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

На правах рукописи

ПРОНСКИХ АЛЕКСАНДР АНДРЕЕВИЧ

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

3.1.8 - травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант:
доктор медицинских наук
Павлов Виталий Викторович

Новосибирск −2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ДАННЫМ ЛИТЕРАТУРЫ 15
1.1 Распространенность переломов вертлужной впадины 15
1.2 Исторические аспекты лечения переломов вертлужной впадины 16
1.3 Современное состояние проблемы лечения переломов вертлужной впадины 19
1.4 Особенности патологических изменений у пациентов с посттравматическим коксартрозом 21
1.5 Классификации и описательные системы посттравматических патологических изменений в тазобедренном суставе 23
1.6 Современное состояние проблемы лечения посттравматических коксартрозов 33
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 44
2.1 Характеристика пациентов 46
2.2 Клинические методы обследования 49
2.3 Лучевые методы исследования 50
2.4 Методы оценки клинических результатов 60
2.5 Методы оценки функциональных результатов 61
2.6 Статистический метод 62
ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕЗУЛЬТАТ ЛЕЧЕНИЯ 64
3.1 Анализ влияния методов лечения, предшествующих тотальному эндопротезированию 64
3.2 Определение механических параметров, влияющих на результат тотального эндопротезирования 89
ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ 108
4.1 Метод послойной визуализации 109

4.2 Математическое моделирование 112
4.3 Компьютер-ассоциированный способ предоперационного планирования 113
4.4 Выбор хирургической тактики при реконструкции вертлужной впадины..... 126
ГЛАВА 5. ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА..... 150
5.1 Анестезиологическое обеспечение..... 150
5.2 Хирургическая техника 153
5.3 Хирургическая тактика у пациентов с деформациями бедренной кости..... 162
5.3 Материально-техническое обеспечение 175
ГЛАВА 6. ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 179
6.1 Показания и противопоказания к эндопротезированию с использованием индивидуального имплантата 180
6.2 Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием индивидуальных имплантатов 186
6.3 Метод интраоперационной навигации..... 198
ГЛАВА 7. ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И ПУТИ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ..... 214
ГЛАВА 8. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ..... 235
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 264
ВЫВОДЫ 281
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ..... 283
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 285
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Модифицированная шкала Harris Hip Score: оценочная система для тазобедренного сустава 315
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Шкала ВАШ..... 319

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Среди всех повреждений скелета переломы таза составляют от 3% до 8%, а частота встречаемости достигает 56 случаев на 100 тысяч человек (Pohlemann T., 1996; Balogh Z., 2007; Rinne P., 2020). Переломы вертлужной впадины составляют от 7% до 22% от повреждений таза (Солод Э.И., 2014). Частота встречаемости подобной патологии составляет 3 случая на 100 000 населения в год (Laird A., 2005). Клиническая значимость данного типа повреждений обусловлена трудностью детальной диагностики повреждения вследствие анатомического строения вертлужной впадины, сложностью выбора тактики оперативного лечения, а также тяжестью состояния пострадавших в раннем посттравматическом периоде. Социальная значимость данного типа повреждений заключается в том, что переломы вертлужной впадины встречаются как у пациентов молодого возраста вследствие высокоэнергетической травмы, зачастую в структуре политравмы, так и у пациентов пожилого возраста вследствие остеопоротических изменений (Mouhsine E., 2005; Лазарев А.Ф., 2013; Бондаренко А.В., 2014; Firoozabadi R., 2017). Золотым стандартом лечения переломов вертлужной впадины является дифференцированный подход, когда основной целью является анатомичное восстановление суставной поверхности тазобедренного сустава (Boudissa M., 2016; Лазарев А. Ф., Ахтямов И.Ф., 2019). Наиболее частым методом, используемым для достижения стабильной фиксации отломков, является проведение остеосинтеза с достижением абсолютной стабильности. Также немаловажным фактором является время проведенного оперативного вмешательства. В исследовании Clegg T.E (2010) доказано, что устранение вывиха головки бедренной кости при наличии перелома заднего края позднее чем через 6 часов с момента травмы приводит к прогрессированию аваскулярного некроза головки бедренной кости и рецидивам вывиха. Чем больше времени прошло с момента травмы, тем технически сложнее провести оперативное вмешательство, появляется необходимость в удалении рубцовой

