAV. А угол между первой и третьей линиями соответствовал планируемому значению данного угла. После чего виртуальная модель ацетабулярного фрагмента позиционировалась таким образом, чтобы наиболее латеральные точки на заднем и переднем крае его вертлужной впадины лежали на третьей линии.

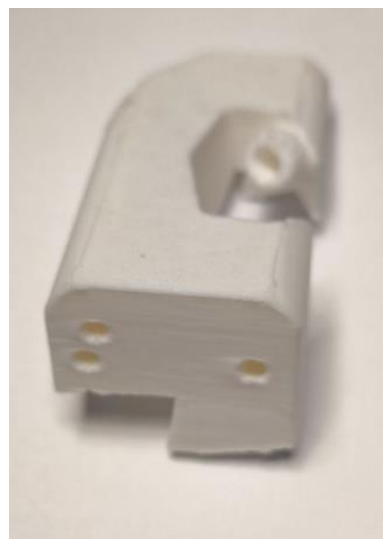
После осуществления планирования репозиции ацетабулярного фрагмента производилась разработка модели индивидуального устройства, задачей которого была позиционирование ацетабулярного фрагмента во время проведения периацетабулярной остеотомии. Данное устройство моделировалось таким образом, чтобы корпус его из двух частей («ступеней»). Нижняя поверхность одной

«ступени» точно соответствовала внутренней поверхности подвздошной кости, нижняя поверхность другой «ступени» была конгруэнтна внутренней поверхности ацетабулярного фрагмента. Кроме того, размеры данной «ступени» определяли степень смещения ацетабулярного фрагмента во время операции. Также в корпусе данного устройства моделировались сквозные отверстия для фиксирующих элементов (спиц или винтов) и вырезка, позволяющая свободно проводить кортикальные винты с целью фиксации ацетабулярного фрагмента к тазовому кольцу и позволяющая удалить данное позиционирующее устройство после указанной фиксации.

После моделирования данные устройства изготавливались на 3D принтере Ultimaker 2® или Anycubic Cobra 2 Pro (рисунок 13) из полилактида (полимолочная кислота, PLA). Стерилизация данных устройств осуществлялась парами перекиси водорода в низкотемпературной плазменной стерилизационной системе Стеррад®, Advanced Sterilization Products, США, где время цикла составляет около 75 минут при температуре не выше 56 °С. Данный метод стерилизации был выбран как предпочтительный, поскольку при данном способе не возникало деформаций данных индивидуальных устройств, так как температура плавления полилактида (PLA) составляет 200-210 градусов.



а



б

Рисунок 13 - Внешний вид устройств: а. устройство для выполнения ориентирования остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей, б. устройство для позиционирования ацетабулярного фрагмента

2.4 Стандартная техника периацетабулярной остеотомии, выполняемой пациентам ретроспективной группы

Все оперативные вмешательства были выполнены тремя хирургами с интраоперационным использованием рентгенологического оборудования. В положении пациента на спине на операционном столе осуществлялся передний доступ в модификации Smith-Petersen. Фасция над напрягателем широкой фасции бедра (*m. tensor fascia lata*) рассекалась, чтобы обнажить медиальный край указанной мышцы до места ее прикрепления к тазу. Широкая фасция и напрягатель широкой фасции (*m. tensor fascia lata*) отводились латерально. Мобилизовалась передняя порция напрягателя широкой фасции бедра (*m. tensor fascia lata*), и проксимально апоневроз косых мышц живота субпериостально отделялся от крыла подвздошной кости до визуализации передней верхней ости с прикрепляющимся к ней сухожилием портняжной мышцы (*m. sartorius*). Далее выполнялась остеотомия передней верхней ости таким образом, чтобы толщина полученного костного фрагмента составляла 0,5-1 см. Данный костный фрагмент с прикрепленным к нему сухожилием портняжной мышцы (*m. sartorius*) смещался медиально. На этом этапе осуществлялось сгибание ноги в тазобедренном суставе до 45° для расслабления

сухожилия прямой мышцы бедра (*m. rectus femoris*), которая отделялась от передне-нижней ости таза. Подвздошная кость и квадрилатеральная пластинка таза обнажались поднадкостнично. В большую седалищную вырезку устанавливался тупой ретрактор Hohman. Волокна подвздошно-поясничной мышцы, которые вплетались в передний отдел капсулы тазобедренного сустава, отделялись от нее. Поднадкостнично выделялась верхняя ветвь лонной кости. Затем в пространство между подвздошно-поясничной мышцей и нижним отделом капсулы тазобедренного сустава кончиком тонких ножниц пальпировалось тело седалищной кости. В эту область размещался направитель для остеотома, посредством которого выполнялась остеотомия седалищной кости вдоль инфракотилоидной борозды (*infracotyloid groove*).

Далее обеспечивался доступ к лонной кости. Фиксировались ретракторы Nomann в зоне лонной кости с последующей поперечной остеотомией её верхней ветви с применением остеотома. В большую седалищную вырезку и область передней верхней седалищной ости устанавливались ретракторы Nomann. Осцилляторной пилой проводилась остеотомия крыла подвздошной кости ниже передне-верхней ости, затем долотом завершалась остеотомия задней колонны, соединяя линии остеотомий седалищной кости и крыла подвздошной. Угол между линиями остеотомий задней колонны и подвздошной кости составлял приблизительно 120°.

После завершения основных этапов остеотомии в фрагмент вертлужной впадины вводился винт Шанца, и её позиция корректировалась под рентгенологическим контролем. Фиксация фрагмента выполнялась тремя-четырьмя кортикальными винтами. Сухожилия *m. rectus femoris* и *m. sartorius* рефиксировались анкерными фиксаторами с синтетическими нитями в анатомических точках прикрепления. Гемостаз поддерживался на всех этапах. Рана послойно зашивалась непрерывными швами с наложением стерильных повязок.

2.5. Модифицированная техника периацетабулярной остеотомии, выполняемой пациентам проспективной группы

Все оперативные вмешательства были выполнены одним хирургом без интраоперационного использования рентгенологического оборудования. Первым этапом в положении пациента на спине на операционном столе осуществлялся передний доступ в модификации Smith-Petersen в таком же соответствии и последовательности, что и у пациентов ретроспективной группы. Вторым этапом направляющее устройство для выполнения остеотомии лонной, подвздошной и седалищной костей таза конгруэнтной контактной поверхностью располагалось на обнаженной поверхности подвздошной и лонной костей от медиальной границы подвздошно-пахового возвышения до проекционной линии, проходящей от нижней границы передне-верхней ости таза перпендикулярно дугообразной линии таза до большой седалищной вырезки, и надежно фиксировалось спицами или винтами (рисунок 14).



Рисунок 14 - Позиционирование устройства для выполнения ориентирования остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей.

Остеотомом пересекалась лонная кость вдоль плоской грани лонного выступа данного направителя, которая соответствовала плоскости остеотомии (под прямым углом к верхней ветви лонной кости) (рисунок 15).

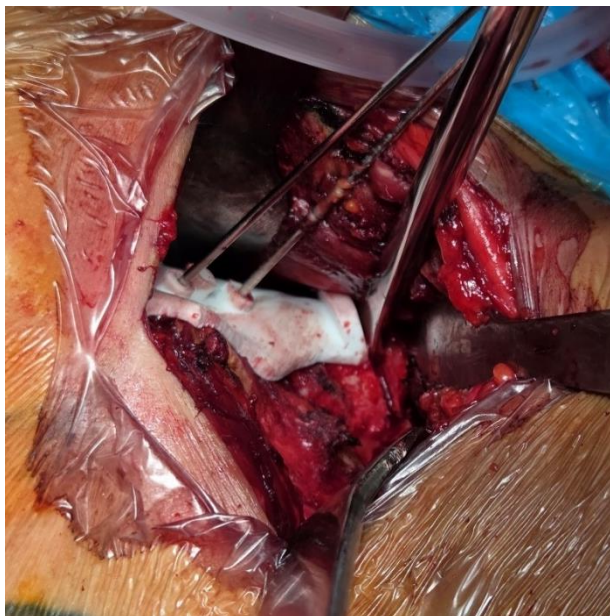


Рисунок 15 - Остеотомия лонной кости

Третьим этапом большой ретрактор Hohman устанавливался в большую седалищную вырезку. Прямой ретрактор располагается с внутренней стороны малого таза. Осциллирующей пилой производилась остеотомия подвздошной кости (рисунок 16) в направлении от нижней границы передней верхней ости таза перпендикулярно к дугообразной линии таза, не доходя до большой седалищной вырезки 1-1,5 см при постоянном использовании в качестве ориентира плоскую грань подвздошного выступа направляющего устройства.

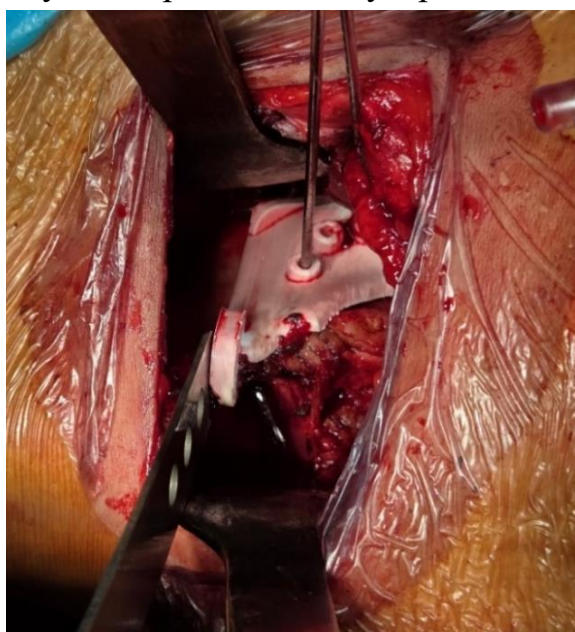


Рисунок 16 - Остеотомия подвздошной кости

Четвертым этапом остеотомом выполнялась остеотомия задней колонны таза (Рисунок 17), которая представляет собой область седалищной и подвздошной костей между тазобедренным суставом и большой седалищной вырезкой. Выполнение остеотомии данного анатомического образования осуществлялась вдоль и в середине его при использовании в качестве ориентира плоскую грань выступа седалищной кости устройства, таким образом, чтобы угол между плоскостью остеотомии подвздошной кости и задней колонны таза составлял 110° - 120° .

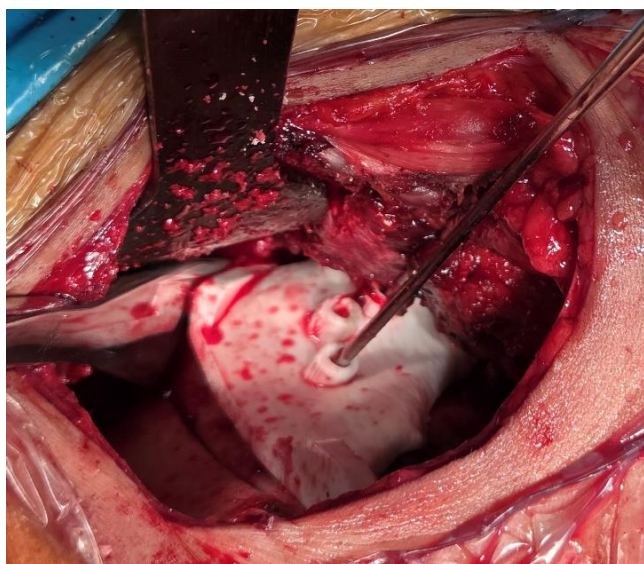


Рисунок 17 - Остеотомия в области задней колонны таза

Пятым этапом в указанный ранее промежуток между нижней частью капсулы сустава и подвздошно-поясничной мышцей к передней части тела седалищной кости устанавливается специальный направитель, который разработан авторами оригинальной методики выполнения периацетабулярной остеотомии. По данному направителю заводится изогнутый остеотом с шипом. Шип опирается на медиальный кортикал, а режущий край долота на передний край седалищной кости. Выступающий шип позволяет определять медиальный кортекс во время выполнения остеотомии. Плоскость остеотомии седалищной кости в данном случае направлена до соединения под углом 90° с плоскостью остеотомии задней колонны таза вдоль инфракотилоидной борозды, расположенной под вертлужной впадиной.

После чего направляющее устройство для выполнения остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей таза удаляется.

Шестым этапом в ацетабулярный фрагмент устанавливается винт Шанца. Производится оценка мобильности вертлужного фрагмента. На этом этапе направляющее устройство для позиционирования ацетабулярного фрагмента контактной нижней поверхностью располагается конгруэнтно внутренней поверхности подвздошной кости и надёжно фиксируется спицами или винтами (рисунок 18).

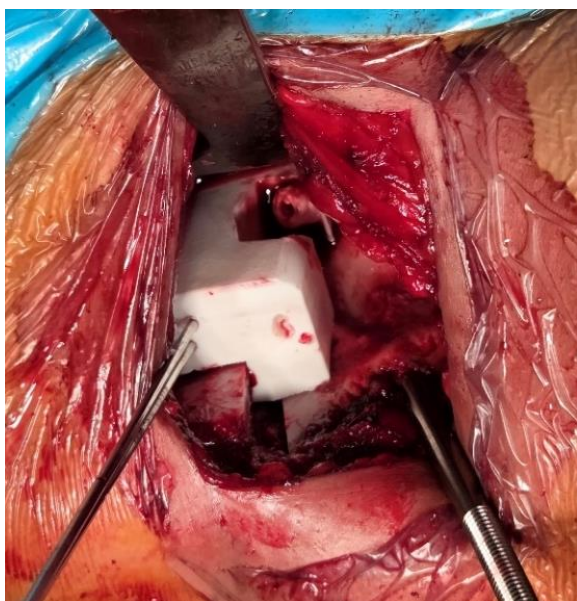


Рисунок 18 - Позиционирование ацетабулярного фрагмента при помощи навигационного устройства

Свободный ацетабулярный фрагмент, содержащий в себе вертлужную впадину, фиксируют его внутренней поверхностью к указанному направляющему устройству спицами или винтами. В результате, вертлужная впадина принимает положение, заранее рассчитанное при проведении предоперационного планирования с использованием компьютерной 3D-модели таза пациента. Ацетабулярный фрагмент в заданном корректном положении фиксируется 3-4 кортикальными винтами. Устройство удаляется. Рану закрывают общепринятым способом без оставления дренажа.

Послеоперационный протокол реабилитации был стандартен для обеих групп пациентов: активизация пациентов производилась в 1-2 сутки после операции. В течение 6–8 недель пациенты передвигались с дозированной нагрузкой на оперированную конечность, используя костыли. Дополнительная опора применялась на протяжении 8–12 недель. В первые 4 недели разрешалось сгибание в тазобедренном суставе до 90° при отсутствии дискомфорта. Обезболивающие препараты принимались в течение 4–6 недель при возникновении выраженного болевого синдрома. Полная реабилитация занимала от 6 до 8 месяцев.

2.6 Статистическая обработка данных

Полученные нами данные были подвергнуты статистической обработке. Их сбор, систематизация, визуализация и статистическая обработка осуществлялись в компьютерной программе IBM SPSS Statistics 27 (IBM, Texas, USA).

Полученные данные объединялись в вариационные ряды в зависимости от принадлежности пациента к определенной группе исследования. Указанные совокупности данных оценивались на их соответствие нормальному распределению с целью определения возможности применения методов параметрического анализа. В качестве критерия нормальности распределения использовался критерий Колмогорова-Смирнова при размере выборки более 60-ти значений, при количестве показателей признака менее 60-ти для оценки нормальности распределения учитывался критерий Шапиро-Уилка. Статистически значимыми принимались результаты сравнения при значении $p \leq 0,05$.

При нормальном распределении количественных данных рассчитывалась средняя арифметическая, стандартное отклонение и определялся 95% доверительный интервал, при ненормальном распределении определялась медиана и интерквартильный размах.

При сравнении средних арифметических проводилась проверка равенства дисперсий при помощи теста Ливиня. Если дисперсии были сопоставимы,

применялся t-критерий Стьюдента, в ином случае - использовался t-критерий Уэлча.

При сравнении данных с ненормальным распределением в случаях с бинарной группирующей переменной применялся U-критерий Манна-Уитни, при наличии более 2-х значений у группирующего признака ненормально распределённые данные сравнивались с применением критерия Краскела-Уоллиса.

При сравнении биномиальных и мультиномиальных переменных сперва определялось минимальное предполагаемое число. Для оценки значимости различий между сравниваемыми совокупностями биномиальных переменных при значении минимального предполагаемого числа более 10 применялся критерий χ^2 Пирсона, при значении минимального предполагаемого числа менее 10 использовался точный критерий Фишера. Сравнение мультиномиальных переменных проводилось с применением критерия χ^2 Пирсона в случае, если минимальное предполагаемое число наблюдений в более, чем в 20% ячеек таблицы сопряженности при условии справедливости нулевой гипотезы об отсутствии взаимосвязи было больше 5, в противном случае – использовался точный критерий Фишера.

Учитывая, что данное исследование носит характер рандомизированного контролируемого исследования, важно было оценить вероятность риска возникновения того или иного исхода в зависимости от воздействия фактора, и для оценки силы связи между ними на основе статистических показателей был выбран показатель относительного риска (Relative Risk, RR). При этом анализе интерпретация оценки силы связи между сравниваемыми признаками проводилась с применением коэффициента V Крамера (согласно рекомендациям Rea & Parker) (Таблица 1) [147,148]

Анализ измерений «до-после» для связанных совокупностей, представленных количественными данными при их нормальном распределении, осуществлялся с использованием парного критерия t-Стьюдента, при распределении отличающемся от нормального – применялся критерий Уилкоксона.

Для совокупностей номинальных данных анализ «до-после» проводился с использованием теста МакНемара.

Таблица 1 - Интерпретация значений коэффициента V Крамера согласно рекомендациям Rea & Parker

Значение V Крамера	Сила взаимосвязи
<0,1	несущественная
0,1 – <0,2	слабая
0,2 – <0,4	средняя
0,4 – <0,6	относительно сильная
0,6 – <0,8	сильная
0,8 – 1,0	очень сильная

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ОБЕИХ ГРУПП

3.1 Результаты выполнения периацетабулярной остеотомии у пациентов ретроспективной группы

Средний возраст участников в ретроспективной группе составил $30,90 \pm 8,71$ лет (95% ДИ: 29,02 – 32,79 лет). Медиана периода наблюдения после выполнения оперативного вмешательства составила 7 лет (IQR 4 – 8). Медиана значений койко-дней равнялась 15 койко-дням (IQR 1 – 18). У 72 (80,9%) пациентов степень дисплазии соответствовала степени А по классификации Hartofilakidis и 1 степени по классификации Crowe, 9 (10,1%) пациентов имели степень дисплазии, соответствующую степени В по Hartofilakidis и 2 степени по Crowe. Дооперационные и послеоперационные значения различных углов, характеризующих положение вертлужной впадины, а также данные, отражающие степень изменения данных показателей, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения различных показателей, характеризующих положение вертлужной впадины до и после проведения периацетабулярной остеотомии у пациентов ретроспективной группы

Показатель	Дооперационное значение	Послеоперационное значение	Значение изменения показателя (по модулю)
Угол Wiberg	(M) $13,46 \pm 9,81^\circ$ (95% ДИ: 11,27 – 15,66)	(Me) $32,8^\circ$ (IQR 27,8 – 38,7)	(M) $18,21 \pm 9,35^\circ$ (95% ДИ: 16,12 – 20,31)
Угол Tönnis	(M) $17,93 \pm 7,76^\circ$ (95% ДИ: 16,19 – 19,67)	(Me) $2,6^\circ$ (IQR -2,6 – 9,0)	(M) $14,35 \pm 7,78^\circ$ (95% ДИ: 12,61 – 16,09)
Индекс экструзии головки бедра	(M) $32,31 \pm 11,99\%$ (95% ДИ: 29,62 – 34,99)	(Me) $14,0\%$ (IQR 5,0 – 21,0)	(M) $18,35 \pm 10,70\%$ (95% ДИ: 15,95 – 20,75)

Продолжение таблицы 2

Угол наклона вертлужной впадины	(Me) 46,3° (IQR 43,6 – 50,4)	(M) 36,53±6,61° (95% ДИ: 35,07 – 38,00)	(M) 10,44±6,78° (95% ДИ: 8,91 – 11,96)
Индекс сферичности головки бедренной кости	(Me) 43,0% (IQR 41,0 – 45,0)	(Me) 43,0% (IQR 41,0 – 45,0)	_____
Индекс ретроверсии вертлужной впадины	(Me) 18,0% (IQR 0 – 30,0)	(Me) 0% (IQR 0 – 16,0)	(Me) 14,0% (IQR 0 – 27)
Угол AASA	(M) 47,12±8,52° (95% ДИ: 43,53 – 50,72)	(M) 37,65±10,85° (95% ДИ: 33,86 – 41,44)	(M) 10,00±6,78° (95% ДИ: 4,79 – 15,21)
Угол PASA	(Me) 89,5° (IQR 82,0 – 94,5)	(M) 101,47±11,43° (95% ДИ: 97,48 – 105,45)	(M) 15,78±14,33° (95% ДИ: 4,76 – 26,79)
Угол HASA	(M) 134,75±14,04° (95% ДИ: 128,82 – 140,68)	(M) 139,32±15,97° (95% ДИ: 133,75 – 144,90)	(Me) 5,0° (IQR 3,0 – 15,0)
Угол AcetAV	(Me) 23,50° (IQR 18,0 – 26,0)	(M) 33,30±8,07° (95% ДИ: 30,44 – 36,16)	(M) 11,78±7,45° (95% ДИ: 6,05 – 17,50)

Медианные значения длительности оперативного вмешательства и кровопотери составило 125 мин (IQR 92,50 – 205) и 575 мл (IQR 400 – 900) соответственно.

