

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2025

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

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук **Плиев Давид Гивиевич**

Официальные оппоненты:

Волошин Виктор Парфентьевич – доктор медицинских наук профессор, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», отделение травматологии и ортопедии, ведущий научный сотрудник;

Мурылев Валерий Юрьевич – доктор медицинских наук профессор, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, профессор.

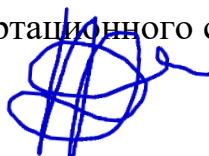
Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится «16» декабря 2025 года в ____ часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.008.02 в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России (195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, дом 8).

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

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь объединенного диссертационного совета 99.0.008.02
доктор медицинских наук



Денисов А.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 объёме 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]. Общеизвестным 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, объема 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.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Выводы и рекомендации диссертационной работы основаны на анализе 152 профильных научных публикаций и результатах собственного клинического исследования, в ходе которого были проанализированы результаты обследования и комплексного лечения 121 пациента в клинике НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. Полученные данные были проанализированы с применением адекватных статистических методов. Таким образом, результаты выполненного диссертационного исследования представляются достоверными, а сформулированные выводы – обоснованными.

Ключевые положения данной диссертационной работы доложены на научно- практических конференциях различных уровней, в том числе на VII Международном конгрессе ассоциации ревмоортопедов (Москва, 2023 г.), на V Евразийском ортопедическом форуме (Москва, 2025 г.), на ежегодной научно-практической конференции с международным участием «Вреденовские чтения» (Санкт-Петербург, 2025 г.).

По теме диссертации опубликовано 5 печатных 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 института клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

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.

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.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность проблемы дисплазии тазобедренного сустава у взрослых и необходимости совершенствования хирургических методов её лечения. Показана высокая социальная и клиническая значимость раннего развития коксартроза у больных молодого и трудоспособного возраста, обоснована необходимость сохранения собственного сустава у пациентов с симптоматической дисплазией. Аргументирован выбор периацетабулярной остеотомии (ПАО) как метода выбора при определённых состояниях и выделены её основные ограничения, связанные с технической сложностью операции, высокой зависимостью результата от квалификации хирурга и необходимостью рентгенологического контроля. Сформулированы цель и задачи исследования, предмет и объект исследования, определены научная новизна и практическая значимость работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, а также даны сведения об апробации и внедрении результатов исследования.

В первой главе приведён критический обзор отечественной и международной литературы по современным подходам органосохраняющей хирургии тазобедренного сустава у взрослых. Последовательно рассматриваются: эпидемиология дисплазии и сопутствующих дегенеративных изменений, действующие классификации дисплазии и их практическое значение, клинические проявления и тесты, применяемые при обследовании пациентов, роль рентгенографии, КТ и МРТ в предоперационной оценке (включая методики измерения углов и индексов — Wiberg, Sharp, Tönnis, AcetAV, AASA/PASA/HASA, индекс сферичности и индекс ретроверсии), критерии отбора пациентов для ПАО, имеющиеся варианты остеотомий таза и их сравнительные характеристики. Сделан акцент на растущем интересе к аддитивным (3D) технологиям в ортопедии и на недостатке клинических данных об их применении при выполнении ПАО.

Во второй главе подробно описаны материалы и методы исследования. Исследование выполнено как двунаправленное рандомизированное

контролируемое одноцентровое исследование. В совокупность были включены 121 пациент (129 тазобедренных суставов): 96 (79,34%) женщин и 25 (20,66%) мужчин, оперированных в период с 2007 по 2025 гг. на базе ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена». Максимальный период наблюдения — 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, была представлена двумя группами: ретроспективная (контрольная) группа включала 82 пациента (89 суставов), оперированных по классической технике ПАО в период 2007–2023 гг.; проспективная (интервенционная) группа включала 39 пациентов (операции 2022–2025 гг.), у которых применялась модифицированная техника с индивидуальными 3D-направителями (10 мужчин, 29 женщин). Все группы были сопоставимы по половозрастному составу.

В разделе описывается, что в ходе клинического обследования изучали жалобы пациентов, устанавливали обстоятельства возникновения болевого синдрома, его связь с физической нагрузкой, а также оценивали 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) и длительность стационарного лечения.

Производилась оценка данных, полученных при проведении инструментальной диагностики на до- и послеоперационном этапе. По данным обзорной рентгенографии таза оценивались такие показатели, как: угол Wiberg, угол Tönnis, угол Sharp, индекс экструзии головки бедренной кости, индекс ретроверсии вертлужной впадины, индекс сферичности головки бедренной кости. По данным КТ-исследования были получены значения углов: AcetAV, AASA, PASA и HASA.