ткани и обширной мобилизации отломков. Однако даже если остеосинтез проведен в раннем периоде и вывих головки был устранен, частота неудовлетворительных результатов составляет до 38,4%, если не была восстановлена суставная поверхность вертлужной впадины (Magu N.K., 2012). Частота неудовлетворительных результатов лечения застарелых переломов вертлужной впадины достигает 30% – 42% (Caban A., 2011; Grubor P., 2015). Такие результаты обусловлены недостаточной консолидацией, или формированием деформации, краевой резорбцией линий переломов, а также рубцовой трансформацией, что требует проведения более сложного технически и более травматичного оперативного вмешательства (Zhu S., 2013). Согласно данным современных исследований, дегенеративно-дистрофические изменения тазобедренного сустава, требующие хирургического лечения, развиваются у 12% – 57% пострадавших (Солод Э.И., 2014; Кавалерский Г.М., 2008). Пожилым пациентам, вследствие снижения компенсаторных возможностей организма в большом количестве случаев (26,8% – 50%), в течение 2 лет после травмы требуется конверсия на эндопротез (Jeffcoat D.M., 2012). Первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава может быть операцией выбора при наличии неблагоприятных факторов для выполнения остеосинтеза либо при неудовлетворительных результатах предшествующего лечения. К этим факторам, по мнению D. Mears и соавт. (Mears D.C., 2009), относятся многооскольчатый характер перелома, не позволяющий восстановить суставную поверхность, массивное повреждение суставного хряща, импакция головки бедра. Несмотря на широкое использование данной методики, результаты эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины хуже, чем при лечении идиопатического коксартроза (Ranawat A., 2009; Тихилов Р.М., 2011).

К основным сложностям, с которыми сталкивается хирург в ситуации лечения посттравматического коксартроза, в первую очередь относятся дефекты костной ткани вертлужной впадины, не позволяющие достичь прочной первичной фиксации стандартных вертлужных компонентов (Sermon A., 2008). В тех случаях, когда перелом вертлужной впадины сросся, высока вероятность

порочной консолидации отломков, что приводит к нарушению анатомических взаимоотношений в суставе.

Предшествующие многократные и объемные операции приводят к наличию выраженного мягкотканого рубцового процесса не только в проекции доступа, но и в области параартикулярных тканей, что увеличивает время оперативного вмешательства, снижает реабилитационный потенциал, повышает риск септических осложнений. Наличие металлоконструкций также ограничивает варианты использования имплантатов, увеличивает риск развития параимплантной инфекции, при необходимости удаления металлоконструкций увеличивается тяжесть интраоперационного травматического воздействия.

Вследствие выраженного изменения анатомических осложнений у пациентов с посттравматическим коксартрозом определяется сформированный порочный мышечный стереотип ходьбы, что также снижает реабилитационный потенциал. Асептический некроз головки бедренной кости, развившийся вследствие перенесенной травмы, ограничивает возможность замещения посттравматических дефектов путем аутоостеопластики (Чегуров О.К., 2017). Выбор метода оперативного лечения зависит от величины костных дефектов, качества костной ткани, наличия интактных колонн вертлужной впадины или нарушенной целостности тазового кольца, что определяет возможность обеспечения надежной фиксации и достаточной площади контакта с жизнеспособной костью.

Все перечисленное выше, позволяет отнести оперативное вмешательство у данной группы пациентов к сложному первичному эндопротезированию, то есть к первичному эндопротезированию, при котором требуются:

- реконструкция положения вертлужной впадины и центра вращения,
- коррекция деформаций,
- замещение костных и мягкотканых дефектов,
- восстановление подвижности и стабильности сустава,
- воссоздание объема костной массы (Даниляк В.В., 2014).

Степень разработанности темы исследования

По данным современных метаанализов, количество осложнений после тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины по сравнению с результатами эндопротезирования у пациентов с идиопатическим коксартрозом достоверно выше (Morison Z. 2016; Makridis K.G. 2014; Stibolt R.D. 2018).

Наиболее часто встречаемыми осложнениями являются осложнения механического характера – раннее асептическое расшатывание компонентов, рецидивирующие вывихи головки эндопротеза (Von Roth P., 2016). Основные проблемы при проведении сложного первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава обусловлены выбором методики операции и типа имплантата при наличии дефекта костей таза, образующих вертлужную впадину, возникшего в результате травмы.