Осложнения после периацетабулярной остеотомии стандартной техникой операции встречались в 43 случаях (48,3%). В 24 (21,3%) случаях выполнения периацетабулярной остеотомии отмечалось сочетание 2-х и более осложнений. В

структуре неудовлетворительных исходов в послеоперационном периоде у пациентов ретроспективной группы отмечается гиперкоррекция положения вертлужной впадины с формированием фемороацетабулярного импиджмента, которое отмечено в 22 (24,72%) случаях, с другой стороны, недостаточная коррекция отмечена после выполнения 12 (13,48%) оперативных вмешательств. Переломы костей таза отмечены в 15 (16,85%) случаях, среди них выделяются переломы задней колонны 10 (11,23%) и переломы нижней ветви лонной кости 5 (5,62%) случаев. Ложные суставы в области лонной кости отмечены в 10 (11,23%) случаях. Стойкие неврологические нарушения были выявлены после 8 (8,99%) оперативных вмешательств, среди них отмечены невропатия седалищного нерва в 2 (2,25%) случаях и повреждение латерального кожного нерва бедра в 5 (5,62%) случаях. Инфекционные осложнения встречались после 3 (3,37%) операций.

При наличии в послеоперационном периоде гиперкоррекции с формированием фемороацетабулярного импиджмента статистически значимо увеличивалась частота неврологических нарушений ($p=0,033$). Так, относительный риск развития неврологических нарушений увеличивался у пациентов с гиперкоррекцией в 4,39 раза (95% ДИ: 1,15-16,95). Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,261).

Признаки повреждения латерального кожного нерва бедра в послеоперационном периоде встречались чаще в тех случаях, где имелось большее значение индекса ретроверсии вертлужной впадины до операции и, соответственно, большее значение коррекции данного показателя (таблица 3).

Возможно, данные зависимости обусловлены тем, что большая степень коррекции диктовала необходимость осуществления более широкого операционного доступа, а также требовала более интенсивного воздействия хирургическим инструментарием, что в результате приводило к компретации неврологических структур.

Таблица 3 - Сравнительная характеристика между послеоперационными признаками наличия нейропатии латерального кожного нерва бедра, дооперационными значениями индекса ретроверсии вертлужной впадины и степенью коррекции данного показателя

	Повреждение латерального кожного нерва бедра		p
	Наличие	Отсутствие	
Индекс ретроверсии вертлужной впадины (до операции)	37,00% IQR 35,00 – 39,0)	17,00% IQR 0 – 29,00	0,009*
Степень коррекции индекса ретроверсии вертлужной впадины	30,00% IQR 23,00 – 35,00	12,00% IQR 0 – 26,00	0,015*

*- различия показателей статистически значимы при $p < 0,05$.

Длительность оперативного вмешательства была ниже 95,00 мин (IQR 60,00 – 127,50) среди пациентов, у которых в послеоперационном периоде были отмечены переломы костей таза, чем у пациентов без данного осложнения 125 мин (IQR 95,00 – 222,50), $p=0,012$. Так, у пациентов с переломом нижней ветви лонной кости длительность операции была статистически значимо ($p=0,026$) ниже, чем в группе без данного осложнения: 60,00 мин (IQR 60,00 – 95,00) и 120 мин (IQR 90,00 – 210), соответственно.

Также была обнаружена статистически значимая зависимость ($p=0,021$), из которой следует, что относительный риск неврологических нарушений у пациентов с переломом нижней ветви лонной кости возрастает в 5 раз (95%ДИ: 1,34 – 18,87). Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,258).

Возможно, всё это связано с попыткой коррекции положения вертлужной впадины при недостаточном релизе тканей в сочетании с неполной остеотомией седалищной кости.

Степень коррекции ретроверсии вертлужной впадины была ниже у пациентов с переломом задней колонны вертлужной впадины 0% (IQR 0 - 14,00), нежели среди пациентов без данного осложнения 16,00% (IQR 0 - 28,00), $p=0,013$.

Средние значения углов Wiberg и Tönnis, а также индекса экструзии головки бедренной кости до операции статистически значимо отличались среди пациентов, у которых в послеоперационном периоде отмечены признаки фемороацетабулярного импиджмента типа pinser, и пациентов без указанных изменений (таблица 4).

Таблица 4 - Сравнительный анализ исходных дооперационных средних значений углов Wiberg и Tönnis, а также индекса экструзии головки бедренной кости и наличия признаков фемороацетабулярного импиджмента послеоперационно

Показатель (до операции)	Фемороацетабулярный импиджмент (послеоперационно)		p
	Наличие	Отсутствие	
Угол Wiberg	20,28°±8,12° 95%ДИ:16,48 – 24,07	11,16°±9,29° 95%ДИ:8,73 – 13,58	<0,001*
Угол Tönnis	13,44°±7,00° 95%ДИ:10,16 – 16,71	19,46°±7,46° 95%ДИ:17,51 – 21,40	0,002*
Индекс экструзии головки бедренной кости	23,36%±12,06% 95%ДИ:17,72 – 29,00	35,34%±10,44% 95%ДИ:32,62 – 38,06	<0,001*
Степень коррекции угла Wiberg	22,02°±9,05° 95%ДИ:17,78 – 26,26	16,92°±9,17° 95%ДИ:14,53 – 19,31	0,037*
Степень коррекции угла Tönnis	17,60°±6,43° 95%ДИ:14,59 – 20,61	13,25°±7,94° 95%ДИ:11,18 – 15,32	0,018*

*- различия показателей статистически значимы при $p<0,05$.

Как видно из таблицы 4: чаще всего признаки гиперкоррекции отмечались среди пациентов, у которых исходные показатели близки к нормальным значениям.

С другой стороны, признаки недокоррекции положения вертлужной впадины после периацетабулярной остеотомии чаще определялись в случаях, где исходно

до операции средние значения углов Wiberg, Tönnis и индекса экстррузии головки бедренной кости были ниже (таблица 5).

Кроме того, выявлено, что статистически ($p < 0,001$) у пациентов с недокоррекцией положения вертлужной впадины, определяющейся в послеоперационном периоде, сферичность головки бедренной кости была ниже 36,5% (IQR 34,50 – 42,50), чем у пациентов без указанных изменений 44,00% (IQR 42,00 – 46,00).

Данные зависимости позволяют предположить, выраженная степень дисплазии тазобедренного сустава ассоциирована с высокой частотой остаточной недокоррекции положения вертлужной впадины в дальнейшем.

Таблица 5 - Сравнительный анализ исходных дооперационных средних значений углов Wiberg, Tönnis, индекса экстррузии головки бедренной кости, степени коррекции данных показателей и наличия признаков недокоррекции положения вертлужной впадины определяемых послеоперационно

Показатель (до операции)	Недокоррекция (послеоперационно)		p
	Наличие	Отсутствие	
Угол Wiberg	3,44°±9,32° 95%ДИ: -2,48 – 9,36	15,26°±8,81° 95%ДИ: 13,11 – 17,41	0,001*
Угол Tönnis	23,50°±7,34° 95%ДИ: 18,84 – 28,16	16,94°±7,46° 95%ДИ: 15,12 – 18,76	0,012*
Индекс экстррузии головки бедренной кости	43,83%±9,39% 95%ДИ: 37,87 – 49,80	30,24%± 11,26% 95%ДИ: 27,50 – 32,99	<0,001*
Степень коррекции угла Wiberg	11,36°±9,67° 95%ДИ: 5,21 – 17,51	19,44°±8,81° 95%ДИ: 17,29 – 21,59	0,017*
Степень коррекции угла Tönnis	7,78°±6,82° 95%ДИ: 3,45 – 12,12	15,53°± 7,39° 95%ДИ: 13,72 – 17,33	0,003*

*- различия показателей статистически значимы при $p < 0,05$

Необходимость выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного

сустава после периацетабулярной остеотомии возникла в 16 (17,98%) случаях, артроскопические вмешательства для выполнения шва суставной губы в послеоперационном периоде потребовались в 9 (10,11%) случаях.

Частота выполнения конверсии в эндопротезирование после выполнения периацетабулярной остеотомии статистически значимо зависела от степени дисплазии в соответствии с классификациями Hartofilakidis и Crowe ($p=0,013$). Так, относительный риск необходимости выполнения эндопротезирования увеличивался у пациентов со степенью В по Hartofilakidis и 2 степени по Crowe в 11,76 раз (95% ДИ: 1,41-100,0). Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,368).

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, такой фактор, как значение индекса сферичности головки бедренной кости, имеет прямую связь с вероятностью выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава после проведения периацетабулярной остеотомии. Снижение данного индекса на 1% (что характерно для выраженной дисплазии, когда головка бедренной кости теряет свою сферическую форму) увеличивает шансы конверсии в эндопротезирование в 1,28 раза (95% ДИ: 1,09 – 1,49). Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, данная регрессионная модель определяет 30,6% дисперсии вероятности выполнения эндопротезирования.

Кроме того, наличие признаков недокоррекции положения вертлужной впадины также статистически значимо повышало вероятность выполнения эндопротезирования после проведения периацетабулярной остеотомии ($p=0,013$). В такой ситуации (при наличии недокоррекции) относительный риск необходимости выполнения эндопротезирования увеличивался у пациентов в 4,40 раза (95% ДИ: 1,42-13,70). Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,345).

Основываясь на вышеуказанные факты, мы предполагаем, что при дисплазии тазобедренного сустава высокой степени и нарушением сферичности головки, увеличиваются шансы недокоррекции, что, в свою очередь, увеличивает шансы

конверсии в эндопротезирование.

Наличие признаков гиперкоррекции в послеоперационном периоде с развитием ФАИ также, как и недокоррекция статистически значимо влияло на частоту выполнения эндопротезирования после выполнения периацетабулярной остеотомии ($p=0,006$). Таким образом, что относительный риск необходимости выполнения конверсии в эндопротезирование увеличивался у пациентов с фемороацетабулярным импиджментом в послеоперационном периоде в 2,67 раза (95% ДИ: 1,41-5,08). Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,361).

Общая пятилетняя выживаемость сустава после периацетабулярной остеотомии составила – 85,2%, десятилетняя 66,8%. (Рисунок 19). Пятилетняя выживаемость тазобедренного сустава у пациентов с избыточной коррекцией положения вертлужной впадины составила 76,5%, десятилетняя – 11,9%. (Рисунок 20). При наличии признаков недокоррекции после периацетабулярной остеотомии пятилетняя выживаемость сустава составила 79,5%, а десятилетняя – 51,1% (Рисунок 21).

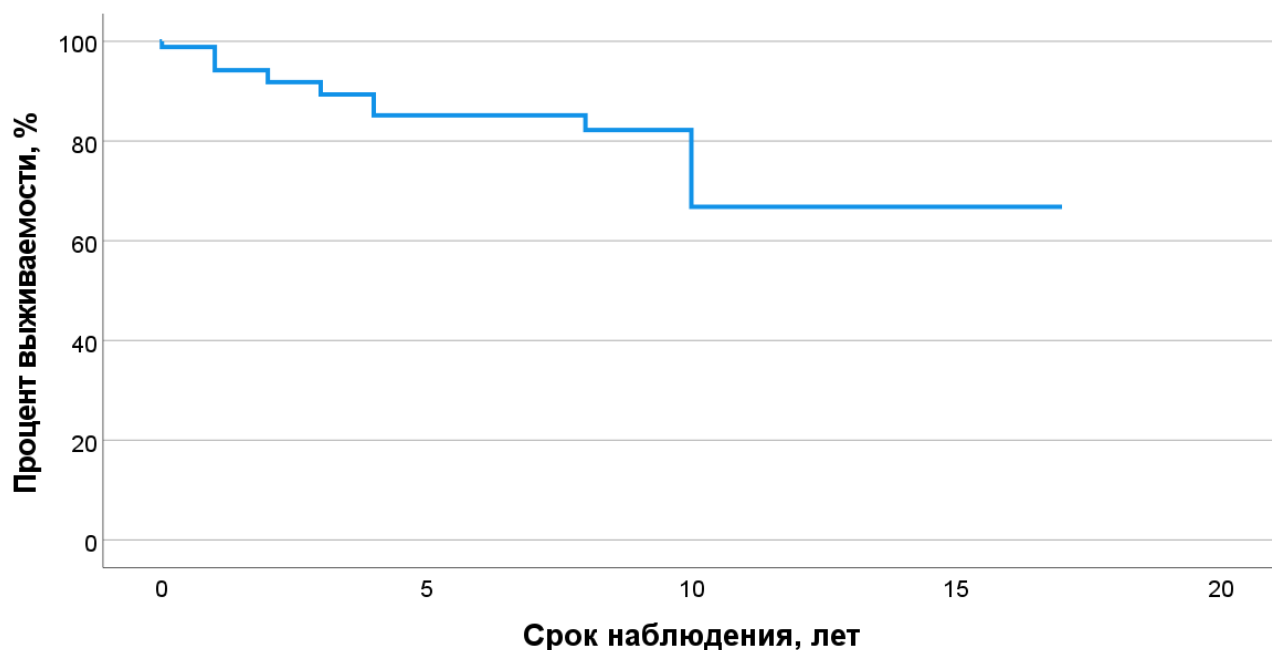


Рисунок 19 - Кривая по методу Каплана-Майера выживаемости тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии среди пациентов ретроспективной группы

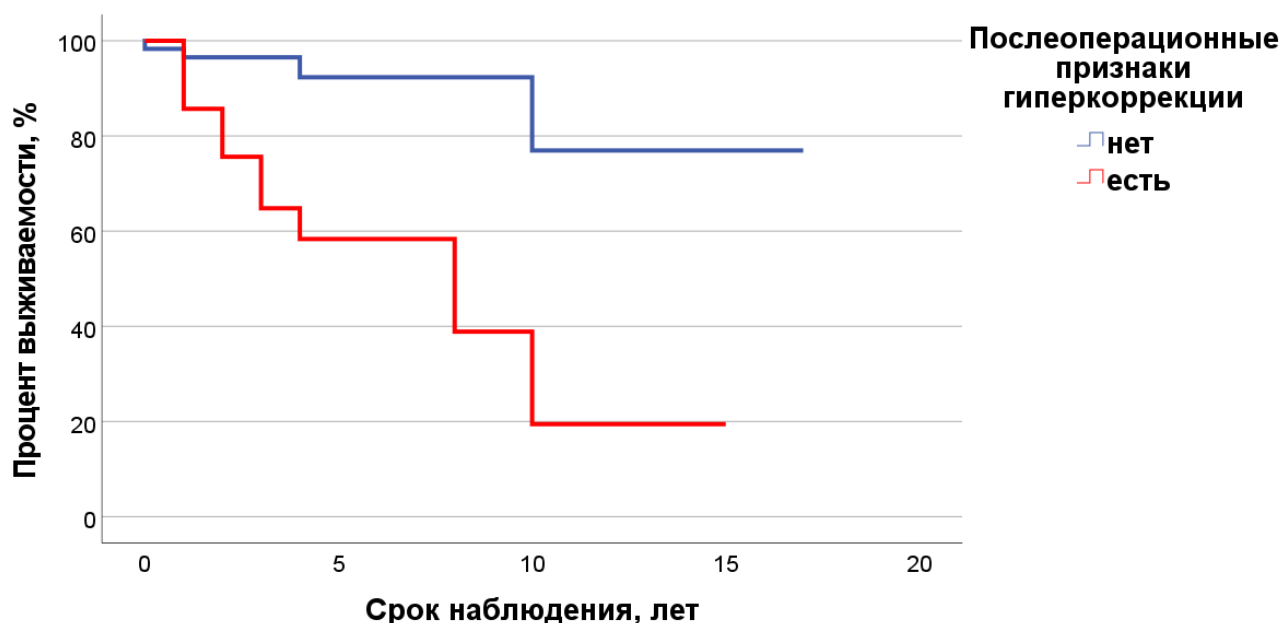


Рисунок 20 - Кривая по методу Каплана-Майера выживаемости тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии среди пациентов ретроспективной группы, у которых в послеоперационном периоде отмечены признаки избыточной коррекции положения вертлужной впадины

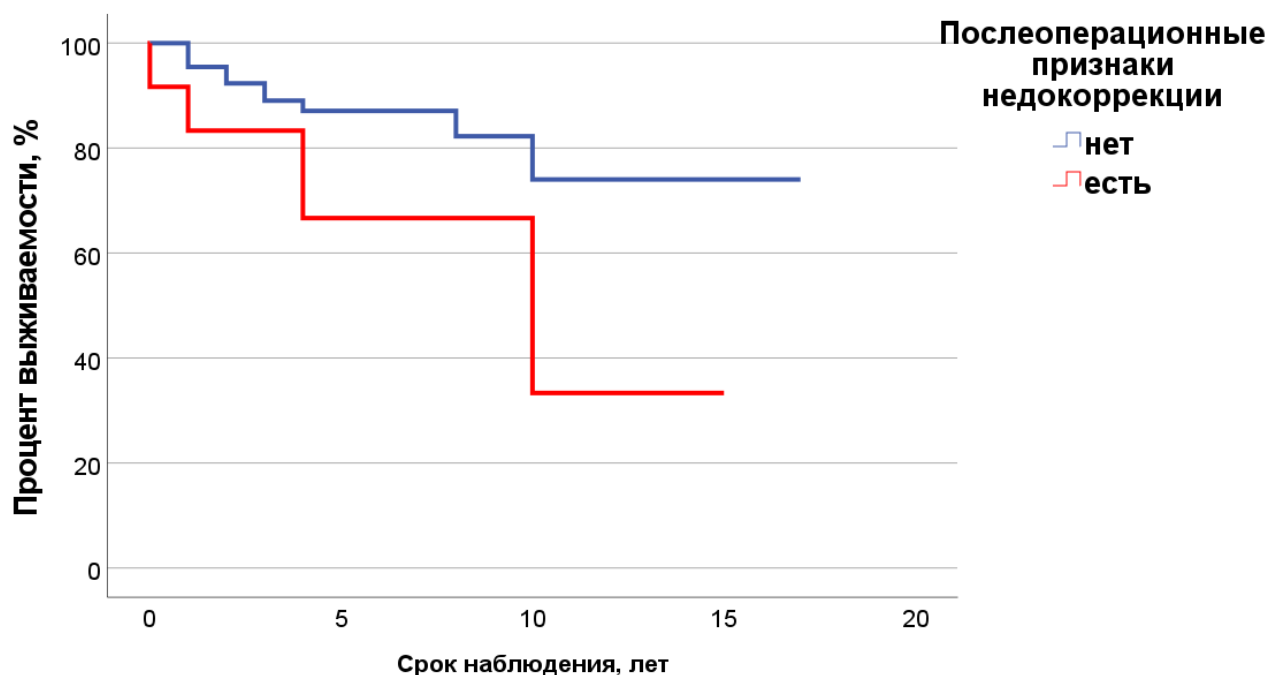


Рисунок 21 - Кривая по методу Каплана-Майера выживаемости тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии среди пациентов ретроспективной группы, у которых в послеоперационном периоде отмечены признаки недостаточной коррекции положения вертлужной впадины

Средние значения углов Wiberg, Tönnis и индекса экстррузии головки до операции у пациентов, которым в дальнейшем была выполнена конверсия в эндопротезирование, статистически отличались от средних значений данных углов у пациентов без эндопротезирования (таблица 6).

Таблица 6 - Сравнительный анализ дооперационных значений углов Wiberg, Tönnis и индекса экстррузии головки бедренной кости в зависимости от конверсии в эндопротезирование после проведения периацетабулярной остеотомии

Показатель (до операции)	Конверсия в эндопротезирование		p
	Выполнялась	Не выполнялась	
Угол Wiberg ($M \pm SD$)	9,49°±10,31° 95%ДИ: 3,53–15,44	17,31°±8,04° 95%ДИ:14,95–19,67	0,018*
Угол Tönnis ($M \pm SD$)	19,62°±5,09° 95%ДИ:16,68 – 22,56	14,95°±7,39° 95%ДИ:12,78 – 17,12	0,011*
Индекс экстррузии головки бедра ($M \pm SD$)	36,21%±12,18% 95%ДИ:29,18 – 43,25	28,03%±10,84% 95%ДИ:24,84 -31,21	0,035*
Индекс сферичности головки бедренной кости (Me)	38,00% IQR 36,00 – 42,00	44,00% IQR 43 – 45,50	<0,001*
Угол AcetAV (Me)	28,00° IQR 24,50 – 30,00	21,00° IQR 17,00 – 25,50	0,022*

*- различия показателей статистически значимы при $p < 0,05$

Указанные данные также подтверждают предположение, что риск конверсии в эндопротезирование после выполнения периацетабулярной остеотомии выше у пациентов с выраженной дисплазией тазобедренного сустава. Частота выполнения артроскопических вмешательств после проведения периацетабулярной остеотомии

статистически значимо зависела от пола ($p=0,024$). Для мужчин относительный риск необходимости выполнения артроскопии был выше в 4,22 раза (95% ДИ: 1,47 – 12,05) в сравнении с женщинами. Между сопоставляемыми признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,325).

3.2 Результаты выполнения периацетабулярной остеотомии у пациентов проспективной группы

Средний возраст пациентов проспективной группы составил $30,40^{\circ} \pm 6,58^{\circ}$ (95% ДИ: $27,32^{\circ}$ – $33,48^{\circ}$). У всех пациентов проспективной группы степень дисплазии тазобедренного сустава соответствовала I согласно классификации Crowe и A согласно классификации Hartofilakidis. Средний койко-день составил $9,25 \pm 3,02$ (95% ДИ: 7,83 – 10,67). Медианное значение кровопотери составило 350 мл (IQR: 250 – 400). Кровопотеря средней степени (до 1500 мл) была в 14 (35%) случаях, легкой степени (до 1000 мл) - отмечена в 26 (65%) случаях, и ни в одном случае не было отмечено кровопотери тяжелой степени (до 2000 мл) и массивной кровопотери (более 2000 мл). Медианное значение длительности оперативного вмешательства - 60 мин (IQR: 60-90).