Среди пациентов ретроспективной группы периацетабулярная остеотомия выполнялась по классической методике, предложенной R. Ganz.

Для пациентов проспективной группы был изменен алгоритм предоперационного планирования и модифицирована техника выполнения периацетабулярной остеотомии.

На первом этапе предоперационного планирования выполнялась сегментация костей таза на основании КТ-исследования, выполненного не более 6 месяцев назад пациенту для диагностики патологии тазобедренного сустава, с целью построения виртуальной модели. Вторым этапом заключался в определении корректного положения плоскостей остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей, а также задней колонны таза на ранее построенной виртуальной модели с последующим формированием ацетабулярного костного фрагмента в виртуальном пространстве. Третьим этапом путём расчёта по данным КТ корректных значений угла Wiberg и угла антеверсии вертлужной впадины данный ацетабулярный фрагмент позиционировался в соответствующее положение. Заключительным этапом предоперационного планирования являлось моделирование на основании указанных этапов двух направляющих устройств: шаблона для остеотомии лонной, подвздошной и седалищной костей таза и устройства для позиционирования ацетабулярного фрагмента. После моделирования данные

устройства изготавливались на 3D-принтере из полилактида (полимолочная кислота, PLA) и проходили стерилизационную подготовку.

Модифицированная техника периацетабулярной остеотомии включала в себя несколько последовательных этапов. Сперва осуществлялся классический доступ в модификации Smith-Petersen с выделением внутренней поверхности таза в соответствии с классической техникой ПАО. Затем ранее изготовленный шаблон для остеотомий лонной, подвздошной и седалищной костей таза позиционировался конгруэнтно на данной поверхности таза и фиксировался двумя-тремя фиксирующими элементами (спицы или винты). Затем осуществлялись последовательные остеотомии лонной, подвздошной, седалищной костей, а также задней колонны таза, и таким образом формировался ацетабулярный фрагмент, содержащий в себе вертлужную впадину. Следующим этапом, используя второе индивидуальное устройство, которое также располагалось конгруэнтно внутренней поверхности таза, осуществляли позиционирование вертлужной впадины в рассчитанное на предоперационном этапе корректное положение и фиксировали последнюю тремя-четырьмя кортикальными винтами. Рану закрывали общепринятым способом.

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). Для статистического анализа данные были сгруппированы в вариационные ряды в соответствии с группами исследования. Первоначально для каждой совокупности данных определялся тип распределения с использованием критерия Колмогорова-Смирнова (для выборок более 60 значений) или Шапиро-Уилка (для выборок менее 60). Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0,05$. В зависимости от результата проверки на нормальность, для описания количественных данных использовались либо средняя арифметическая со стандартным отклонением и 95% доверительным интервалом (для нормального распределения), либо

медиана с интерквартильным размахом (для ненормального распределения). Сравнение групп проводилось с применением различных методов. Для нормально распределенных данных использовался t-критерий Стьюдента (при равенстве дисперсий, проверяемых тестом Ливиня) или t-критерий Уэлча (при неравенстве дисперсий). Для сравнения ненормально распределенных данных применялся U-критерий Манна-Уитни (для двух групп) или критерий Краскела-Уоллиса (для более двух групп). Анализ категориальных переменных (биномиальных и мультиномиальных) проводился с помощью критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера, в зависимости от ожидаемых частот в таблицах сопряженности. Также производился расчёт относительного риска, а для интерпретации силы связи — коэффициент V Крамера. Для анализа связанных измерений «до-после» применялись: для количественных данных с нормальным распределением — парный t-критерий Стьюдента, с отличным от нормального — критерий Уилкоксона; для номинальных данных — тест МакНемара.

В третьей главе представлены результаты сравнительного анализа эффективности классической и модифицированной техник периацетабулярной остеотомии (ПАО), выполненной с применением аддитивных технологий.

Было показано, что в группе, где применялась классическая техника периацетабулярной остеотомии, средние и медианные значения углов, позволяющих оценить степень наклона вертлужной впадины, соответствовали норме в послеоперационном периоде. Однако, среднее значение угла антеверсии вертлужной впадины было статистически значимо выше нормальных значений. Также для пациентов ретроспективной группы определено, что общий количество осложнений составило 48,3%. В 21,3% случаев выполнения периацетабулярной остеотомии отмечалось сочетание 2-х и более осложнений. Наиболее частыми осложнениями в данной группе явились ошибки коррекции. Так, гиперкоррекция отмечена в 24,7% случаев, а недостаточная коррекция отмечалась в 13,5% случаев. Переломы костей таза