В настоящее время не существует общепринятой классификации или описательной системы дефицита костной ткани вертлужной впадины, что, в свою очередь, крайне затрудняет как определение системной тактики выборы имплантата, так и анализ результатов первичного эндопротезирования у данной группы больных (Боровков В.Н. 2011). При попытке описать локализацию и характер посттравматических изменений большинство авторов использует либо классификации переломов вертлужной впадины, либо классификации периацетабулярного остеолизиса, изначально разработанные для ревизионного эндопротезирования, такие как AAOS, DGOT, A.E. Gross и K.J. Saleh, W.G. Paprosky.

Однако попытки использования классификаций острых повреждений таза для оценки посттравматических изменений вертлужной впадины при первичном эндопротезировании не могут отразить все особенности, которые могут существенно повлиять на выбор хирургической тактики для стабильной и корректной имплантации вертлужного компонента эндопротеза, а описательные системы для ревизионного эндопротезирования не могут в полной мере отразить

состояние костной ткани в условиях посттравматических изменений вертлужной впадины (Тихилов Р.М., 2019).

На данный момент не существует общепринятой тактики в реконструкции деформаций и замещении дефектов вертлужной впадины, этапности удаления металлоконструкций и эндопротезирования тазобедренного сустава, выборе операционного доступа (Zanchini F. 2022). Часть авторов предлагает применять этапное или одномоментное использование остеосинтеза и эндопротезирования, другие предлагают проводить срочное тотальное эндопротезирование, особенно у пациентов пожилого возраста (Manson T.T. 2020; Lin C., 2015).

При необходимости использования индивидуальных конструкций, таких как вертлужный компонент, аугмент для замещения дефекта, не определены показания и противопоказания метода. На данный момент не существует единого мнения о форме, типе и разновидности покрытия индивидуальных конструкций (El-Bakoury A., 2019; Гудз А.И., 2017).

Таким образом, можно сделать заключение, что в современной травматологии и ортопедии отсутствует единый системный подход к диагностике, предоперационному планированию и оперативной тактике лечения пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, сопровождающимися выраженным артрозом, деформациями и дефектами вертлужной впадины.

Цель исследования

Разработать, научно обосновать и внедрить в клиническую практику системный подход к диагностике, предоперационному планированию и хирургическому лечению пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины.

Задачи исследования

1. Изучить зависимость результатов тотального эндопротезирования тазобедренного сустава от метода и сроков предшествующего лечения пациентов с переломами вертлужной впадины, а также от типа и характера перелома.

2. Определить механические параметры тазобедренного сустава, влияющие на результаты тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины.

3. Проанализировать частоту и структуру послеоперационных осложнений тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, выявить и статистически обосновать предикторы риска развития осложнений и способы их профилактики.

4. Определить показания и противопоказания к применению индивидуальных имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, путем проведения анализа результатов лечения пациентов с использованием аддитивных технологий.

5. Разработать и внедрить в клиническую практику рабочую схему, основанную на определении типа посттравматического дефекта костей, образующих вертлужную впадину и систему хирургического лечения пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, основанную на восстановлении биомеханики тазобедренного сустава и замещении посттравматических дефектов костей таза.

6. Оценить эффективность разработанного системного подхода к проведению тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины путем проведения анализа результатов лечения пациентов.

Научная новизна

Получены новые данные о распространенности, структуре посттравматических дефектов вертлужной впадины. Проведен анализ современных существующих методов диагностики и классификации посттравматических дефектов костей, образующих вертлужную впадину. Определены их преимущества и недостатки.

Впервые в отечественной практике определена связь между восстановлением анатомичности суставной поверхности, стабильностью фиксации фрагментов и сроками оперативного лечения пациентов с переломами костей, образующих вертлужную впадину и результатами последующего эндопротезирования у пациентов с посттравматическим коксартрозом. Определены факторы, влияющие на результат лечения.

Разработан способ выбора хирургической тактики при лечении последствий переломов вертлужной впадины у пациентов с выраженным коксартрозом, сопровождающимся деформациями и дефектами костной ткани.

Разработан способ предоперационного планирования и интраоперационной двухэтапной навигации, позволяющий позиционировать индивидуальные вертлужные компоненты у пациентов с обширными дефектами ацетабулярной впадины.

Получены новые данные о клинической эффективности использования индивидуальных конструкций у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, определены показания и противопоказания к их применению.

Впервые определены и статистически обоснованы предикторы риска развития осложнений тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины.