Значения различных углов и индексов, позволяющих оценить пространственное ориентирование вертлужной впадины до и после операции, отображены в таблице 7.

Таблица 7 - Значения показателей, характеризующих положение вертлужной впадины до и после периацетабулярной остеотомии, а также значения разницы этих показателей среди пациентов проспективной группы

Показатель	Дооперационное значение	Послеоперационное значение	Разница до и послеоперационных значений
Угол Wiberg	18,74±7,87° (95% ДИ: 15,05° – 22,42°)	34,23±5,38° (95% ДИ: 31,70° – 36,75°)	15,49±7,35° (95% ДИ: 12,05° – 18,94°), p<0,001
Угол Tönnis	15,47±6,32° (95% ДИ: 12,51° – 18,44°)	3,42±5,23° (95% ДИ: 0,97° – 5,87°)	12,05±7,38° (95% ДИ: 8,60° – 12,05°), p<0,001
Индекс экструзии головки бедра	26,33±7,09% (95% ДИ: 23,02% – 29,66%)	14,37% (IQR 10,87%– 16,03%)	9,82% (IQR 6,55% – 20,36%), p<0,001
Угол наклона вертлужной впадины	43,88±5,37° (95% ДИ: 41,37° – 46,39°)	35,56±2,79° (95% ДИ: 34,26° – 36,87°)	8,31±5,25° (95% ДИ: 5,86° – 10,77°), p<0,001
Индекс сферичности головки бедренной кости	43,45±3,29% (95% ДИ: 41,91% – 44,99%)	43,63±3,04% (95% ДИ: 42,20% – 45,06%)	1,10±0,60% (95% ДИ: 0,82% – 1,38%), p=0,523
Индекс ретроверсии вертлужной впадины	12,45±18,82% (95% ДИ: 3,65% – 21,26%)	Во всех случаях = 0.	12,45±18,82% (95% ДИ: 3,65% – 21,26%), p=0,008
Угол AASA	47,44±7,63° (95% ДИ: 42,31° – 52,56°)	43,92±5,48° (95% ДИ: 40,24° – 47,60°)	3,52±7,57° (95% ДИ: 1,56° – 8,60°), p=0,154

Продолжение таблицы 7

Угол PASA	91,60°±6,66° (95% ДИ: 87,13° – 96,02°)	96,45°±8,98° (95% ДИ: 90,42° – 102,49°)	(Me) 2,00° (IQR 0,60° – 3,00°), p=0,328
Угол HASA	139,04°±6,57° (95% ДИ: 134,63° – 143,46°)	140,05°±6,47° (95% ДИ: 135,71° – 144,40°)	1,00°±9,24° (95% ДИ: 5,20° – 7,22°), p=0,725
Угол AcetAV	21,18°±4,41° (95% ДИ: 18,22° – 24,14°)	(Me) 25,00° (IQR: 23,10° – 27,75°)	6,41°±9,33° (95% ДИ: 0,14° – 12,68°), p=0,021

*- различия показателей статистически значимы при $p<0,05$

Медианные значения углов Wiberg и AcetAV заданных при планировании оперативного вмешательства составили 33,00° (IQR: 31,00 – 35,00) и 25,00° (IQR: 21,00 – 25,00), соответственно. Расхождение послеоперационных значений углов Wiberg и AcetAV с планируемыми значениями составило 2,30° (IQR: 1,20 – 4,00) и 1,70° (IQR: 0,50 – 4,40), соответственно.

Осложнения были отмечены в 11 (27,5%) случаях, причем количество случаев, где отмечено сочетание нескольких осложнений (два и более) составило 9 (22,5%). Переломы костей таза отмечены в 2 (5%) случаях, во всех двух случаях был выявлен перелом задней колонны таза. Неврологические нарушения обнаружены в 9 (22,5%) случаях, все неврологические нарушения были представлены невропатией латерального кожного нерва бедра. Повреждения седалищного, бедренного или запирательного нервов в послеоперационном периоде у пациентов отмечено не было. Признаков инфекционных осложнений у исследуемой группы пациентов в послеоперационном периоде также выявлено не было.

Среди осложнений, связанных с ошибками коррекции, были обнаружены признаки гиперкоррекции в 3 (7,5%) случаях, признаки недостаточной коррекции положения вертлужной впадины у исследуемой группы пациентов отмечены не были. Повторные оперативные вмешательства (в том числе артроскопия и

тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, а также удаление фиксирующих винтов) данным пациентам на момент проведения исследования не выполнялись.

3.3 Сравнение результатов хирургического лечения пациентов обеих групп

В настоящем разделе проведены данные сравнительного анализа результатов проведения периацетабулярной остеотомии стандартной и модифицированной техникой.

Для оценки сопоставимости сравниваемых групп была проведена оценка возраста, дооперационных значений углов и индексов. При сравнении средних значений возраста пациентов в обеих группах различий выявлено не было ($p=0,809$). Соотношение мужчин и женщин в каждой из сравниваемых групп представлено на рисунке 22.

Различий в дооперационных значениях углов Tönnis ($p=0,194$), AASA ($p=0,934$), PASA (0,240), HASA ($p=0,146$), AcetAV ($p=0,867$) и индексов ретроверсии ($p=0,631$) и сферичности головки ($p=0,206$) выявлено не было. Статистически значимо отличались дооперационные значения углов Wiberg ($p=0,028$), Sharp ($p=0,015$) и индекса экструзии головки бедренной кости ($p=0,006$). Однако, стоит отметить, что это может быть свидетельством того факта, что после анализа результатов в ретроспективной группе в рамках решения одной из задач данного исследования были скорректированы показания, а критерии отбора пациентов к проведению периацетабулярной остеотомии стали более жесткими (отсутствие в проспективной группе исследования пациентов с дисплазией тазобедренного сустава степени В по Hartofilakidis и II по Crowe).

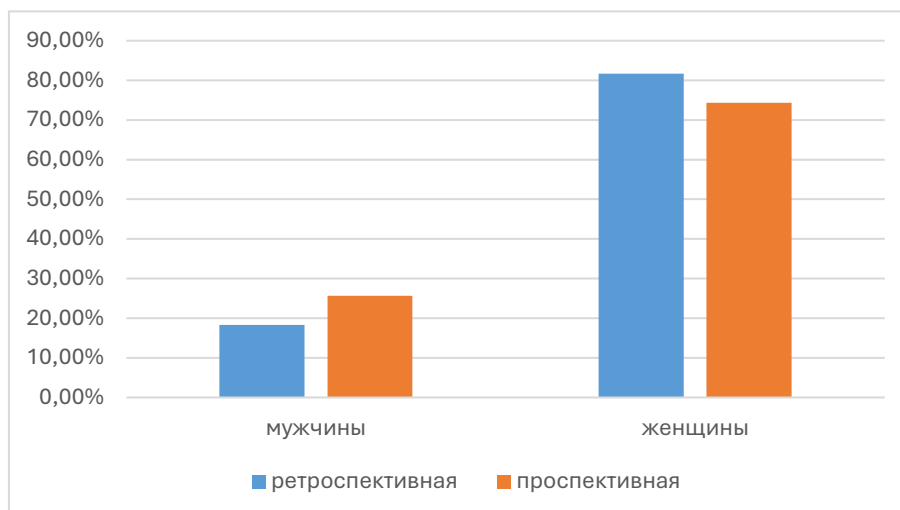


Рисунок 22 - Соотношение пациентов мужского и женского пола в сравниваемых группах

При сравнении послеоперационных значений углов и индексов статистически значимых различий выявлено не было (таблица 8), кроме значений индекса ретроверсии, углов AcetAV, AASA и PASA. В проспективной группе также обращает на себя внимание, что значение дисперсии каждого показателя значимо ниже, чем в ретроспективной группе (таблица 9).

Данные факты подтверждают, что в обеих группах средние и медианные послеоперационные значения углов и индексов соответствуют средне-физиологическим показателям нормы, а использование индивидуальных направляющих устройств позволило повысить точность позиционирования ацетабулярного фрагмента и снизило вариативность конечного положения вертлужной впадины.

Таблица 8 - Значения P (p-value) при сравнении послеоперационных значений различных углов и индексов

Сравниваемые послеоперационные показатели	Значение P (p-value)
Угол AcetAV	0,015*
Индекс ретроверсии	0,003*
Угол AASA	0,011*

Продолжение таблицы 8

Угол PASA	0,047*
Угол Wiberg	0,477
Угол Tönnis	0,724
Угол Sharp	0,317
Угол HASA	0,892
Индекс экструзии головки бедра	0,973

*- различия показателей статистически значимы при $p < 0,05$.

Таблица 9 - Значения дисперсии послеоперационных значений различных углов и индексов в обеих группах исследования

Оцениваемая переменная	Значение дисперсии оцениваемой переменной	
	Ретроспективная группа	Проспективная группа
Угол Wiberg	108,52	28,99
Угол Tönnis	58,58	27,41
Угол Sharp	43,70	7,77
Индекс экструзии головки бедра	153,29	33,75
Индекс ретроверсии	268,19	0
Угол AcetAV	65,15	54,68
Угол AASA	117,77	33,76
Угол PASA	130,60	62,27
Угол HASA	255,08	37,13

Значения длительности оперативного вмешательства ($p < 0,001$), кровопотери ($p = 0,003$) и количества койко-дней ($p < 0,001$) статистически значимо были ниже в группе пациентов, где периацетабулярная остеотомия выполнялась модифицированным методом (Рисунки 23, 24, 25, соответственно).

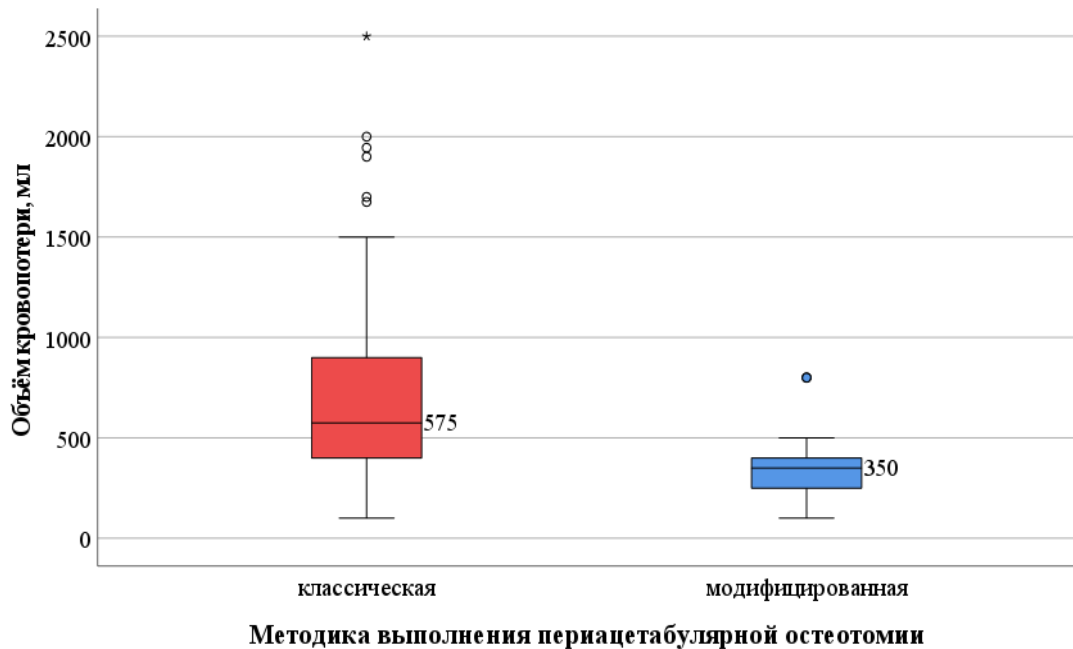


Рисунок 23 - Объём интраоперационной кровопотери в обеих группах исследования

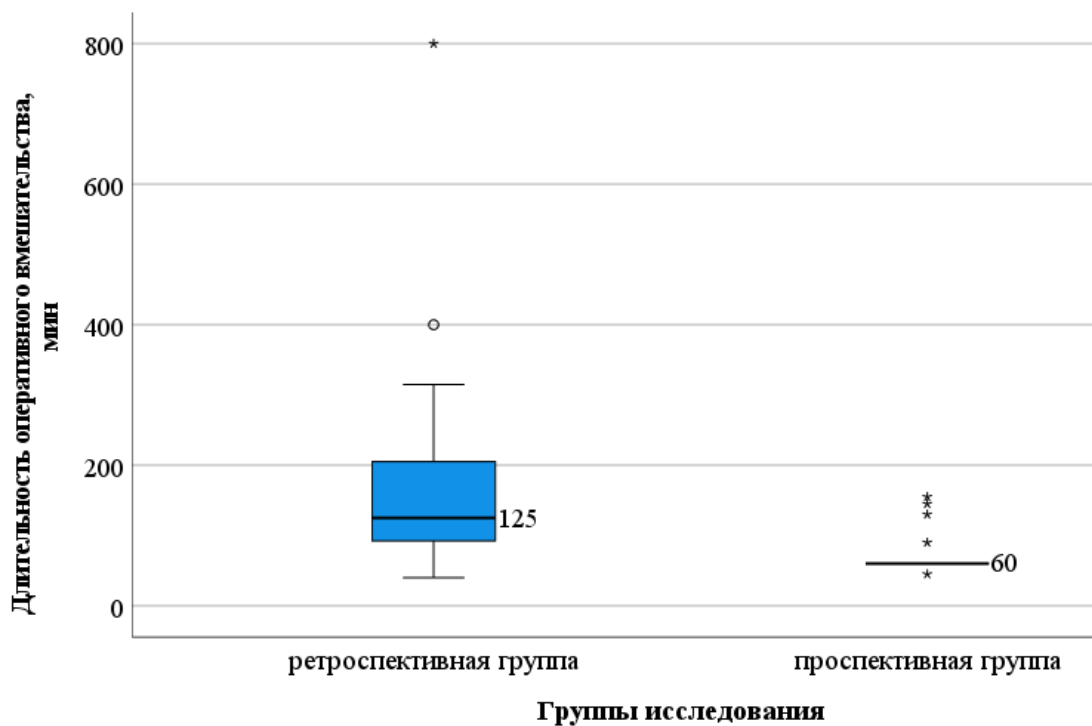


Рисунок 24 - Длительность оперативного вмешательства в обеих группах исследования

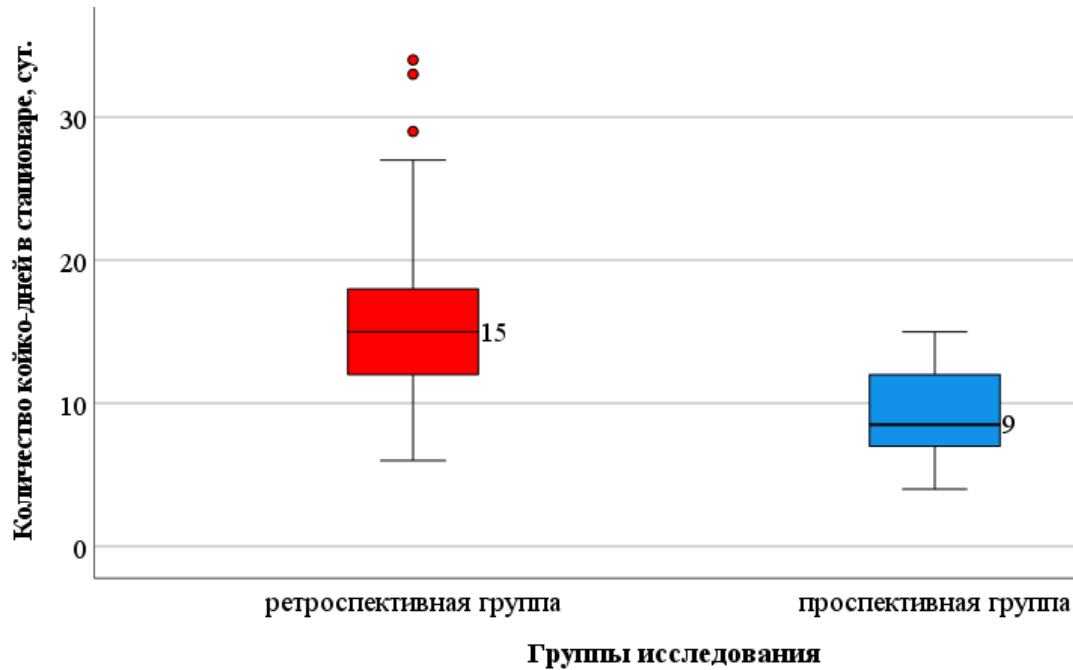


Рисунок 25 - Количество койко-дней в группах исследования

Также в данной группе пациентов послеоперационно реже отмечались признаки гиперкоррекции ($p=0,016$) или неадекватной коррекции ($p=0,008$) положения вертлужной впадины (Рисунок 26).

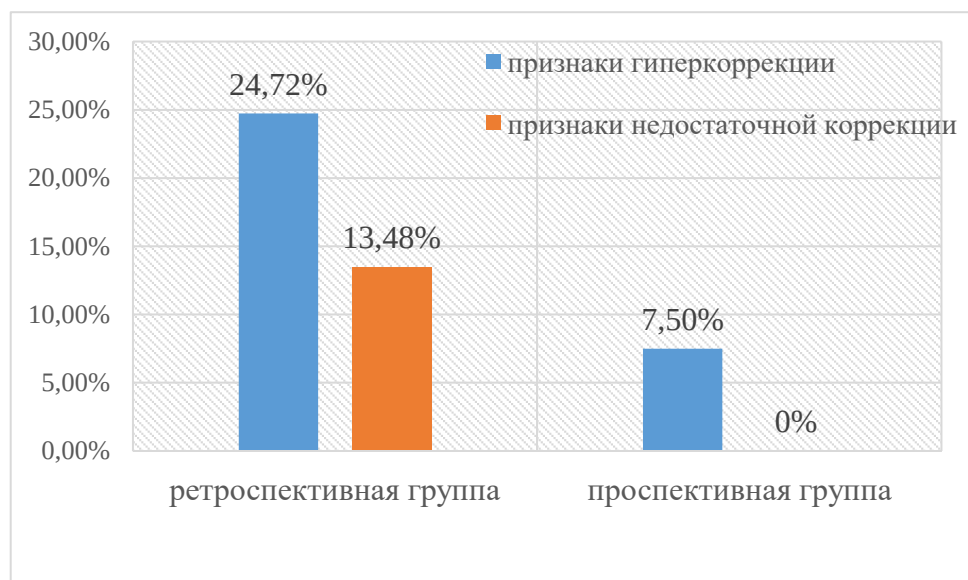


Рисунок 26 - Частота встречаемости признаков проблем коррекции положения вертлужной впадины в послеоперационном периоде у пациентов обеих групп исследования

Указанные выше зависимости еще раз подчеркивают точность позиционирования вертлужной впадины при использовании индивидуальных направляющих устройств.

При сравнении частоты неврологических нарушений было выявлено, что признаки повреждения латерального кожного нерва бедра была статистически значимо выше ($p=0,013$) в проспективной группе. Это связано с тем, что нейропатия латерального кожного нерва бедра обычно носит нестойкий характер и с течением времени чувствительность по наружной поверхности бедра восстанавливается. Из-за большого срока наблюдения у многих пациентов в ретроспективной группе признаки данного неврологического осложнения нивелировались, а в проспективной группе прошло недостаточное количество времени с момента оперативного вмешательства, необходимого для восстановления чувствительности.

Среди пациентов проспективной группы конверсия в эндопротезирование и артроскопия тазобедренного сустава не выполнялись. Однако, это может быть связано не только с точностью позиционирования вертлужной впадины, более узкими критериями отбора пациентов для проведения периацетабулярной остеотомии, но и малым сроком, прошедшим с момента выполнения периацетабулярной остеотомии. Для более объективной сравнительной оценки выживаемости тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии модифицированным способом с использованием индивидуальных направляющих устройств и стандартной техникой операции необходим более длительный период наблюдения.

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Клинический пример №1

Пациентка И., 29 лет. Поступила в отделение травматологии и ортопедии с диагнозом «Правосторонняя дисплазия тазобедренного сустава». Дооперационные значения угла Wiberg – $-2,5^\circ$; угла Tönnis – 24° ; угла Sharp – 52° , индекса экстррузии головки бедренной кости – 49% (Рисунок 27).