встречались в 16,8% случаев, чаще это были переломы задней колонны (11,23%). А неврологические нарушения отмечены в 8,99%, среди которых отмечались нейропатия латерального кожного нерва бедра и седалищного нерва. Инфекционные осложнения выявлены в 3,37%. Артроскопия тазобедренного сустава после перенесенной периацетабулярной остеотомии выполнялась в 10,11%, а конверсия в эндопротезирование в 17,98% случаев. Важным фактом явилось то, что наличие признаков ошибок коррекции в послеоперационном периоде значительно повышало риск выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава. При наличии признаков гиперкоррекции отмечалось повышение относительного риска конверсии в 2,67 раза (95% ДИ: 1,41-5,08), $p=0,006$. В свою очередь, наличие признаков недостаточной коррекции положения вертлужной впадины в послеоперационном периоде увеличивало относительный риск эндопротезирования в 4,40 раза (95% ДИ: 1,42-13,70), $p=0,013$. Кроме этого, была выявлена статистически значимая зависимость между значением индекса сферичности головки бедренной кости и частотой конверсии в эндопротезирование.

При оценке данных, полученных для пациентов проспективной группы, было обнаружено, что послеоперационные значения различных индексов и углов соответствовали значениям нормы, в том числе и значения углов, позволяющих оценить степень антеверсии вертлужной впадины. Определено, что расхождение послеоперационных значений углов Wiberg и AcetAV с планируемыми значениями составило $2,30^\circ$ (IQR: 1,20 – 4,00) и $1,70^\circ$ (IQR: 0,50 – 4,40), соответственно.

Осложнения были отмечены в 27,5% случаев, причем количество случаев, где отмечено сочетание нескольких осложнений (два и более) составило 22,5%. Переломы костей таза отмечены в 5% случаев, во всех двух случаях был выявлен перелом задней колонны таза. Среди неврологических нарушений отмечалась лишь нейропатия латерального кожного нерва бедра, которая обнаруживалась в 22,5%. Признаков инфекционных осложнений у

исследуемой группы пациентов в послеоперационном периоде также выявлено не было. Артроскопия или эндопротезирование тазобедренного сустава пациентам данной группы на момент проведения исследования не выполнялись.

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. При сравнении двух групп было установлено, что несмотря на тот факт, что большинство средних и медианных значений различных индексов и углов, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины в обеих группах, соответствовали норме, отмечались более низкие значения дисперсии для показателей, оцениваемых среди пациентов проспективной группы.

Таблица 1. 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

Также было определено, что применение индивидуальных направляющих устройств позволило уменьшить объём интраоперационной кровопотери в 1,44 раза ($p=0,003$), снизить длительность оперативного вмешательства в 2,08 раза ($p<0,001$) и длительность стационарного лечения в 1,67 раза ($p<0,001$), а также сократить количество осложнений на 43,06% ($p=0,011$).

В **заключении** подведены суммарные итоги исследования, представлены сведения по решению всех задач диссертационного исследования и обсуждены полученные результаты.

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 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 печатных работ по теме диссертационного исследования

1. Плиев Д. Г., Черкасов В. С., Коваленко А. Н. /Анализ осложнений, связанных с выполнением периацетабулярной остеотомии, у взрослых пациентов молодого возраста //Травматология и ортопедия России. – 2025. Т. 31. №. 2. С. 57-66.

2. Плиев Д.Г., Черкасов В.С., Коваленко А.Н., Айрапетов Г.А. /Модифицированная техника периацетабулярной остеотомии с использованием системы навигационных устройств, изготовленных с применением аддитивных технологий // Медицинский альянс. – 2025. Т. 13. №. 3. С. 43-54.

3. Черкасов В.С., Плиев Д.Г., Коваленко А.Н. [и др.] / Органосохраняющие методы хирургического лечения взрослых пациентов молодого возраста с наличием фемороацетабулярного импиджмента, дисплазии тазобедренного сустава и ретроверсии вертлужной впадины. Литературный обзор. // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2025. №. 3. С. 84-91.

4. Патент № 236057 Российская Федерация, МПК А61В 17/90 (2006.01) Устройство для позиционирования ацетабулярного фрагмента при проведении периацетабулярной остеотомии: №. 2025113357: заявлено 20.05.2025: опубликовано 23.07.2025 / Плиев Д.Г., Черкасов В.С., Коваленко А.Н.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 13 с.

5. Патент № 237782 Российская Федерация, МПК А61В 17/65 (2006.01), А61В 17/15 (2006.01) Шаблон для остеотомии лонной, подвздошной и седалищной костей при выполнении периацетабулярной остеотомии таза : №2025116277/14: заявлено 11.06.2025: опубликовано 06.10.2025/ Плиев Д. Г., Черкасов В. С., Коваленко А. Н.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 28 с.