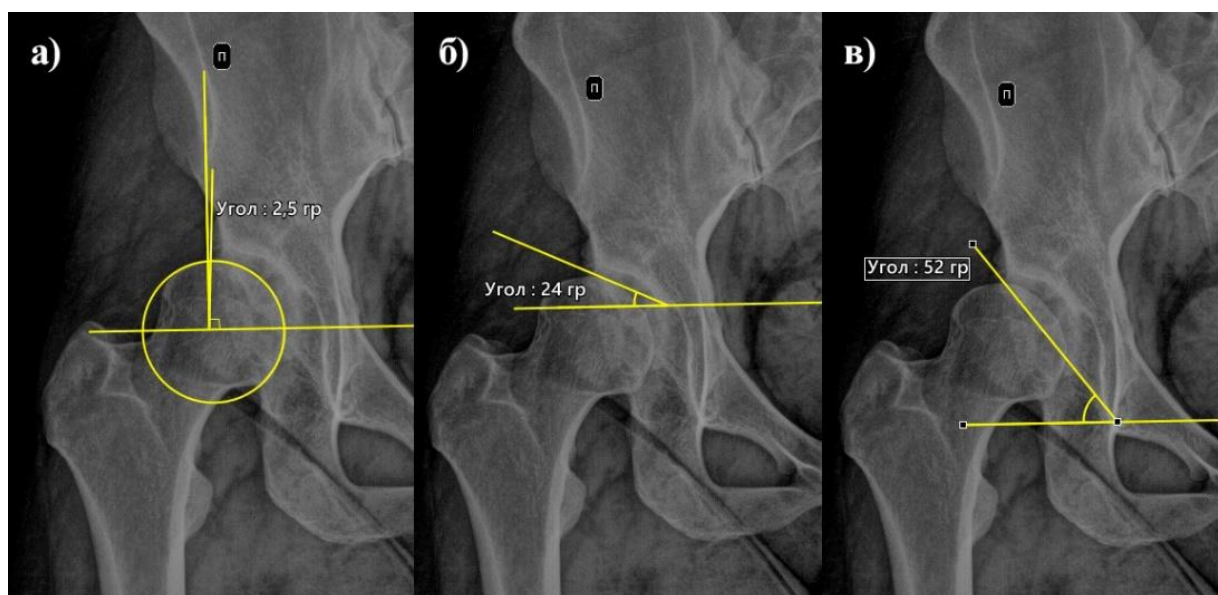


Рисунок 27 - Значение различных углов, измеряемых на дооперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки И.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

Пациентке выполнена периацетабулярная остеотомия справа по классической методике. Послеоперационные значения угла Wiberg – $24,3^\circ$; угла Tönnis – $8,7^\circ$; угла Sharp – $37,4^\circ$; индекса экстррузии головки бедренной кости – 37% (рисунок 28). Длительность оперативного вмешательства 120 минут. Объем интраоперационной кровопотери 600 мл.

На послеоперационных снимках КТ определяется перелом вертлужной впадины, возникший во время выполнения остеотомии задней колонны таза (Рисунок 29).

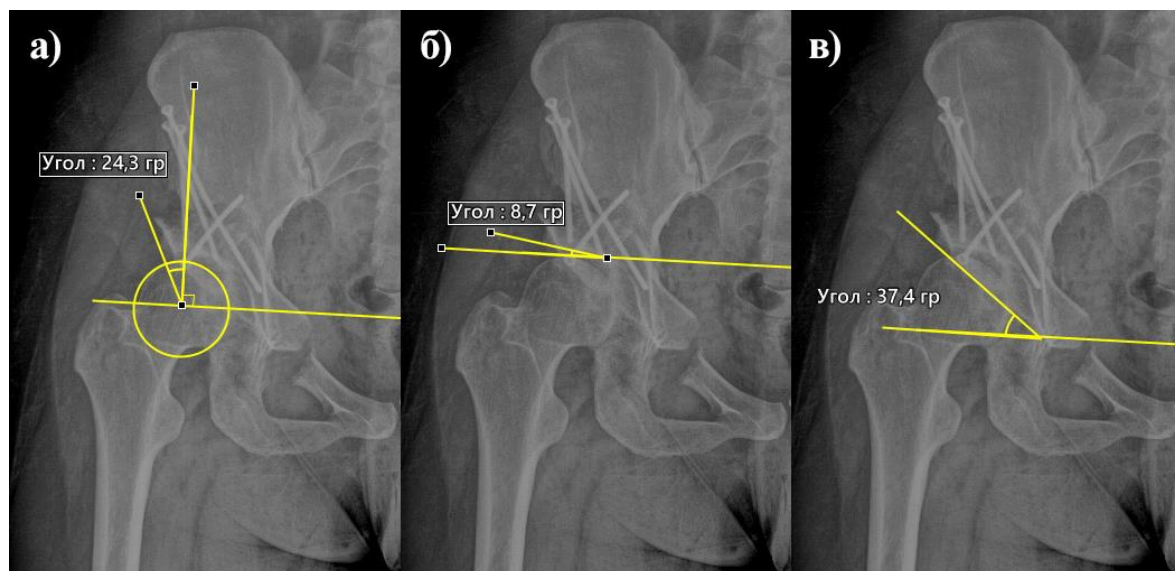


Рисунок 28 - Значение различных углов, измеряемых на послеоперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки И.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

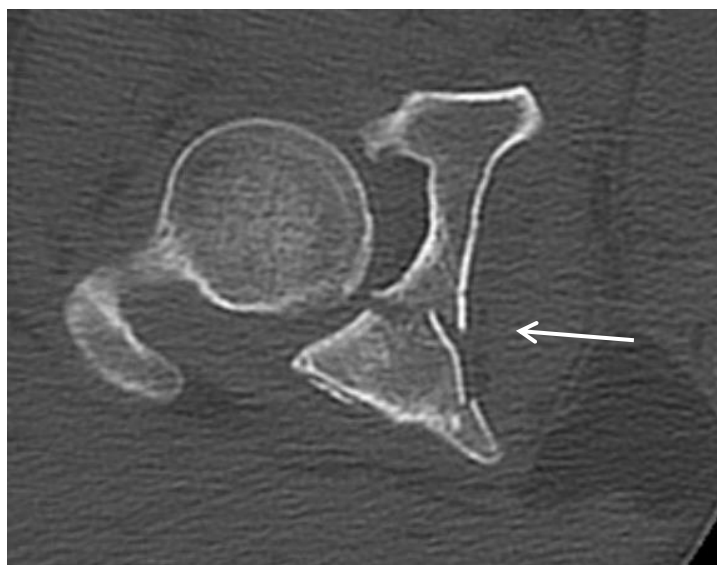


Рисунок 29 - Послеоперационная компьютерная томограмма пациентки И., на которой определяется внутрисуставной перелом вертлужной впадины (отмечено стрелкой)

Клинический пример №2

Пациентка Р., 37 лет. Поступила в отделение травматологии и ортопедии с диагнозом «Правосторонняя дисплазия тазобедренного сустава». Дооперационные значения угла Wiberg – 18,9°; угла Tönnis – 17,3°; угла Sharp – 43,6°, индекса экструзии головки бедренной кости – 42% (Рисунок 30).

На дооперационных обзорных рентгенограммах костей таза можно визуализировать выраженное нарушение сферичности головки правой бедренной кости (индекс сферичности = 39%) в следствие дисплазии, что негативно сказывается на конгруэнтности данного тазобедренного сустава.

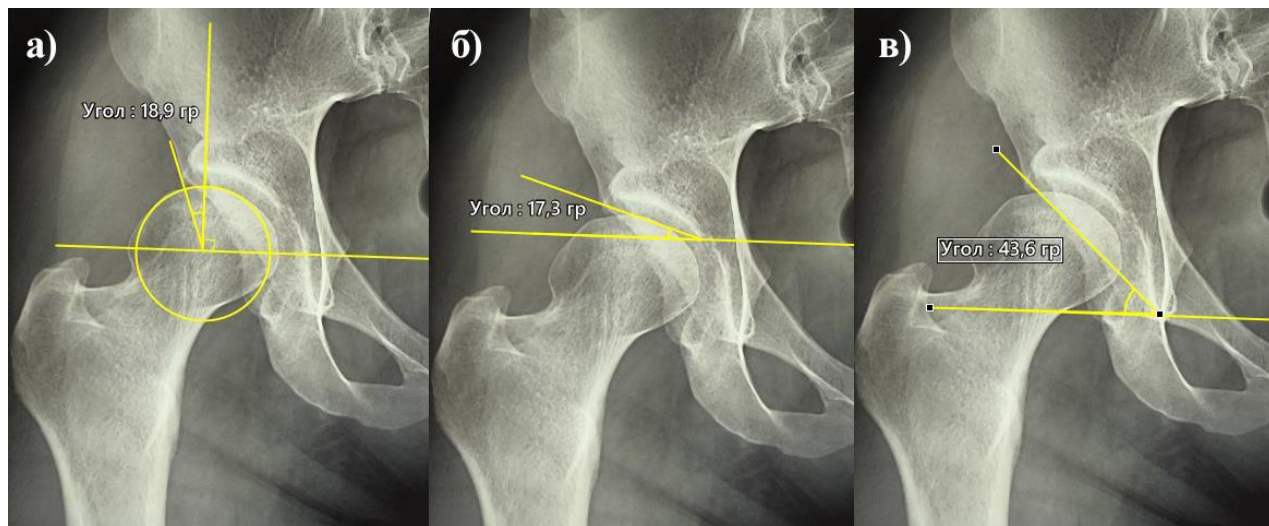


Рисунок 30 - Значение различных углов, измеряемых на дооперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки Р.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

Пациентке выполнена периацетабулярная остеотомия справа по классической методике. На послеоперационных рентгенограммах костей таза определяются признаки гиперкоррекции положения вертлужной впадины: послеоперационные значения угла Wiberg – 40°; угла Tönnis – -5,6°; угла Sharp – 22,3°; индекса экстррузии головки бедренной кости – 14% (Рисунок 31). Длительность оперативного вмешательства 115 минут. Объем интраоперационной кровопотери 450 мл.

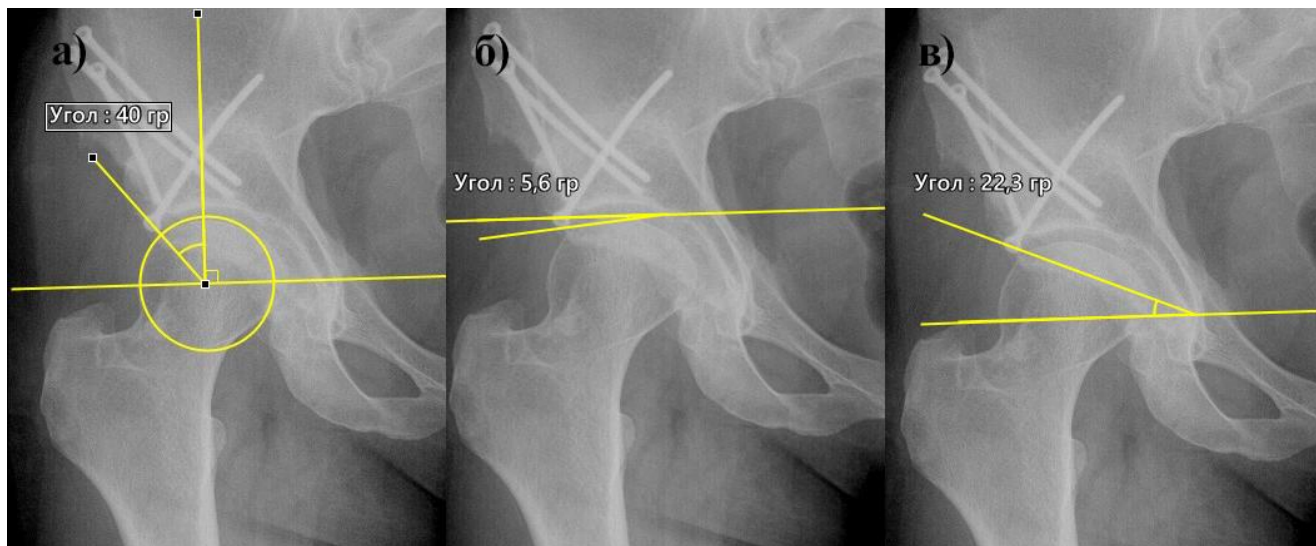


Рисунок 31 - Значение различных углов, измеряемых на обзорной послеоперационной рентгенограмме костей таза пациентки Р.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

В дальнейшем отметились нарастание выраженности болевого синдрома на фоне прогрессирования коксартроза справа, 20.02.2019 г. пациентке выполнено оперативное вмешательство в объёме тотальное эндопротезирование правого тазобедренного сустава (Рисунок 32).

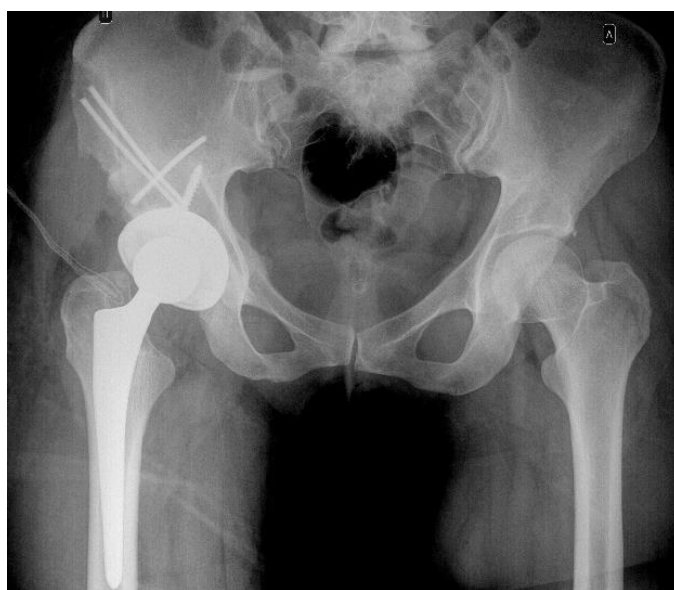


Рисунок 32 - Обзорная рентгенограмма костей таза пациентки Р., выполненная в послеоперационном периоде после выполнения тотального эндопротезирования правого тазобедренного сустава

Клинический пример №3

Пациентка С. 19 лет. Поступила в отделение травматологии и ортопедии с диагнозом «Левосторонняя дисплазия тазобедренного сустава». Дооперационные значения угла Wiberg – $21,3^\circ$; угла Tönnis – $8,2^\circ$; угла Sharp – $40,7^\circ$, индекса экструзии головки бедренной кости –23,52% (Рисунок 33).

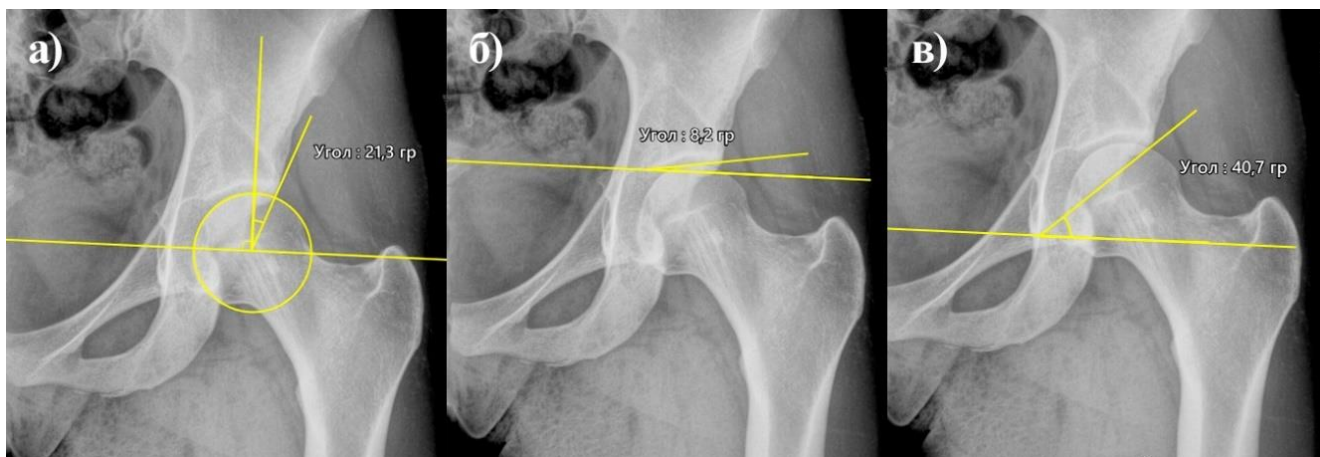


Рисунок 33 - Значение различных углов, измеряемых на дооперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки С.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

На основе компьютерной трёхмерной модели таза осуществлено предоперационное планирование: ориентирование плоскостей остеотомий лонной, седалищной и подвздошных костей таза и позиционирование вертлужной впадины в необходимом положении с разработкой индивидуальных направляющих устройств (Рисунок 34).

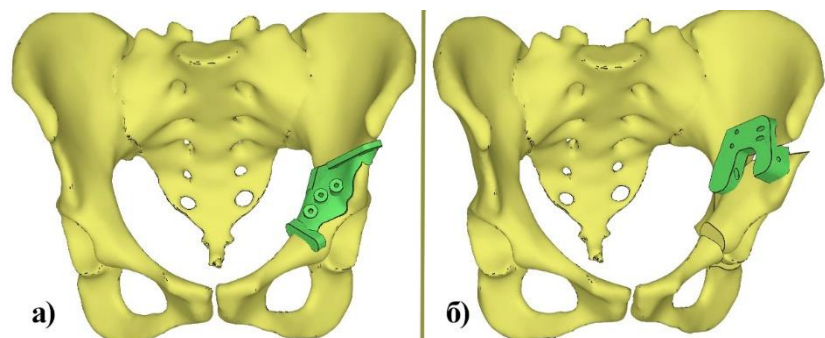


Рисунок 34 - Конечные этапы моделирования индивидуальных направляющих устройств, применяемых при проведении периацетабулярной остеотомии у пациентки С.: а) – шаблона для остеотомии лонной, подвздошной и седалищной костей; б) - устройства для позиционирования ацетабулярного фрагмента

Планируемое положение вертлужной впадины определялось на основании КТ-исследования, выполненного на предоперационном этапе, путём позиционирования виртуальной копии ацетабулярного фрагмента в таком положении, которое позволяло бы достичь расчётных значений углов Wiberg и AcetAV, которые должны соответствовать средне-физиологическим значениям нормы (Рисунок 35).

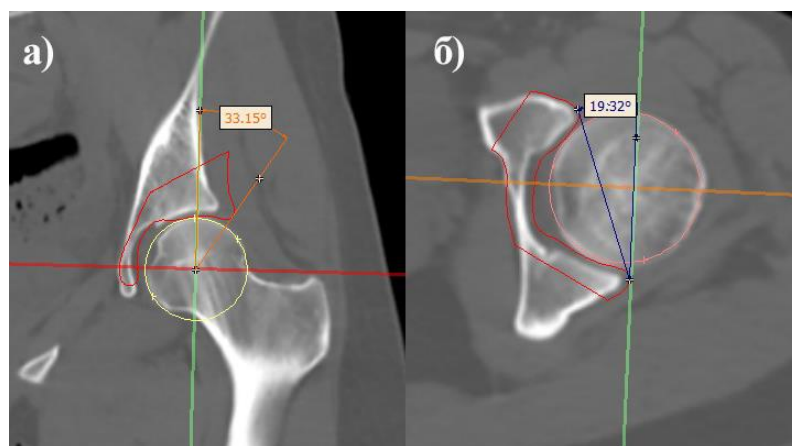


Рисунок 35 - Определение на основе 3D моделирования степени соответствия планируемого положения вертлужной впадины (контур ацетабулярного фрагмента на рисунке представлен контуром красного цвета) средне-физиологическим показателям нормы путём измерения различных углов: а) – планируемое значение угла Wiberg (33,15°); б) – планируемое значение угла антеверсии вертлужной впадины AcetAV (19,32°)

После осуществления предоперационного планирования, индивидуальные направляющие устройства изготавливались методом послойной 3D печати из полимолочной кислоты (Рисунок 36) и пациентке С. Была выполнена периацетабулярная остеотомия модифицированным способом.

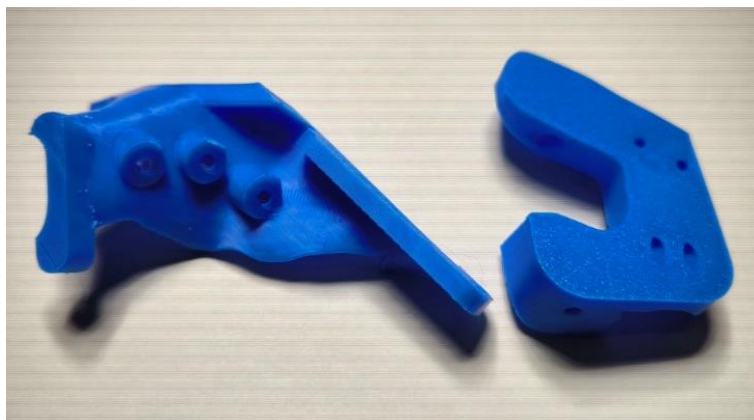


Рисунок 36 - Внешний вид индивидуальных направляющих устройств, использованных при проведении периацетабулярной остеотомии пациентке С.

Применение системы индивидуальных направляющих устройств при проведении периацетабулярной остеотомии у пациентки С. позволило достичь корректного положения вертлужной впадины, соответствующего средним значениям нормы: значение угла Wiberg – 33° ; значение угла Tönnis – $1,5^\circ$; значение угла Sharp – $38,4^\circ$; значение угла AcetAV – $21,09^\circ$ (Рисунок 37)

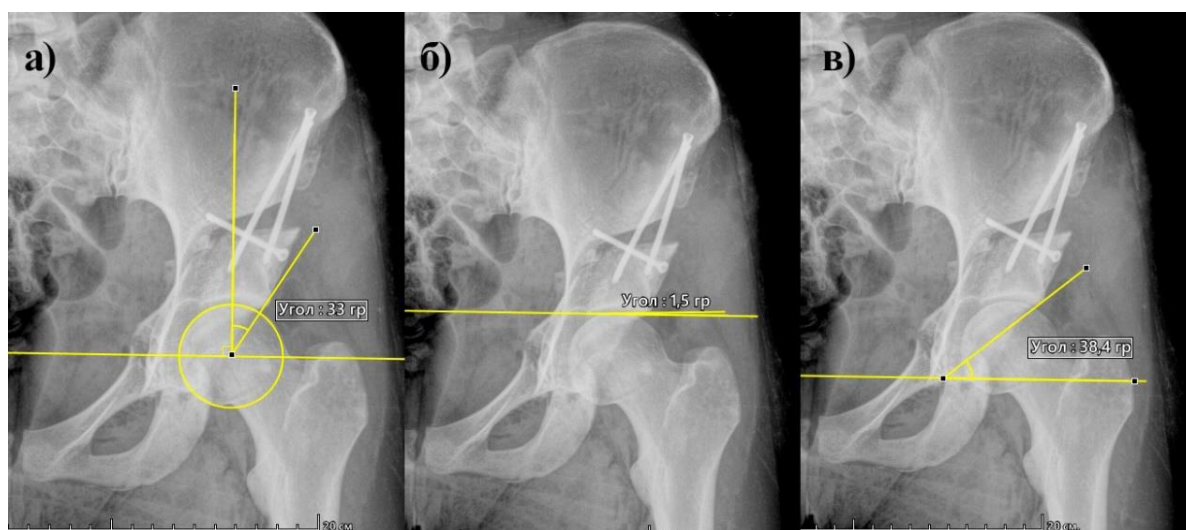


Рисунок 37 - Значение различных углов, измеряемых на послеоперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки С.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

Таким образом, расхождение послеоперационного значения с планируемым для угла Wiberg составило $0,57^\circ$, для угла AcetAV – $1,77^\circ$ (Рисунок 38).

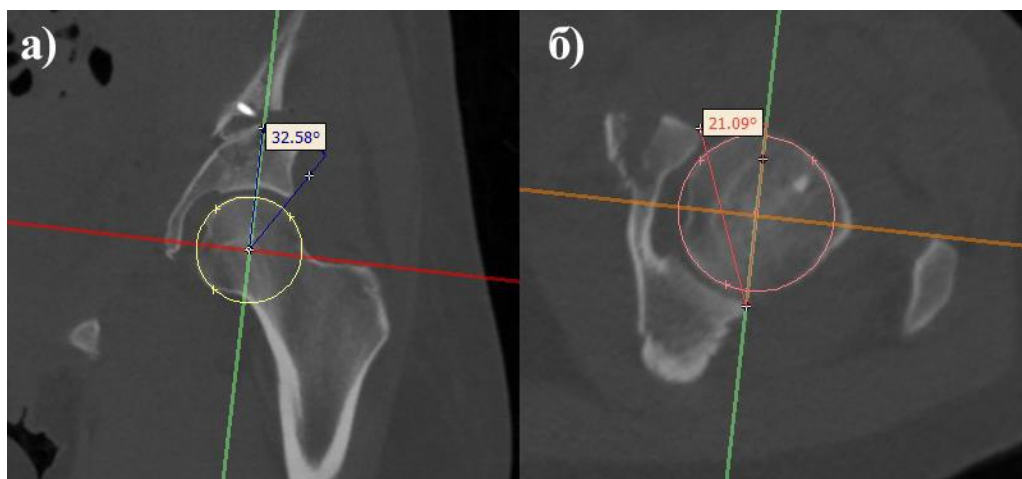


Рисунок 38 - Послеоперационные значения углов, измеренных по данным КТ-исследования пациентки С.: а) – угол Wiberg ($32,58^\circ$); б) – угол AcetAV ($21,09^\circ$)

Клинический пример №4

Пациентка Е. 21 год. Поступила в отделение травматологии и ортопедии с диагнозом «Правосторонняя дисплазия тазобедренного сустава». Дооперационные значения угла Wiberg – $14,6^\circ$; угла Tönnis – $15,4^\circ$; угла Sharp – $45,1^\circ$, индекса экструзии головки бедренной кости – $23,72\%$ (Рисунок 39).

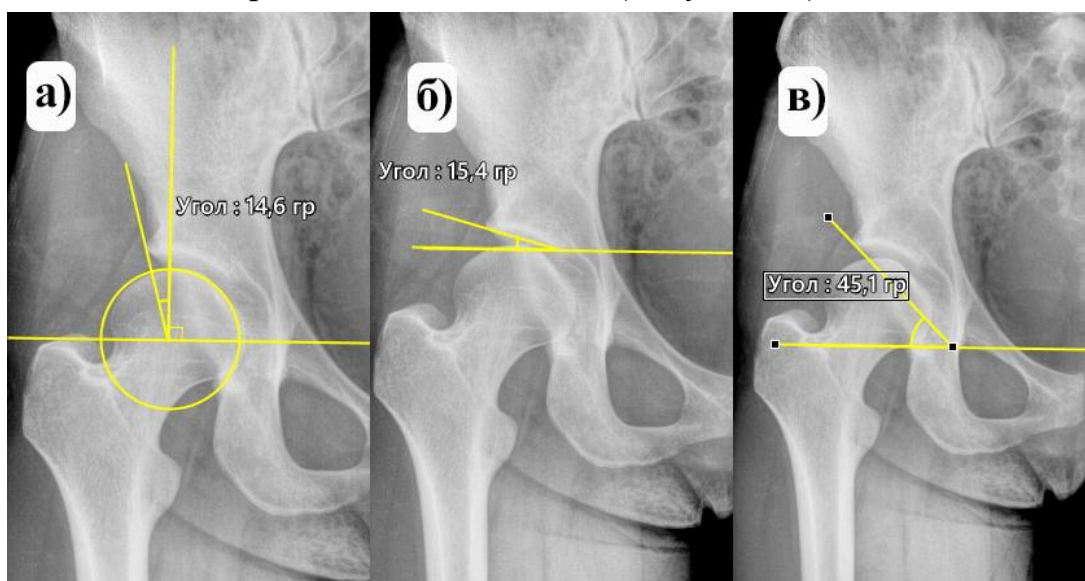


Рисунок 39 - Значение различных углов, измеряемых на дооперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки С.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

На предоперационном этапе осуществлялось планирование положения плоскостей остеотомий лонной, подвздошной, седалищной костей таза с моделированием шаблона для выполнения указанных остеотомий (Рисунок 40) и позиционирование вертлужной впадины в корректном положении с проектированием устройства для выполнения указанного позиционирования. (Рисунок 41).

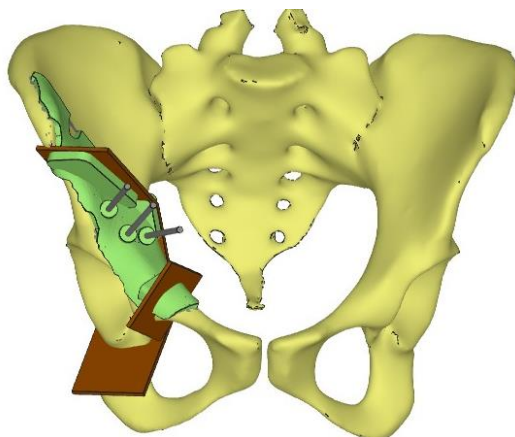


Рисунок 40 - Планирование положения плоскостей остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей таза (на рисунке коричневого цвета) с формированием направляющего шаблона для выполнения указанных остеотомий (на рисунке зелёного цвета) у пациентки Е.

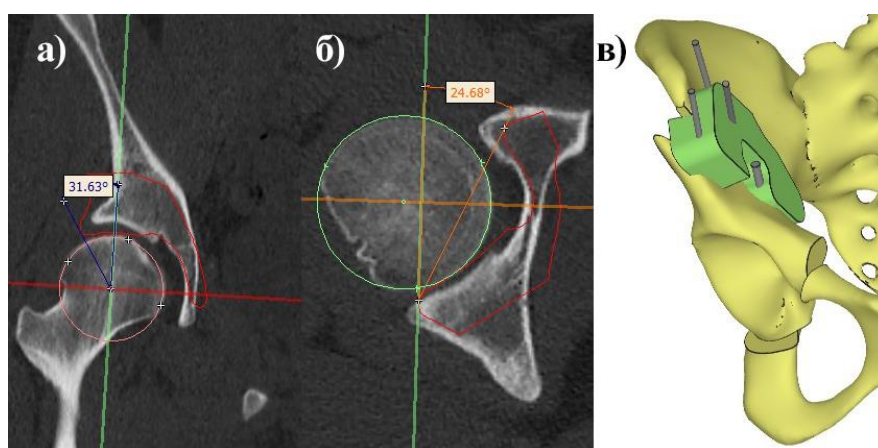


Рисунок 41 - Планирование корректного положения вертлужной впадины (на рисунке представлена контуром красного цвета) с моделированием индивидуального устройства для осуществления позиционирования ацетабулярного фрагмента пациентки Е.: а – планируемое значение угла Wiberg ($31,63^\circ$); б) – планируемое значением угла AcetAV ($24,68^\circ$); в) – конечный вид моделируемого устройства и его положение в оперируемой области.

После предоперационного планирования указанные устройства изготавливались путём 3D печати (Рисунок 42).

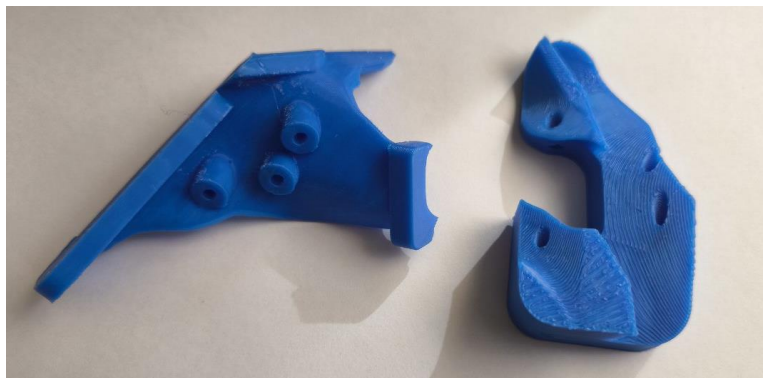


Рисунок 42 - Внешний вид изготовленных индивидуальных направляющих устройств, использованных при проведении периацетабулярной остеотомии пациентке Е.

Применение системы индивидуальных направляющих устройств во время периацетабулярной остеотомии у пациентки Е. позволило зафиксировать ацетабулярный костный фрагмент с вертлужной впадиной в корректном положении: значение угла Wiberg – $32,2^\circ$; значение угла Tönnis – $4,9^\circ$; значение угла Sharp – $35,3^\circ$ (Рисунок 43). Расхождение послеоперационных значений угла Wiberg и угла AcetAV по данным КТ составило $1,24^\circ$ и $1,09^\circ$, соответственно (Рисунок 44).



Рисунок 43 - Значение различных углов, измеряемых на послеоперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки Е.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

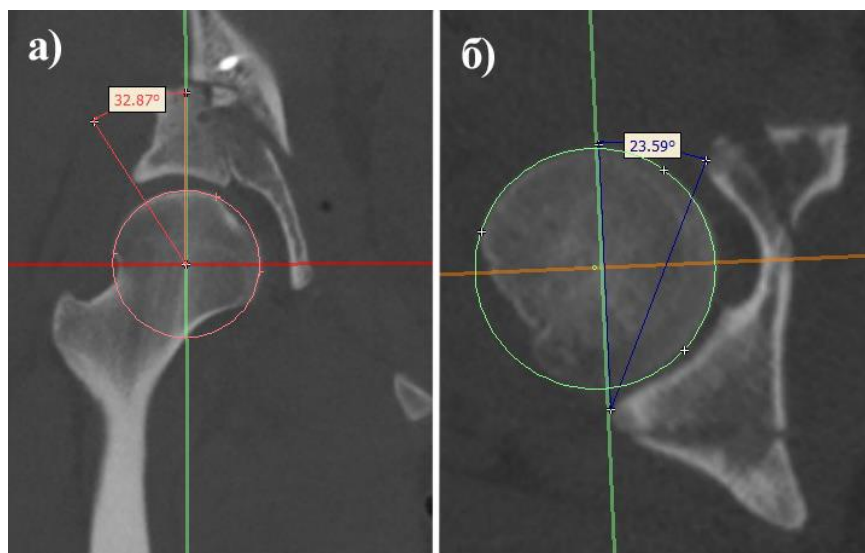


Рисунок 44 - Послеоперационные значения углов, измеренных по данным КТ-исследования пациентки Е.: а) – угол Wiberg ($32,87^\circ$); б) – угол AcetAV ($23,59^\circ$)

Клинический пример №5

Пациентка К. 38 лет. Поступила в отделение травматологии и ортопедии с диагнозом «Правосторонняя дисплазия тазобедренного сустава». Дооперационные значения угла Wiberg – 16° ; угла Tönnis – $20,2^\circ$; угла Sharp – $46,8^\circ$, индекса экструзии головки бедренной кости – $19,34\%$ (Рисунок 45).

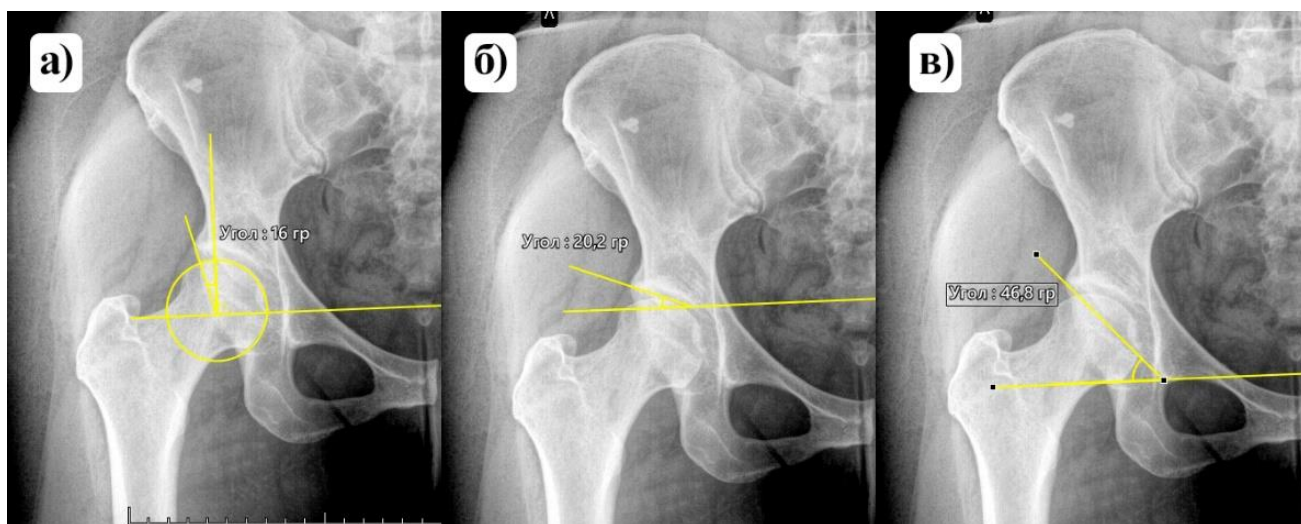


Рисунок 45 - Значение различных углов, измеряемых на дооперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки К.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

Предоперационно пациентке выполнено планирование основных этапов периацетабулярной остеотомии: расположение плоскостей остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей таза (Рисунок 46), моделирование индивидуального шаблона для выполнения указанных остеотомий и позиционирование ацетабулярного фрагмента с вертлужной впадиной в корректном положении (Рисунок 47) с последующей разработкой индивидуального направляющего устройства (Рисунок 48).

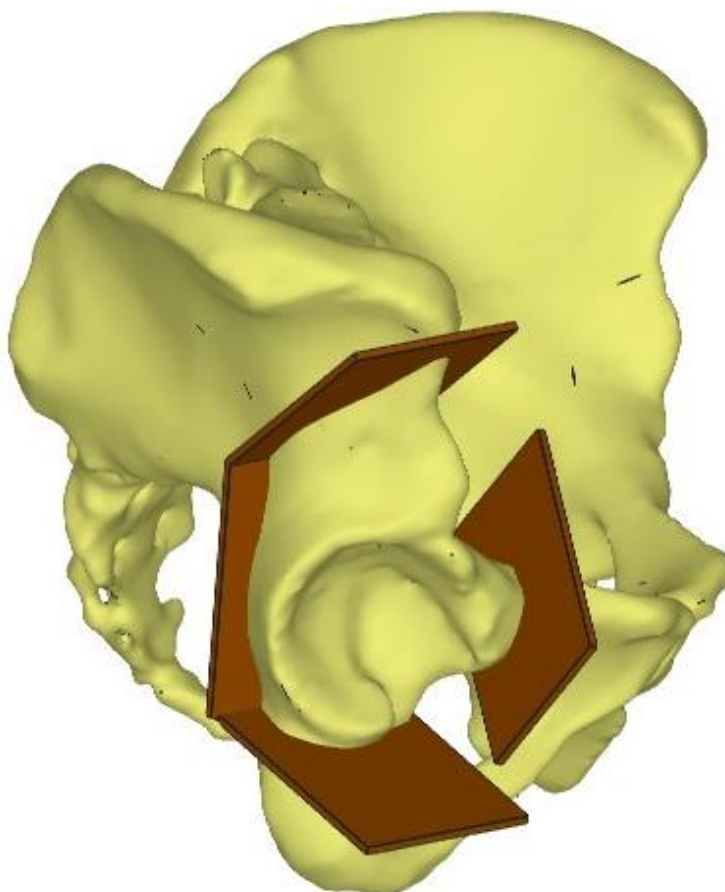


Рисунок 46 - Позиционирование плоскостей остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей на виртуальной 3D-модели таза пациентки К. с целью последующего моделирования шаблона для выполнения данных остеотомий

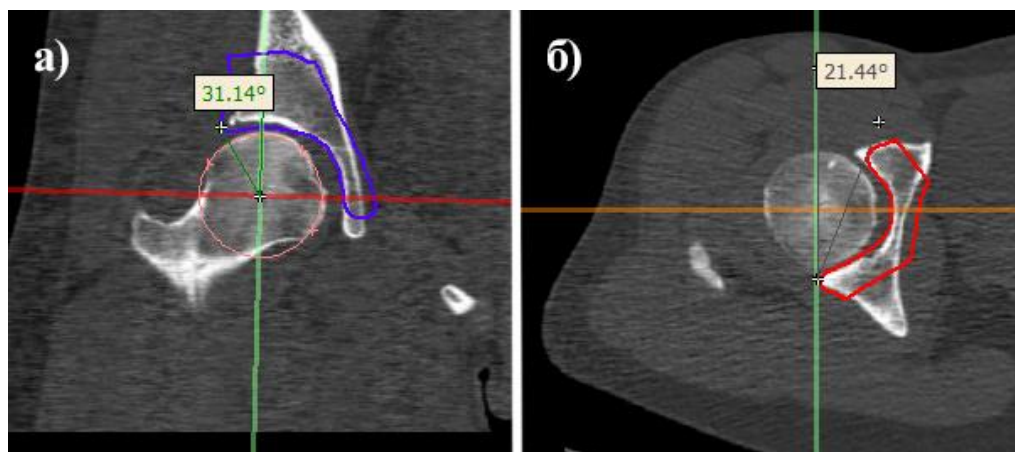


Рисунок 47 - Определение с применением 3D моделирования оптимального анатомического положения вертлужной впадины пациентки К.: а) – расчётное значение угла Wiberg (положение вертлужной впадины представлено контуром фиолетового цвета); б) – расчётное значение угла AcetAV (положение вертлужной впадины представлено контуром красного цвета)

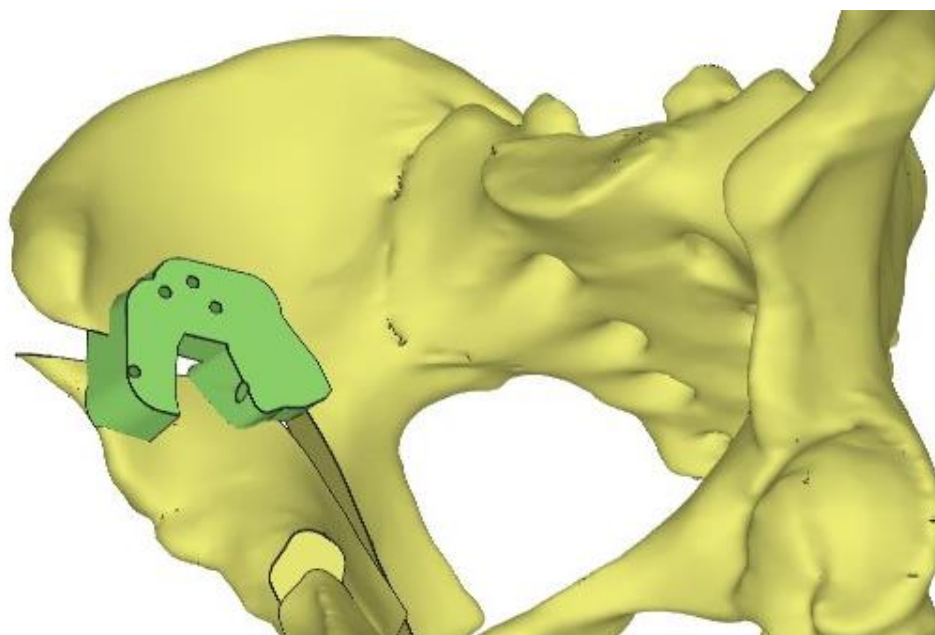


Рисунок 48 - Финальный этап позиционирования вертлужной впадины и моделирования на основании данного позиционирования индивидуального направляющего устройства, которое применялось в дальнейшем при проведении периацетабулярной остеотомии модифицированным способом у пациентки К.

После моделирования данные индивидуальные устройства изготавливались методом 3D печати (Рисунок 49) и использовались при выполнении периацетабулярной остеотомии модифицированным методом.



Рисунок 49 - Внешний вид изготовленных индивидуальных направляющих устройств, использованных при проведении периацетабулярной остеотомии пациентке К.

При выполнении периацетабулярной остеотомии модифицированным способом у пациентки К. было достигнуто корректное положение вертлужной впадины, которое определялось на послеоперационной обзорной рентгенограмме костей таза: значение угла Wiberg – 30° ; значение угла Tönnis – $8,3^\circ$; значение угла Sharp – $38,1^\circ$ (Рисунок 50). Расхождение послеоперационных значений угла Wiberg и угла AcetAV по данным КТ составило $0,64^\circ$ и $1,29^\circ$, соответственно (Рисунок 51).

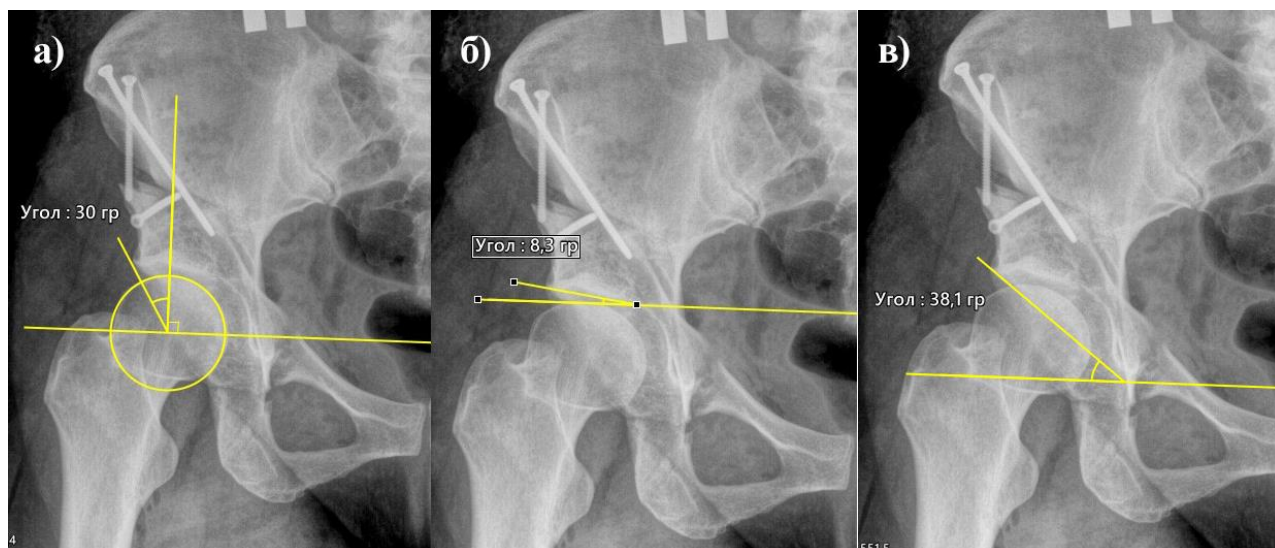


Рисунок 50 - Значение различных углов, определяемых на послеоперационной обзорной рентгенограмме костей таза пациентки К.: а) – угол Wiberg; б) – угол Tönnis; в) – угол Sharp

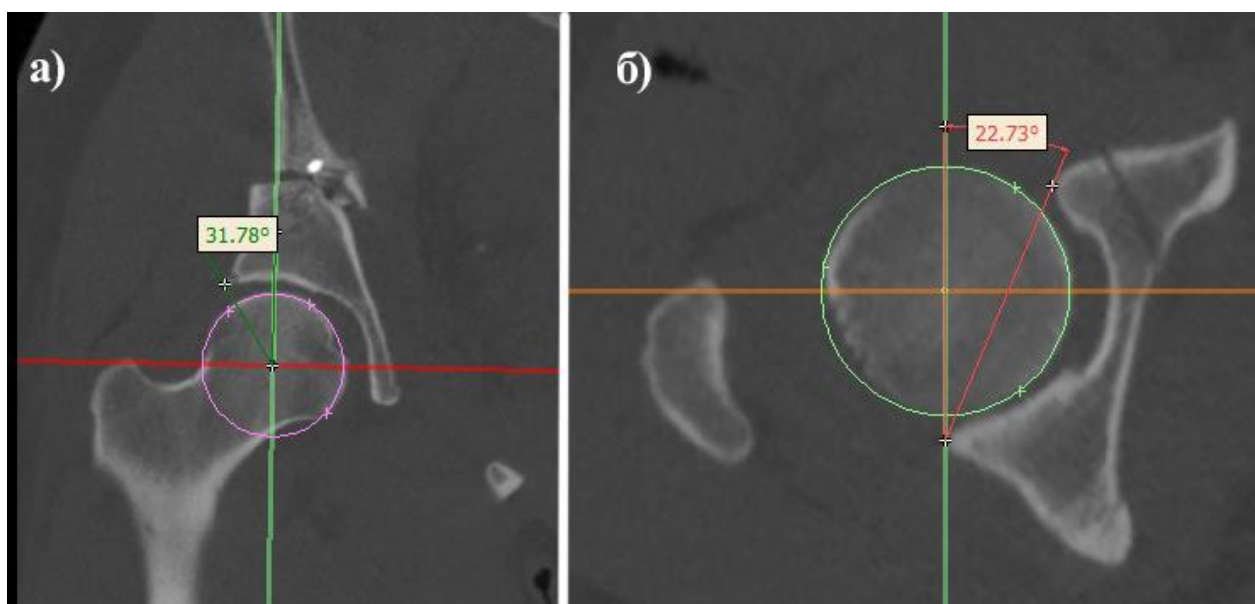


Рисунок 51 - Послеоперационные значения углов, измеренных по данным КТ-исследования пациентки Е.: а) – угол Wiberg (31,78°); б) – угол AcetAV (22,73°)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние 40 лет в мире была сформирована и получила своё бурное развитие концепция органосохраняющей хирургии тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста, которая включает в себя хирургические техники, направленные на предупреждение прогрессирования остеоартроза тазобедренного сустава у данной категории пациентов [11,149].

Периацетабулярная остеотомия, как хирургический способ переориентирования положения вертлужной впадины у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава, является одним из основных методов лечения в данной концепции. Суть такого оперативного вмешательства в последовательном выполнении остеотомий седалищной, лонной и подвздошной костей таза с последующим расположением вертлужной впадины в наиболее правильном анатомо-функциональном положении. Данная операция имеет ряд преимуществ, выгодно выделяющих её перед другими остеотомиями таза: сохранение кровоснабжения вертлужной впадины, возможность осуществления большой коррекции из одного небольшого доступа у пациентов с закрытым триангулярным хрящом и сохранение целостности тазового кольца (за счет сохранения задней колонны таза) [115,116].

Выживаемость тазобедренного сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии была оценена на различных сроках. Так, сообщается, что в течение 5 лет после периацетабулярной остеотомии тотальное эндопротезирование потребовалось 3,9% пациентов, в течение 10 лет – 8,7%, а в течение 15 лет – 15% [121].

При оценке выживаемости тазобедренного сустава после выполнения периацетабулярной остеотомии было выделено несколько факторов, существенно снижающих эффективность данного вида хирургического лечения:

- признаки остеоартроза тазобедренного сустава;

- наличие дисплазии тяжелой степени с недостаточной конгруэнтностью тазобедренного сустава;
- возраст пациентов старше 40 лет.

Кроме вышеперечисленных факторов, исследователями подчёркивается, что на выживаемость тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии влияет степень соответствия положения вертлужной впадины анатомическим значениям нормы. Так, было доказано, что наличие недостаточной коррекции так же, как и признаков гиперкоррекции положения вертлужной впадины, ускоряет развитие коксартроза у пациентов, которым выполнялась периацетабулярная остеотомия [126].

Несмотря на все свои ощутимые преимущества перед другими видами остеотомий таза с момента создания периацетабулярная остеотомия не претерпевала серьёзных изменений в своей технике, и до сих пор ортопедами по всему миру ориентирование инструментов при выполнении последовательных остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей проводится методом «свободной руки» под постоянным интраоперационным рентгенологическим контролем, что повышает лучевую нагрузку на пациента и персонал в операционной. Кроме этого, стоит отметить высокую роль человеческого фактора, поскольку правильность направления линий остеотомий и точность интраоперационного позиционирования вертлужной впадины напрямую зависят от качества выполняемых рентгенограмм и опыта оперирующего хирурга.

В Российской Федерации не проводилось исследований, направленных на оценку исходов выполнения периацетабулярной остеотомии в случае наличия проблем с позиционированием вертлужной впадины, для которых характерны признаки недостаточного или избыточного покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной, а также исследований направленных на изучение способов, которые позволят снизить количество данных ошибок.

В данной работе предложена модификация техники выполнения периацетабулярной остеотомии путем интраоперационного применения

индивидуальных направляющих устройств, точно повторяющих анатомию костей таза пациента, также предложен способ разработки и изготовления данных устройств с использованием аддитивных технологий, проведён сравнительный анализ результатов выполнения периацетабулярной остеотомии классической и модифицированной техникой операции.

В период с 2007 г. по 2025 г. на базе ФГБУ НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена Минздрава России 121 пациенту: 96 женщинам (79,34%) и 25 мужчинам (20,66%) - было выполнено 129 оперативных вмешательств в объёме периацетабулярной остеотомии. Период наблюдения пациентов составил от 16 лет до 6 месяцев. Пациенты были разделены на две группы. В первую группу (ретроспективную, контрольную) были включены 82 пациента (89 тазобедренных суставов): 67 женщин (81,70%) и 15 мужчин (18,29%), которым периацетабулярная остеотомия была выполнена классической методикой, предложенной R. Ganz. Во вторую группу (проспективную, интервенционную) было включено 39 пациентов: 10 мужчин (25,64%), 29 женщин (74,36%), которым периацетабулярная остеотомия выполнялась модифицированной техникой с применением аддитивных технологий.

Предоперационно пациентам проспективной группы на основании КТ-исследования создавалась виртуальная 3D-модель костей таза и планировалось положение плоскостей остеотомий лонной, подвздошной, седалищной костей. Затем на основании данного моделирования изготавливались два индивидуальных устройства. Первое устройство, созданное для ориентирования плоскостей остеотомий во время выполнения оперативного вмешательства. Второе устройство, изготовленное для правильного позиционирования вертлужной впадины в необходимом положении. Устройства изготавливались методом послойной 3D-печати из полимолочной кислоты и применялись во время проведения операции.

У пациентов обеих групп исследования проводилась оценка обзорных рентгенограмм костей таза и компьютерных томограмм, выполненных накануне

операции и в 1-е сутки после выполнения периацетабулярной остеотомии. Также проводилась оценка данных магнитно-резонансной томографии с целью диагностики повреждений суставного хряща тазобедренного сустава и определения возможности включения пациента в исследование.

На до и послеоперационных обзорных рентгенограммах костей таза определяли значения угла Wiberg, угла Tönnis, угла Sharp, индекса экструзии головки бедренной кости, индекса ретроверсии вертлужной впадины, индекса сферичности головки бедренной кости.

На до- и послеоперационных компьютерных томограммах измеряли значения угла антеверсии вертлужной впадины AcetAV, значения углов AASA, PASA и HASA.

Полученные данные были подвергнуты сравнительному статистическому анализу с применением программы IBM SPSS Statistics 27 (IBM, Texas, USA) для проведения статистических расчётов. Статистически значимыми считались значения сравниваемых переменных при $p \leq 0,05$.

Говоря о критериях отбора пациентов для выполнения периацетабулярной остеотомии стоит отметить, что согласно результатам статистического анализа обеих групп, выявлено, что исходная степень дисплазии вертлужной впадины и степень сферичности головки бедренной кости являются одним из важных признаков, определяемых на предоперационных рентгенограммах и оказывающих влияние на частоту конверсии в тотальное эндопротезирование после ПАО. Это подчеркивает важность оценки степени конгруэнтности тазобедренного сустава при принятии решения о возможности выполнения периацетабулярной остеотомии у взрослых пациентов молодого возраста, что также согласуется с данными мировой литературы [35].

Существенным преимуществом модифицированной техники периацетабулярной остеотомии явилось то, что в проспективной группе исследования значимо снизился общий процент осложнений (27,5%) как в сравнении с выборкой пациентов ретроспективной группы (48,3%), так и в

сравнении с данными литературы, где данное число составляет около 40,8% [127-129,137].

При этом стоит учитывать, что наиболее распространенным осложнением в проспективной группе пациентов выступила нейропатия латерального кожного нерва бедра, что является характерным осложнением при осуществлении переднего доступа по Smith-Petersen [150,151]. Данное осложнение не относится в категории тяжелых, выраженно снижающих качество жизни пациентов. В то же время, отсутствие повреждений седалищного, бедренного или запирающего нервов, а также инфекционных осложнений в сравнении с выборкой пациентов ретроспективной группы - подтверждает безопасность методики.

Еще одним из преимуществ применения индивидуальных направляющих устройств явилось то, что частота переломов костей таза ниже в проспективной группе исследования в сравнении не только с группой, где применялась классическая техника операции, но и с данными мировой литературы, где описано, что переломы встречаются в 7,8% [134].

Среди возможных осложнений в литературе описывается также гетеротопическая оссификация, которая по данным исследователей встречается в 15% случаев [152]. Среди всей выборки пациентов, принявших участие в исследовании, признаков данного осложнения выявлено не было, однако стоит учитывать, что после периацетабулярной остеотомии данное осложнение часто носит бессимптомный характер и не требует специфического лечения.

Данное исследование подтверждает гипотезу о том, что проблемы коррекции положения вертлужной впадины при проведении периацетабулярной остеотомии статистически значимо ассоциированы с более высоким риском конверсии в эндопротезирование [55]. Причем, избыточная коррекция связана с большим риском эндопротезирования в дальнейшем в сравнении с недостаточной коррекцией положения вертлужной впадины.

Важно отметить, что ошибки позиционирования вертлужной впадины (гиперкоррекция в 7,5%, отсутствовала недокоррекция) встречались значительно

реже, чем при классической технике (ошибки коррекции в 22% случаев). Данные факты ещё раз подчеркивают преимущества применения аддитивных технологий при выполнении периацетабулярной остеотомии.

Полученные результаты демонстрируют, что модифицированная техника периацетабулярной остеотомии с применением системы индивидуально изготовленных навигационных устройств позволяет достичь высокой точности при коррекции положения вертлужной впадины. Об этом можно судить, оценив незначительную степень расхождения между планируемыми и полученными послеоперационно значениями углов Wiberg и AcetAV, что указывает на высокую воспроизводимость предоперационного плана.

При сравнении средних и медианных послеоперационных значений углов Wiberg, Tönnis, Sharp и AcetAV у пациентов, которым периацетабулярная остеотомия проводилась по классической методике, с аналогичными показателями у пациентов, которым ПАО выполнялась модифицированным способом, статистически значимых различий обнаружено не было. Однако, важно отметить, что при изучении разброса полученных значений сравниваемых переменных (индексов, углов), показатели дисперсий ниже в группе, где периацетабулярная остеотомия выполнялась с применением аддитивных технологий, что также подтверждает утверждение, что использование системы индивидуальных направителей позволяет повысить точность позиционирования вертлужной впадины.

Кроме этого, отмечено, что статистически значимо отличались в исследуемых группах послеоперационные значения таких переменных, как: угол AcetAV, индекс ретроверсии, угол AASA, угол PASA. В группе, где применялись аддитивные технологии при выполнении периацетабулярной остеотомии значения данных переменных были близки к значениям нормы в отличие от выборки пациентов ретроспективной группы. Данная информация подчеркивает тот факт, что интраоперационное применение рентгенологического оборудования при проведении периацетабулярной остеотомии по классической технике дает

возможность рассчитать степень наклона вертлужной впадины (отсутствие статистической разницы при сравнении углов Wiberg, Tönnis, Sharp и индекса экструзии головки бедренной кости), но не позволяет хирургу объективно и точно определить угол антеверсии и положения вертлужной впадины в горизонтальной (аксиальной) плоскости, в отличие от интраоперационного использования системы индивидуальных направляющих устройств, созданных на основании точного планирования в трехмерном виртуальном пространстве.

Кроме всего прочего, среди пациентов проспективной группы, где выполнение периацетабулярной остеотомии осуществлялось модифицированным способом, длительность оперативного вмешательства, объём интраоперационной кровопотери, а также среднее и медианное количество койко-дней, проведенных пациентами в стационаре, было достоверно ниже в сравнении с ретроспективной группой исследования.

Стоит отметить, что это первое исследование, в котором представлены результаты выполнения периацетабулярной остеотомии, модифицированной применением аддитивных технологий у взрослых пациентов. У пациентов получены отличные рентгенологические результаты. При этом, среди участников интервенционной группы исследования процент осложнений был ниже, в отличие от пациентов, которым периацетабулярная остеотомия выполнялась классической техникой. Это обусловило больший уровень удовлетворенности пациентов результатами оперативного лечения.

Таким образом, модифицированная хирургическая техника периацетабулярной остеотомии путем применения аддитивных технологий при лечении дисплазии тазобедренного сустава у взрослых обладает преимуществами перед стандартным способом выполнения данного оперативного вмешательства.

Высокая точность при выполнении периацетабулярной остеотомии модифицированным методом, путем применения аддитивных технологий, достигается за счёт абсолютной конгруэнтности индивидуальных направляющих устройств костной анатомии пациента, что минимизирует шансы на смещение

положения данных устройств при осуществлении остеотомий костей таза и позиционирования вертлужной впадины.

Помимо повышения точности проведения периацетабулярной остеотомии применение системы индивидуальных направляющих устройств позволяет сократить длительность оперативного вмешательства. Данная модификация техники ПАО принципиально меняет интраоперационный алгоритм работы, позволяя пространственное ориентирование плоскостей остеотомий и вертлужной впадины, которое ранее осуществлялось исключительно во время операции, четко определить и зафиксировать на этапе предоперационного 3D-моделирования в точном соответствии с планом хирурга. Это позволяет снизить необходимость интраоперационного абстрактного мысленного представления хирургом соответствия положения вертлужной впадины требуемому её положению, которое является субъективным и сопряжено с высоким риском ошибки. Оперирующий хирург в случае модифицированной техники периацетабулярной остеотомии получает точные тактильно-визуальные ориентиры в виде поверхностей и граней направляющих устройств, которые физически позволяют задать направление хода инструментов или направление смещения костных фрагментов. Это снижает влияние человеческого фактора, значимо упрощая и ускоряя проведение периацетабулярной остеотомии.

Длительность оперативного вмешательства сокращается ещё и по той причине, что нет необходимости в многоэтапных действиях, которые заключаются в подводе и позиционированию рентгенологического оборудования на оперируемой области, выведению необходимой рентгенологической проекции, анализе контрольных снимков и отведению рентгенологического оборудования. Сокращение этапов рентгенологического контроля также позволяет значительно сократить лучевую нагрузку как на пациента, так и на медицинский персонал, а также сокращает количество задействованного медицинского персонала во время проведения операции (поскольку необходимость в постоянном присутствии

рентген-техника в операционной также снижается), что также влияет на процент инфекционных осложнений.

Кроме того, сокращение времени выполнения периацетабулярной остеотомии модифицированным способом не приводит к дополнительной травматизации при осуществлении доступа и репозиции, в отличие от классической методики, где отмечалось, что сокращение длительности операции ассоциировалось с большей частотой неврологических нарушений и большей частотой переломов костей таза. Факт меньшей травматичности модифицированной техники периацетабулярной остеотомии в сравнении с классическим способом проведения данного оперативного вмешательства также подтверждает снижение показателя интраоперационной кровопотери.

Важным практическим аспектом внедрения методики явился организационно-экономический эффект от её применения. Так, несмотря на то что этап предоперационного планирования и изготовления системы индивидуальных направляющих устройств формально добавляет к процессу подготовки пациента дополнительное время, проведенное исследование демонстрирует крайне положительный результат: общее время пребывания пациента в стационаре достоверно сократилось. Предположительно, этот эффект достигнут благодаря меньшей травматичности выполнения периацетабулярной остеотомии модифицированным способом, что снизило количество осложнений, которые являются основной причиной затяжного послеоперационного периода, а также снизило выраженность системной воспалительной реакции и стресс-ответа организма на столь объёмное оперативное вмешательство, что также создало предпосылки для более быстрого восстановления пациентов в послеоперационном периоде.

Несмотря на обнадеживающие краткосрочные результаты, для окончательной оценки эффективности модифицированной методики выполнения периацетабулярной остеотомии необходим более длительный период наблюдения за пациентами проспективной группы, сопоставимый с периодом наблюдения

пациентов ретроспективной группы, с целью проведения достоверного сравнительного анализа отдаленных функциональных результатов и выживаемости тазобедренного сустава.

Выделяя перспективные пути для дальнейшего развития модифицированной техники выполнения периацетабулярной остеотомии и развития аддитивных технологий в реконструктивной ортопедической хирургии, стоит отметить возможность разработки комбинации модифицированной методики ПАО с интраоперационной компьютерной навигацией, а также следует рассмотреть возможность применения системы индивидуальных направляющих устройств, подобной предложенной в данном исследовании, для коррекции посттравматических деформаций таза у взрослых пациентов.

Полученные результаты убедительно доказывают, что модифицированная хирургическая техника периацетабулярной остеотомии путем применения аддитивных технологий при лечении дисплазии тазобедренного сустава у взрослых является высокоэффективным, безопасным и воспроизводимым методом, позволяющим значительно улучшить ближайшие результаты лечения за счёт повышения точности коррекции положения вертлужной впадины, снижения частоты интра- и послеоперационных осложнений, а также позволяя достигать более предсказуемых результатов выполнения периацетабулярной остеотомии. Внедрение разработанной модификации хирургической техники периацетабулярной остеотомии путем применения аддитивных технологий при лечении дисплазии тазобедренного сустава у взрослых является целесообразным и имеет все необходимые преимущества для широкого внедрения в рутинную клиническую практику в специализированных травматолого-ортопедических центрах РФ.

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа данных литературы и исходов выполненных периацетабулярных остеотомий, выявлено, что наиболее частыми осложнениями, являются нейропатия латерального кожного нерва бедра, ошибки позиционирования вертлужной впадины и переломы костей таза. Однако, на выживаемость тазобедренного сустава после ПАО оказывает влияние правильность позиционирования вертлужной впадины, проявляющаяся в избыточной или недостаточной коррекции. Наличие признаков избыточного покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной увеличивает относительный риск тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в 2,67 раза (95% ДИ: 1,41-5,08), а признаки недостаточной коррекции положения вертлужной впадины увеличивали относительный риск конверсии в эндопротезирование в 4,40 раза (95% ДИ: 1,42-13,70).

2. Предложенный алгоритм предоперационного планирования, позволяет последовательно отработать этапы выполнения периацетабулярной остеотомии в условиях виртуальной реальности: ориентировать плоскости остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей таза, а также планировать пространственное положение вертлужной впадины с использованием компьютерной трёхмерной модели таза пациента.

3. Хирургическое вмешательство, основанное на применении системы индивидуальных направляющих устройств, которые создаются методом послойной 3D-печати, позволило повысить точность позиционирования вертлужной впадины во время выполнения операции в соответствии с запланированными показателями: отмечено снижение частоты ошибок позиционирования вертлужной впадины на 65,91%, $p < 0,001$.

4. Модификация техники периацетабулярной остеотомии с применением индивидуальных направляющих устройств позволила получить тактильно-визуальную информацию о степени соответствия проводимых манипуляций

предоперационному плану на принципиальных этапах выполнения последовательных остеотомий костей таза и позиционирования вертлужной впадины без применения рентгенологического оборудования.

5. Выполнение периацетабулярной остеотомии по предложенной технике позволило добиться снижения количества периоперационных осложнений на 43,06% ($p=0,011$), сокращения длительности оперативного вмешательства в 2,08 раза ($p<0,001$), уменьшения объёма интраоперационной кровопотери в 1,44 раза ($p=0,003$) и сокращения продолжительности стационарного лечения в 1,67 раза ($p<0,001$) в сравнении с классической техникой операции.

6. Разработанный и апробированный комплексный подход к предоперационному планированию и технике периацетабулярной остеотомии у взрослых пациентов молодого возраста улучшил краткосрочные результаты выполнения оперативного вмешательства у таких пациентов, позволив снизить частоту гиперкоррекции положения вертлужной впадины на 69,64%, а частоту недостаточной коррекции на 13,5%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При отборе пациентов для выполнения ПАО следует учитывать индекс сферичности головки бедренной кости и степень дисплазии тазобедренного сустава по классификациям Hartofilakidis и Crowe. Выполнение данного оперативного вмешательства у пациентов с индексом сферичности головки бедренной кости менее 41% и степенью дисплазии II-III по Crowe и B-C по Hartofilakidis нецелесообразно в связи с высоким риском конверсии в эндопротезирование у таких пациентов.

2. При выборе хирургической техники выполнения ПАО рекомендуется отдавать большее предпочтение модифицированному способу с применением системы индивидуальных направляющих устройств, разрабатываемых и изготавливаемых с применением аддитивных технологий 3D-печати, нежели классической технике операции.

3. Выполнение компьютерной томографии костей таза рекомендуется на амбулаторном этапе до проведения оперативного вмешательства, но не более, чем за 6 месяцев до проведения ПАО.

4. При планировании периацетабулярной остеотомии для создания качественной 3D-модели таза пациента рекомендовано выполнять КТ костей таза с толщиной среза не более 1 мм. При моделировании виртуальной копии таза пациента на основании КТ с толщиной среза более 1 мм не представляется возможным корректное проведение этапа сегментации, что приводит к грубым дефектам в создаваемой модели таза.

5. Толщина проектируемых индивидуальных устройств (шаблона для выполнения остеотомий лонной, седалищной и подвздошной костей таза, а также устройства для выполнения позиционирования ацетабулярного фрагмента вертлужной впадины) не должна быть менее 3 мм, поскольку меньшая толщина данных устройств приводит к их деформации и изгибанию при использовании во время ПАО.

6. Индивидуальные направляющие устройства следует изготавливать из полимолочной кислоты (полилактида), поскольку данный материал безопасен для человеческого организма, отвечает требуемым прочностным характеристикам.

7. Временную фиксацию устройства для позиционирования ацетабулярного фрагмента во время проведения ПАО следует осуществлять 2-3 кортикальными винтами, поскольку это позволяет избежать микроподвижности, которая может привести к некорректному позиционированию вертлужной впадины.

8. Выполнение инфраацетабулярной остеотомии седалищной кости рекомендуется с использованием рентгенологического оборудования, либо с применением остеотома, имеющим ограничитель погружения в тело седалищной кости.

9. Репозиционные манёвры с ацетабулярным костным фрагментом с целью позиционирования вертлужной впадины в корректном положении следует осуществлять после тщательного мягкотканного релиза, поскольку недостаточный релиз может приводить к переломам при осуществлении указанных репозиционных манёвров.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КТ – компьютерная томография.

МРТ – магнитно-резонансная томография.

НПВП – нестероидные противовоспалительные препараты.

ОМС – обязательное медицинское страхование.

ПАО – периацетабулярная остеотомия.

ФАИ – фемороацетабулярный импинджмент.

AASA - anterior acetabular sector angle.

AB-HEER – abduction hip external rotation with extension.

AcetAV - acetabular anteversion angle.

FABER - flexion, abduction, external rotation.

FADDIR - flexion, adduction, internal rotation.

HASA - horizontal acetabular sector angle.

HEER - hip external rotation with extension.

HOS-SSS - hip outcome score – sport specific subscale.

ICRS - international cartilage repair society.

IHiPRN - international hip-related pain research network.

LCEA - lateral center edge angle.

LCP - locking compression plate.

NAHS - non-arthritic hip score.

MAHORN - multicenter arthroscopy of the hip outcomes research network.

mHHS - modified Harris Hip Score.

PASA - posterior acetabular sector angle.

PLA - polylactic acid.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Середа А. П. Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации / А. П. Середа, А. А. Кочиш, А. А. Черный [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 84–93.
2. Тихилов Р. М. Возможности рентгенографии в ранней диагностике патологии тазобедренного сустава / Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков, Д. Г. Плиев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 117–131.
3. Мурылев В. Ю. Персонифицированные импланты в реконструкции вертлужной впадины. Будущее уже наступило. Обзор литературы / В. Ю. Мурылев, П. М. Елизаров, Г. А. Куковенко [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2024. – № 3(56). – С. 82–81.
4. Гудушаури Я. Г. Применение аддитивных технологий при оперативном лечении застарелых повреждений тазового кольца с использованием оригинальных пластин / Я. Г. Гудушаури, А. Ф. Лазарев, Э. И. Солод [и др.] // Вестник хирургии имени И. И. Грекова. – 2022. – Т. 181, № 6. – С. 70–78.
5. Корыткин А. А. Индивидуальные трехфланцевые вертлужные компоненты при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины: планирование, хирургическая техника, результаты / А. А. Корыткин, Я. С. Новикова, Е. А. Морозова [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 20–30.
6. Яриков А. В. Применение лазерных аддитивных технологий 3D-печати в нейрохирургии, вертеб্রологии, травматологии и ортопедии / А. В. Яриков [и др.] // Здравоохранение Югры: опыт и инновации. – 2022. – № 3 (32). – С. 20–35.

7. Пронских А. А. Предоперационное планирование эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием объемной визуализации у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины / А. А. Пронских, С. В. Романова, Т. З. Мамуладзе [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 3. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31728>.
8. Bayliss L.E. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study / L.E. Bayliss, D. Culliford, A.P. Monk [et al.] // The Lancet. – 2017. – Vol. 389, № 10077. – P. 1424-1430.
9. Swarup I. Implant survival and patient-reported outcomes after total hip arthroplasty in young patients / I. Swarup, Y.Y. Lee, Y.F. Chiu [et al.] // The Journal of Arthroplasty. – 2018. – Vol. 33, № 9. – P. 2893-2898.
10. Ganz R. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept / R. Ganz, M. Leunig, K. Leunig-Ganz [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2008. – Vol. 466, № 2. – P. 264-272.
11. Tomé I. Mechanical osteoarthritis of the hip in a one medicine concept: a narrative review / I. Tomé, S. Alves-Pimenta, R. Sargo [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2023. – Vol. 19, № 1. – P. 222.
12. Cho Y.J. Patterns of labral tears and cartilage injury are different in femoroacetabular impingement and dysplasia / Y.J. Cho, K.H. Rhyu, Y.S. Chun [et al.] // Journal of Hip Preservation Surgery. – 2022. – Vol. 9, № 3. – P. 151-157.
13. Reijman M. Acetabular dysplasia predicts incident osteoarthritis of the hip: the Rotterdam study / M. Reijman, J.M.W. Hazes, H.A.P. Pols [et al.] // Arthritis & Rheumatism. – 2005. – Vol. 52, № 3. – P. 787-793.
14. Kowalczyk M. Does femoroacetabular impingement contribute to the development of hip osteoarthritis? A systematic review / M. Kowalczyk, M. Yeung, N. Simunovic [et al.] // Sports Medicine and Arthroscopy Review. – 2015. – Vol. 23, № 4. – P. 174-179.

15. Siebenrock K.A. Anterior femoro-acetabular impingement due to acetabular retroversion / K.A. Siebenrock, R. Schoeniger, R. Ganz // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2003. – Vol. 85. – P. 278-286.
16. Zilkens C. Three-dimensional delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of hip joint cartilage at 3 T: a prospective controlled study / C. Zilkens, F. Miese, Y.J. Kim [et al.] // *European Journal of Radiology*. – 2012. – Vol. 81, № 11. – P. 3420-3425.
17. Bardakos N.V. Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: a radiological study with a minimum of ten years follow-up / N.V. Bardakos, R.N. Villar // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2009. – Vol. 91. – P. 162-169.
18. Beck M. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip / M. Beck, M. Kalhor, M. Leunig [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2005. – Vol. 87, № 7. – P. 1012-1018.
19. Clohisy J.C. AOA symposium. AOA symposium: hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment / J.C. Clohisy, P.E. Beaulé, A. O'Malley, M.R. Safran [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2008. – Vol. 90, № 10. – P. 2267-2281.
20. Pun S. Hip dysplasia in the young adult caused by residual childhood and adolescent-onset dysplasia / S. Pun // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2016. – Vol. 9, № 4. – P. 427-434.
21. Kumar J.N. Medium-term outcome of total hip replacement for dysplastic hips in Singapore / J.N. Kumar, J.S. Kumar, V.T. Wang [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery*. – 2010. – Vol. 18, № 3. – P. 296-302.
22. Jauregui J.J. Prevalence of femoro-acetabular impingement in non-arthritic patients with hip pain: a meta-analysis / J.J. Jauregui, H.I. Salmons, S.J. Meredith [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2020. – Vol. 44, № 12. – P. 2559-2566.

23. Perreira A.C. Multilevel measurement of acetabular version using 3-D CT-generated models: implications for hip preservation surgery / A.C. Perreira, J.C. Hunter, T. Laird [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2011. – Vol. 469, № 2. – P. 552-561.
24. Wassilew G.I. High prevalence of acetabular retroversion in asymptomatic adults: a 3D CT-based study / G.I. Wassilew, M.O. Heller, V. Janz [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. – 2017. – Vol. 99, № 12. – P. 1584-1589.
25. Hartofilakidis G. Congenital hip disease in adults. Classification of acetabular deficiencies and operative treatment with acetabuloplasty combined with total hip arthroplasty / G. Hartofilakidis, K. Stamos, T. Karachalios [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 1996. – Vol. 78, № 5. – P. 683-692.
26. Crowe J.F. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip / J.F. Crowe, V.J. Mani, C.S. Ranawat // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 1979. – Vol. 61, № 1. – P. 15-23.
27. Sangal R.B. Femoroacetabular impingement: a review of current concepts / R.B. Sangal, G.R. Waryasz, J.R. Schiller // *Rhode Island Medical Journal*. – 2014. – Vol. 97, № 11. – P. 33.
28. Wong S.E. Physical examination of the hip: assessment of femoroacetabular impingement, labral pathology, and microinstability / S.E. Wong, C.J. Cogan, A.L. Zhang // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2022. – Vol. 15, № 2. – P. 38-52.
29. Tijssen M. Diagnostics of femoroacetabular impingement and labral pathology of the hip: a systematic review of the accuracy and validity of physical tests / M. Tijssen, R. Van Cingel, L. Willemsen [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2012. – Vol. 28, № 6. – P. 860-871.
30. McCarthy J. The role of hip arthroscopy in the diagnosis and treatment of hip disease / J. McCarthy, B. Busconi // *Orthopedics*. – 1995. – Vol. 18, № 8. – P. 753-756.

31. Hoppe D.J. Diagnostic accuracy of 3 physical examination tests in the assessment of hip microinstability / D.J. Hoppe, J.N. Truntzer, L.M. Shapiro, G.D [et al.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2017. – Vol. 5, № 11. – URL: journals.sagepub.com/doi/10.1177/2325967117740121 (дата обращения: 25.09.2025).
32. Reiman M.P. Diagnostic accuracy of clinical tests for the diagnosis of hip femoroacetabular impingement/labral tear: a systematic review with meta-analysis / M.P. Reiman, A.P. Goode, C.E. Cook [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2015. – Vol. 49, № 12. – P. 811.
33. Reiman M.P. Consensus recommendations on the classification, definition and diagnostic criteria of hip-related pain in young and middle-aged active adults from the International Hip-related Pain Research Network, Zurich 2018 / M.P. Reiman, R. Agricola, J.L. Kemp [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2020. – Vol. 54, № 11. – P. 631-641.
34. Yasunaga Y. The state of the articular cartilage at the time of surgery as an indication for rotational acetabular osteotomy / Y. Yasunaga, Y. Ikuta, T. Kanazawa [et al.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume. – 2001. – Vol. 83, № 7. – P. 1001-1004.
35. Okano K. Joint congruency as an indication for rotational acetabular osteotomy / K. Okano, H. Enomoto, M. Osaki [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2009. – Vol. 467, № 4. – P. 894-900.
36. Fredensborg N. The Spherical Index: A Measure of the Roundness of the Femoral Head / N. Fredensborg // Acta Radiologica. Diagnosis. – 1977. – Vol. 18, № 6. – P. 685-688.
37. Welton K.L. The anteroposterior pelvic radiograph: acetabular and femoral measurements and relation to hip pathologies / K.L. Welton, M.K. Jesse, M.J. Kraeutler [et al.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2018. – Vol. 100, № 1. – P. 76-85.

38. Clohisy J.C. A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip / J.C. Clohisy, J.C. Carlisle, P.E. Beaulé [et al.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2008. – Vol. 90, № Supplement 4. – P. 47-66.
39. Hanson J.A. Discrepancies in measuring acetabular coverage: revisiting the anterior and lateral center edge angles / J.A. Hanson, A.L. Kapron, K.M. Swenson [et al.] // Journal of Hip Preservation Surgery. – 2015. – Vol. 2, № 3. – P. 280-286.
40. Imai H. Anterior coverage after eccentric rotational acetabular osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip / H. Imai, T. Kamada, J. Takeba [et al.] // Journal of Orthopaedic Science. – 2014. – Vol. 19, № 5. – P. 762-769.
41. Tannast M. What are the radiographic reference values for acetabular under-and overcoverage? / M. Tannast, M.S. Hanke, G. Zheng [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2015. – Vol. 473, № 4. – P. 1234-1246.
42. Lerch T.D. Diagnosis of acetabular retroversion: three signs positive and increased retroversion index have higher specificity and higher diagnostic accuracy compared to isolated positive cross over sign / T.D. Lerch, M.K. Meier, A. Boschung [et al.] // European Journal of Radiology Open. – 2022. – Vol. 9. – URL: [ejroopen.com/article/S2352-0477\(22\)00014-4/fulltext](https://ejroopen.com/article/S2352-0477(22)00014-4/fulltext) (дата обращения: 25.09.2025).
43. Tannast M. Which radiographic hip parameters do not have to be corrected for pelvic rotation and tilt? / M. Tannast, S. Fritsch, G. Zheng [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2015. – Vol. 473, № 4. – P. 1255-1266.
44. van Klij P. Classifying cam morphology by the alpha angle: a systematic review on threshold values / P. van Klij, M.P. Reiman, J.H. Waarsing // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2020. – Vol. 8, № 8. – URL: journals.sagepub.com/doi/10.1177/2325967120938312?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed.
45. Direito-Santos B. Acetabular retroversion: Diagnosis and treatment / B. Direito Santos, G. França [et al.] // EFORT Open Reviews. – 2018. – Vol. 3, № 11. – P. 595-603.

46. Ito H. Three-dimensional computed tomography analysis of non-osteoarthritic adult acetabular dysplasia / H. Ito, T. Matsuno, T. Hirayama [et al.] // *Skeletal Radiology*. – 2009. – Vol. 38, № 2. – P. 131-139.
47. Nerys-Figueroa J. The Measurement of the Lateral Center-Edge Angle Is Underestimated on Radiographs Compared With 3-Dimensional Computed Tomography / J. Nerys-Figueroa // *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. – 2025. – Vol. 7, № 1. – URL: [arthroscopysportsmedicineandrehabilitation.org/article/S2666-061X\(24\)00142-1/fulltext](https://arthroscopysportsmedicineandrehabilitation.org/article/S2666-061X(24)00142-1/fulltext).
48. Shakoor D. Lesions of ligamentum teres: diagnostic performance of MRI and MR arthrography—a systematic review and meta-analysis / D. Shakoor, S.J. Farahani, N. Hafezi-Nejad [et al.] // *American Journal of Roentgenology*. – 2018. – Vol. 211, № 1. – P. 52-63.
49. Menge T.J. Femoroacetabular impingement: a common cause of hip pain / T.J. Menge, N.W. Truex // *The Physician and Sportsmedicine*. – 2018. – Vol. 46, № 2. – P. 139-144.
50. Wenger D.E. Acetabular labral tears rarely occur in the absence of bony abnormalities / D.E. Wenger, K.R. Kendall, M.R. Miner [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2004. – Vol. 426. – P. 145-150.
51. Peelle M.W. Acetabular and femoral radiographic abnormalities associated with labral tears / M.W. Peelle, G.J. Della Rocca, W.J. Maloney [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2005. – Vol. 441. – P. 327-333.
52. Guevara C.J. Comprehensive morphologic evaluation of the hip in patients with symptomatic labral tear / C.J. Guevara, R. Pietrobon, J.T. Carothers [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2006. – Vol. 453. – P. 277-285.
53. Lund B. Cartilage status in FAI patients - results from the Danish Hip Arthroscopy Registry (DHAR) / B. Lund, T.G. Nielsen, M. Lind // *SICOT-J*. – 2017. – Vol. 3. – P. 44.
54. Siebenrock K.A. Experimentally induced cam impingement in the sheep hip / K.A. Siebenrock, R. Fiechter, M. Tannast, T.C. Mamisch, B. von Rechenberg // *Journal of Orthopaedic Research*. – 2013. – Vol. 31, № 4. – P. 580-587.

55. Hartig-Andreasen C. The role of the acetabular labrum in hip dysplasia. A literature overview / C. Hartig-Andreasen, K. Søballe, A. Troelsen // *Acta Orthopaedica*. – 2013. – Vol. 84, № 1. – P. 60-64.
56. Savoye-Laurens T. Labral tears in hip dysplasia and femoroacetabular impingement: A systematic review / T. Savoye-Laurens, N. Verdier, M. Wettstein, E. Baulot, J.E. Gédouin, P. Martz // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2023. – Vol. 109, № 4. – URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056822004121](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056822004121).
57. James S. MR imaging findings of acetabular dysplasia in adults / S. James, M. Miocevic, F. Malara, J. Pike, D. Young, D. Connell // *Skeletal Radiology*. – 2006. – Vol. 35, № 6. – P. 378-384.
58. Domb B.G. Iliopsoas impingement: a newly identified cause of labral pathology in the hip / B.G. Domb, M.K. Shindle, B. McArthur // *HSS Journal*. – 2011. – Vol. 7, № 2. – P. 145-150.
59. Fujii M. Preoperative Rather Than Postoperative Intra-Articular Cartilage Degeneration Affects Long-Term Survivorship of Periacetabular Osteotomy / M. Fujii, Y. Nakashima, K. Kitamura, G. Motomura, S. Hamai, S. Ikemura, Y. Noguchi // *Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 37, № 7. – P. 2112-2122.
60. Cunningham T. Delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage to predict early failure of Bernese periacetabular osteotomy for hip dysplasia / T. Cunningham, R. Jessel, D. Zurakowski, M.B. Millis, Y.J. Kim // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2006. – Vol. 88, № 7. – P. 1540-1548.
61. Mills E.S. Current and Future Advanced Imaging Modalities for the Diagnosis of Early Osteoarthritis of the Hip / E.S. Mills, J.A. Becerra, K. Yensen, I.K. Bolia, E.C. Shontz, K.J. Kebaish, A. Dobitsch, L.K. Hasan, A. Haratian, C.D. Ong, J. Gross, F.A. Petrigliano, A.E. Weber // *Orthopedic Research and Reviews*. – 2022. – Vol. 14. – P. 327-338.

62. Ruckli A.C. Automated quantification of cartilage quality for hip treatment decision support / A.C. Ruckli, F. Schmaranzer, M.K. Meier // *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. – 2022. – Vol. 17. – P. 2011-2021.
63. Yazbek P.M. Nonsurgical treatment of acetabular labrum tears: a case series / P.M. Yazbek, V. Ovanessian, R.L. Martin [et al.] // *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 2011. – Vol. 41, № 5. – P. 346-353.
64. Bruno da Costa B.R. Effectiveness and safety of non-steroidal anti-inflammatory drugs and opioid treatment for knee and hip osteoarthritis: network meta-analysis / B.R. Bruno da Costa, T.V. Pereira, P. Saadat [et al.] // *BMJ*. – 2021. – Vol. 375. – P. 2321.
65. Jacobsen J.S. Muscle-tendon-related pain in 100 patients with hip dysplasia: prevalence and associations with self-reported hip disability and muscle strength / J.S. Jacobsen, P. Hölmich, K. Thorborg [et al.] // *Journal of Hip Preservation Surgery*. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 39-46.
66. Kemp J.L. Physiotherapist-led treatment for young to middle-aged active adults with hip-related pain: consensus recommendations from the International Hip-related Pain Research Network, Zurich 2018 / J.L. Kemp, M.A. Risberg, A. Mosler [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 54, № 9. – P. 504-511.
67. Wall P.D. Personalised Hip Therapy: development of a non-operative protocol to treat femoroacetabular impingement syndrome in the FASHIoN randomised controlled trial / P.D. Wall, E.J. Dickenson, D. Robinson [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 50, № 19. – P. 1217-1223.
68. Terrell S. Exploring nonoperative exercise interventions for individuals with femoroacetabular impingement / S. Terrell, J. Lynch // *ACSM's Health & Fitness Journal*. – 2019. – Vol. 23, № 1. – P. 22-30.
69. Pennock A.T. Nonoperative management of femoroacetabular impingement: a prospective study / A.T. Pennock, J. Bomar, K. Johnson [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 14. – P. 3415-3422.

70. Hoit G. Physiotherapy as an initial treatment option for femoroacetabular impingement: a systematic review of the literature and meta-analysis of 5 randomized controlled trials / G. Hoit, D. Whelan, T. Dwyer [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 48, № 8. – P. 2042-2050.
71. Emara K. Conservative treatment for mild femoroacetabular impingement / K. Emara, W. Samir, H. Motasem el [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery*. – 2011. – Vol. 19, № 2. – P. 176-179.
72. Anzillotti G. Conservative vs. Surgical Management for Femoro-Acetabular Impingement: A Systematic Review of Clinical Evidence / G. Anzillotti, A. Iacomella, M. Grancagnolo [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2022. – Vol. 11, № 19. – P. 5852.
73. Gatz M. Arthroscopic surgery versus physiotherapy for femoroacetabular impingement: a meta-analysis study / M. Gatz, A. Driessen, J. Eschweiler [et al.] // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2020. – Vol. 30, № 7. – P. 1151-1162.
74. Wyles C.C. The John Charnley Award: Redefining the Natural History of Osteoarthritis in Patient With Hip Dysplasia and Impingement / C.C. Wyles, M.J. Heidenreich, J. Jeng [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2017. – Vol. 475, № 2. – P. 336-350.
75. Byrd J.W. Arthroscopic management of femoroacetabular impingement in athletes / J.W. Byrd, K.S. Jones // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 39, № Suppl. – P. 7-13.
76. Maldonado D.R. Arthroscopic capsular plication in patients with labral tears and borderline dysplasia of the hip: analysis of risk factors for failure / D.R. Maldonado, I. Perets, B.H. Mu [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 14. – P. 3446-3453.

77. Domb B.G. Hip arthroscopic surgery with labral preservation and capsular plication in patients with borderline hip dysplasia: minimum 5-year patient-reported outcomes / B.G. Domb, E.O. Chaharbakhshi, I. Perets [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 2. – P. 305-313.
78. Hatakeyama A. Predictors of poor clinical outcome after arthroscopic labral preservation, capsular plication, and cam osteoplasty in the setting of borderline hip dysplasia / A. Hatakeyama, H. Utsunomiya, S. Nishikino [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 135-143.
79. Clohisy J.C. Incidence and characteristics of femoral deformities in the dysplastic hip / J.C. Clohisy, R.M. Nunley, J.C. Carlisle [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2009. – Vol. 467, № 1. – P. 128-134.
80. Steppacher S.D. Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage / S.D. Steppacher, M. Tannast, S. Werlen [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2008. – Vol. 466, № 4. – P. 782-790.
81. Ganz R. Algorithm for femoral and periacetabular osteotomies in complex hip deformities / R. Ganz, K. Horowitz, M. Leunig // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2010. – Vol. 468, № 12. – P. 3168-3180.
82. Rocak K. Accuracy of proximal femur correction achieved with LCP paediatric hip plates / K. Rocak, J. Poul, K. Urbasek // *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*. – 2013. – Vol. 80, № 4. – P. 273-277.
83. Paley D. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies / D. Paley, J.E. Herzenberg, K. Tetsworth [et al.] // *The Orthopedic Clinics of North America*. – 1994. – Vol. 25, № 3. – P. 425-465.
84. Ganz R. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis / R. Ganz, T.J. Gill, E. Gautier [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2001. – Vol. 83, № 8. – P. 1119-1124.

85. Nötzli H.P. Perfusion of the femoral head during surgical dislocation of the hip. Monitoring by laser Doppler flowmetry / H.P. Nötzli, K.A. Siebenrock, A. Hempfing [et al.] // The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume. – 2002. – Vol. 84, № 2. – P. 300-304.
86. Halawi M.J. Surgical hip dislocation through a modified direct lateral approach: real-time perfusion monitoring / M.J. Halawi, D.P. Brigati, P.J. Brooks // Arthroplasty Today. – 2019. – Vol. 5, № 3. – P. 316-319.
87. Ahmad S.S. Surgical hip dislocation is more powerful than arthroscopy for achieving high degrees of acetabular correction in pincer type impingement / S.S. Ahmad, M. Heilgemeir, H. Anwande [et al.] // Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research. – 2019. – Vol. 105, № 7. – P. 1339-1344.
88. Zhang D. Hip arthroscopy versus open surgical dislocation for femoroacetabular impingement: A systematic review and meta-analysis / D. Zhang, L. Chen, G. Wang // Medicine. – 2016. – Vol. 95, № 41. – P. 5122.
89. Zingg P.O. Surgical hip dislocation versus hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: clinical and morphological short-term results / P.O. Zingg, E.J. Ulbrich, T.C. Buehler, F. Kalberer [et al.] // Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. – 2013. – Vol. 133, № 1. – P. 69-79.
90. Salter R.B. The first fifteen year's personal experience with innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip / R.B. Salter, J.P. Dubos // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1974. – Vol. 98. – P. 72-103.
91. Thomas S.R. Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip / S.R. Thomas, J.H. Wedge, R.B. Salter // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2007. – Vol. 89, № 11. – P. 2341-2350.
92. Böhm P. Salter innominate osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip in children: results of seventy-three consecutive osteotomies after twenty-six to thirty-five years of follow-up / P. Böhm, A. Brzuske // The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. – 2002. – Vol. 84, № 2. – P. 178-186.

93. Dora C. Retroversion of the acetabular dome after Salter and triple pelvic osteotomy for congenital dislocation of the hip / C. Dora, E. Mascard, K. Mladenov [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopaedics. B.* – 2002. – Vol. 11, № 1. – P. 34-40.
94. Bøhm P. Salter's innominate osteotomy for hip dysplasia in adolescents and young adults: results in 58 patients (69 osteotomies) at 4-12 years / P. Bøhm, G. Weber // *Acta Orthopaedica Scandinavica.* – 2003. – Vol. 74, № 3. – P. 277-286.
95. Pemberton P.A. Pericapsular osteotomy of the ilium for treatment of congenital subluxation and dislocation of the hip / P.A. Pemberton // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* – 1965. – Vol. 47. – P. 65-86.
96. Wu K.W. Analysis of osteonecrosis following Pemberton acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip: long-term results / K.W. Wu, T.M. Wang, S.C. Huang [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* – 2010. – Vol. 92, № 11. – P. 2083-2094.
97. Aydin A. The results of Pemberton's pericapsular osteotomy in patients with developmental hip dysplasia / A. Aydin, F. Kalali, V. Yildiz [et al.] // *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica.* – 2012. – Vol. 46, № 1. – P. 35-41.
98. Czubak J. Dega pelvic osteotomy: indications, results and complications / J. Czubak, K. Kowalik, A. Kawalec [et al.] // *Journal of Children's Orthopaedics.* – 2018. – Vol. 12, № 4. – P. 342-348.
99. Karlen J.W. The Dega osteotomy: a versatile osteotomy in the treatment of developmental and neuromuscular hip pathology / J.W. Karlen, D.L. Skaggs, M. Ramachandran [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopaedics.* – 2009. – Vol. 29, № 7. – P. 676-682.
100. Ming-Hua D. The high osteotomy cut of Dega procedure for developmental dysplasia of the hip in children under 6 years of age / D. Ming-Hua, X. Rui-Jiang, L. Wen-Chao // *Der Orthopade.* – 2016. – Vol. 45, № 12. – P. 1050-1057.

101. Mubarak S.J. One-stage correction of the spastic dislocated hip. Use of pericapsular acetabuloplasty to improve coverage / S.J. Mubarak, F.G. Valencia, D.R. Wenger // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 1992. – Vol. 74, № 9. – P. 1347-1357.
102. Badrinath R. Comparing the Pemberton osteotomy and modified San Diego acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip / R. Badrinath, J.D. Bomar, D.R. Wenger [et al.] // *Journal of Children's Orthopaedics*. – 2019. – Vol. 13, № 2. – P. 172-179.
103. Chiari K. Results of pelvic osteotomy as of the shelf method acetabular roof plastic / K. Chiari // *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*. – 1955. – Vol. 87. – P. 14-26.
104. Ito H. The Chiari pelvic osteotomy for patients with dysplastic hips and poor joint congruency: long-term follow-up / H. Ito, H. Tanino, Y. Yamanaka [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2011. – Vol. 93, № 6. – P. 726-731.
105. Kotz R. Long-term experience with Chiari's osteotomy / R. Kotz, C. Chiari, J.G. Hofstaetter [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2009. – Vol. 467, № 9. – P. 2215-2220.
106. Windhager R. Chiari osteotomy for congenital dislocation and subluxation of the hip. Results after 20 to 34 years follow-up / R. Windhager, N. Pongracz, W. Schönecker // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 1991. – Vol. 73. – P. 890-895.
107. Lack W. Chiari pelvic osteotomy for osteoarthritis secondary to hip dysplasia. Indications and long-term results / W. Lack, R. Windhager, H.P. Kutschera // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 1991. – Vol. 73. – P. 229-234.
108. Steel H.H. Triple osteotomy of the innominate bone. A procedure to accomplish coverage of the dislocated or subluxated femoral head in the older patient / H.H. Steel // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1977. – Vol. 122. – P. 116-127.

109. Tönnis D. A modified technique of the triple pelvic osteotomy: early results / D. Tönnis, K. Behrens, F. Tscharrani // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – 1981. – Vol. 1, № 3. – P. 241-249.
110. Janssen D. Triple pelvic osteotomy as treatment for osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip / D. Janssen, K. Kalchschmidt, B.D. Katthagen // *International Orthopaedics*. – 2009. – Vol. 33, № 6. – P. 1555-1559.
111. Mei-Dan O. The Birmingham Interlocking Pelvic Osteotomy for acetabular dysplasia: 13- to 21-year survival outcomes / O. Mei-Dan, D. Jewell, T. Garabekyan [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. – 2017. – Vol. 99-B, № 6. – P. 724-731.
112. van Stralen R.A. Can a triple pelvic osteotomy for adult symptomatic hip dysplasia provide relief of symptoms for 25 years? / R.A. van Stralen, G.G. van Hellemond, N.N. Ramrattan [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2013. – Vol. 471, № 2. – P. 584-590.
113. Hailer N.P. Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: age at operation and the incidence of nonunions and other complications influence outcome / N.P. Hailer, L. Soykaner, H. Ackermann [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2005. – Vol. 87, № 12. – P. 1622-1626.
114. Lipton G.E. A new modified technique of triple osteotomy of the innominate bone for acetabular dysplasia / G.E. Lipton, J.R. Bowen // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2005. – Vol. 434. – P. 78-85.
115. Ganz R. A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias: Technique and preliminary results / R. Ganz, K. Klaue, T.S. Vinh [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1988. – Vol. 232. – P. 26-36.
116. Siebenrock K.A. Bernese periacetabular osteotomy / K.A. Siebenrock, E. Schöll, M. Lottenbach, R. Ganz // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1999. – Vol. 363. – P. 9-20.
117. Ahmad S.S. The Scientific Evolution of Periacetabular Osteotomy: A Global Review / S.S. Ahmad, M. Haertlé, C. Konrads [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2022. – Vol. 11, № 20. – P. 6099.

118. Tibor L.M. Periacetabular osteotomy for hip preservation / L.M. Tibor, E.L. Sink // *The Orthopedic Clinics of North America*. – 2012. – Vol. 43, № 3. – P. 343-357.
119. Clohisy J.C. Periacetabular osteotomy in the treatment of severe acetabular dysplasia. Surgical technique / J.C. Clohisy, S.E. Barrett, J.E. Gordon [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2006. – Vol. 88, № Suppl 1 Pt 1. – P. 65-83.
120. Clohisy J.C. Periacetabular osteotomy: a systematic literature review / J.C. Clohisy, A.L. Schutz, L. St. John [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2009. – Vol. 467, № 8. – P. 2041-2052.
121. Tan J.H.I. Hip survivorship following the Bernese periacetabular osteotomy for the treatment of acetabular dysplasia: A systematic review and meta-analysis / J.H.I. Tan, S.H.S. Tan, M.S. Rajoo [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2022. – Vol. 108, № 4. – P. 103283.
122. Lerch T.D. One-third of Hips After Periacetabular Osteotomy Survive 30 Years With Good Clinical Results, No Progression of Arthritis, or Conversion to THA / T.D. Lerch, S.D. Steppacher, E.F. Liechti [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2017. – Vol. 475, № 4. – P. 1154-1168.
123. Steppacher S.D. Mean 20-year followup of Bernese periacetabular osteotomy / S.D. Steppacher, M. Tannast, R. Ganz [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2008. – Vol. 466, № 7. – P. 1633-1644.
124. Matheney T. Intermediate to long-term results following the Bernese periacetabular osteotomy and predictors of clinical outcome / T. Matheney, Y.J. Kim, D. Zurakowski [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2009. – Vol. 91, № 9. – P. 2113-2123.
125. Troelsen A. Medium-term outcome of periacetabular osteotomy and predictors of conversion to total hip replacement / A. Troelsen, B. Elmengaard, K. Søballe // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2009. – Vol. 91, № 9. – P. 2169-2179.

126. Albers C.E. Impingement adversely affects 10-year survivorship after periacetabular osteotomy for DDH / C.E. Albers, S.D. Steppacher, R. Ganz [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2013. – Vol. 471, № 5. – P. 1602-1614.
127. Trumble S. The periacetabular osteotomy. Minimum 2 year follow up in more than 100 hips / S. Trumble, K. Mayo, J. Mast // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1999. – Vol. 363. – P. 54-63.
128. Peters C.L. Early results of the Bernese periacetabular osteotomy: the learning curve at an academic medical center / C.L. Peters, J.A. Erickson, J. Hines // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2006. – Vol. 88. – P. 1920-1926.
129. Zaltz I. Complications associated with the periacetabular osteotomy / I. Zaltz, G. Baca, Y.J. Kim [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2014. – Vol. 96, № 23. – P. 1967-1974.
130. Biedermann R. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy / R. Biedermann // *International Orthopaedics*. – 2008. – Vol. 32. – P. 611-617.
131. Garras D.N. Medium-term results of the Bernese periacetabular osteotomy in the treatment of symptomatic developmental dysplasia of the hip / D.N. Garras, T.T. Crowder, S.A. Olson // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2007. – Vol. 89, № 6. – P. 721-724.
132. Sierra R.J. Prevention of nerve injury after periacetabular osteotomy / R.J. Sierra, P. Beaulé, I. Zaltz [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2012. – Vol. 470, № 8. – P. 2209-2219.
133. Ramírez-Núñez L. Periacetabular osteotomy for hip dysplasia treatment through a miniinvasive technique. Our results at mid-term in 131 cases / L. Ramírez-Núñez, J. Payo-Ollero, M. Comas [et al.] // *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (English Edition)*. – 2020. – Vol. 64, № 3. – P. 151-159.
134. Khan O.H. Minimally invasive periacetabular osteotomy using a modified Smith-Petersen approach: technique and early outcomes / O.H. Khan, A. Malviya, P. Subramanian [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. – 2017. – Vol. 99-B, № 1. – P. 22-28.

135. Kralj M. The Bernese periacetabular osteotomy: clinical, radiographic and mechanical 7-15-year follow-up of 26 hips / M. Kralj, B. Mavcic, V. Antolic [et al.] // *Acta Orthopaedica*. – 2005. – Vol. 76, № 6. – P. 833-840.
136. Malviya A. The incidence of stress fracture following peri-acetabular osteotomy: an under-reported complication / A. Malviya, W. Dandachli, Z. Beech [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. – 2015. – Vol. 97-B, № 1. – P. 24-28.
137. Ali M. Complications and outcome after periacetabular osteotomy-influence of surgical approach / M. Ali, A. Malviya // *Hip International*. – 2020. – Vol. 30, № 1. – P. 4-15.
138. Novais E.N. Obesity is a major risk factor for the development of complications after peri-acetabular osteotomy / E.N. Novais, G.D. Potter, J.C. Clohisy [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. – 2015. – Vol. 97-B, № 1. – P. 29-34.
139. Novais E.N. Surgical treatment of adolescent acetabular dysplasia with a periacetabular osteotomy: does obesity increase the risk of complications? / E.N. Novais, G.D. Potter, R.J. Sierra [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – 2015. – Vol. 35, № 6. – P. 561-564.
140. Novais E.N. Do radiographic parameters of dysplasia improve to normal ranges after Bernese periacetabular osteotomy? / E.N. Novais // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2017. – Vol. 475, № 4. – P. 1120-1127.
141. Liu X. [Application of 3D printing and computer-assisted surgical simulation in preoperative planning for acetabular fracture] / X. Liu, C.J. Zeng, J.S. Lu [et al.] // *Journal of Southern Medical University*. – 2017. – Vol. 37, № 3. – P. 378-382.
142. Zhu D. The efficacy of 3D printing-assisted surgery in treating distal radius fractures: systematic review and meta-analysis / D. Zhu, Z. Zhang, J. Zhang [et al.] // *Journal of Comparative Effectiveness Research*. – 2020. – Vol. 9, № 13. – P. 919-931.
143. Yen W.W. Current Concepts and Advances of Three-Dimensional Printing in Reconstructive Musculoskeletal Oncology: A Systematic Review / W.W. Yen, N. Baksh, V. Gallo [et al.] // *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. – 2021. – Vol. 31, № 4. – P. 59-71.

144. Weber M. Customized implants for acetabular Paprosky III defects may be positioned with high accuracy in revision hip arthroplasty / M. Weber, L. Witzmann, J. Wieding [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2019. – Vol. 43, № 10. – P. 2235-2243.
145. Miao Z. The validity and accuracy of 3D-printed patient-specific instruments for high tibial osteotomy: a cadaveric study / Z. Miao, S. Li, D. Luo [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2022. – Vol. 17, № 1. – P. 62.
146. Zeng G. MRI-based 3D models of the hip joint enables radiation-free computer-assisted planning of periacetabular osteotomy for treatment of hip dysplasia using deep learning for automatic segmentation / G. Zeng, F. Schmaranzer, C. Degonda, N. Gerber [et al.] // *European Journal of Radiology Open*. – 2020. – Vol. 8. – URL: [ejropen.com/article/S2352-0477\(20\)30092-7/fulltext](https://ejropen.com/article/S2352-0477(20)30092-7/fulltext).
147. Cramér H. *Mathematical methods of statistics* / H. Cramér. – Princeton: Princeton University Press, 1946. – 575 P.
148. Rea L.M. *Designing and conducting survey research: a comprehensive guide* / L.M. Rea, R.A. Parker. – 4th Edition – San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 2014. – 352 P.
149. Adler K.L. Current Concepts in Hip Preservation Surgery: Part I / K.L. Adler, P.C. Cook, Y.M. Yen [et al.] // *Sports Health*. – 2015. – Vol. 7, № 6. – P. 518-526.
150. Kiyama T. Ischemia of the lateral femoral cutaneous nerve during periacetabular osteotomy using Smith-Petersen approach / T. Kiyama, M. Naito, K. Shiramizu [et al.] // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – 2009. – Vol. 10, № 3. – P. 123-126.
151. Homma Y. Lateral femoral cutaneous nerve injury with the direct anterior approach for total hip arthroplasty / Y. Homma, T. Baba, K. Sano [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2016. – Vol. 40, № 8. – P. 1587-1593.
152. Thanacharoenpanich S. Periacetabular osteotomy for developmental hip dysplasia with labral tears: is arthrotomy or arthroscopy required? / S. Thanacharoenpanich, M.J. Boyle, R.F. Murphy [et al.] // *Journal of Hip Preservation Surgery*. – 2018. – Vol. 5, № 1. – P. 23-33.