Положения, выносимые на защиту

1. Клиническая эффективность лечения пациентов с посттравматическими коксартрозами зависит от определения и восстановления механических параметров тазобедренного сустава, таких как центр ротации сустава и бедренный офсет, а также от сроков восстановления анатомии суставной поверхности и стабильности фиксации фрагментов перелома вертлужной впадины.

2. Предоперационное планирование, основанное на визуализации дефекта, определении его локализации и объема, оценке плотности костной ткани

вертлужной впадины, позволяет провести хирургическое вмешательство, восстанавливающее механические параметры патологически измененного сустава, наиболее близкие к показателям здорового контралатерального сустава, и улучшить результаты хирургического лечения пациентов с посттравматическими коксартрозами.

3. Восстановление функции тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическим коксартрозом, сопровождающимся дефектами и деформациями, возможно при проведении тотального эндопротезирования с использованием системного подхода с замещением дефекта различными материалами, в том числе с использованием аддитивных технологий.

4. Выявление предикторов послеоперационных осложнений, основанное на их анализе в предоперационном периоде, позволяет учесть риски и нивелировать их влияние на результат лечения пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, сопровождающимися выраженными коксартрозами.

Практическая значимость

1. Определены факторы, влияющие на результат лечения переломов вертлужной впадины. Функция тазобедренного сустава зависит от сроков и степени восстановления анатомичности суставной поверхности вертлужной впадины.

2. Определены механические факторы, влияющие на результат тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины, установлены допустимые значения механических параметров оперированного сустава относительно здорового контралатерального сустава.

3. В клиническую практику внедрен разработанный способ выбора хирургической тактики при лечении последствий переломов вертлужной впадины у пациентов с выраженным коксартрозом, сопровождающимся деформациями и дефектами костной ткани, основанный на предоперационной визуализации и определении типа дефекта каждой из костей, образующих вертлужную впадину.

4. В клиническую практику внедрены способы предоперационного планирования, интраоперационной навигации, хирургической техники и анестезиологического сопровождения, позволяющие улучшить результаты лечения пациентов с дефектами и деформациями вертлужной впадины по сравнению со стандартными методиками.

5. Определенные в ходе исследования предоперационные и послеоперационные предикторы рисков осложнений тотального эндопротезирования позволяют оценить риск развития осложнений как механического, так и инфекционного характера, принять меры для их профилактики.

Апробация результатов

Основные положения диссертационного исследования представлены и обсуждены на российских конференциях и научных форумах, в том числе с международным участием: на межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии, нейрохирургии» (Иркутск, 2022), международной научно-практической конференции «Илизаровские чтения», (Курган, 2019), XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Москва, 2022), конференции молодых ученых «Батпеновские чтения» (Астана, 20221; 2022), VI Пироговском форуме травматологов-ортопедов, посвященном 50-летию кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф МГМСУ имени А.И. Евдокимова (Казань, 2021), научно-практической конференции с международным участием «Вредeновские чтения» (Санкт-Петербург, 2021; 2022; 2023), на 1, 2, 3, 5 всероссийских научно-практических семинарах «Лечение травм и их последствий», (Барнаул, 2018; 2019; 2021; 2023), всероссийской научно-практической конференции «Политравма. Острые вопросы лечения повреждений опорно-двигательного аппарата: вчера, сегодня и завтра» (Благовещенск, 2022), X, XI, XII, XII, XIV всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023), XXI всероссийской научно-практической

конференции, посвященной 25-летию Центра охраны здоровья шахтеров «Многопрофильная больница: проблемы и решения», (Ленинск-Кузнецкий, 2018), V юбилейном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях. Перспективы импортозамещения в России» (Санкт-Петербург, 2020), международном конгрессе «Весенние дни ортопедии» (Москва, 2019), X всероссийском конгрессе «Приоровские чтения» (Москва, 2023).

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты диссертационного исследования внедрены в клиническую практику ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, КГБУЗ «Краевая клиническая больница им.проф. С.И. Сергеева», гХабаровск, КГБУЗ «Краевая клиническая больница скорой медицинской помощи», г.Барнаул, ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой, г.Москва. Используются при обучении ординаторов, аспирантов и курсантов учебно-методического отдела ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, на кафедре травматологии и ортопедии КГБОУ ДПО «ИПКСЗ» г. Хабаровск, по программе дополнительного профессионального образования, при обучении студентов и ординаторов кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО “Алтайский государственный медицинский университет”, г.Барнаул.

Личный вклад автора

Состоит в формулировке цели, задач исследования и основных положений, выносимых на защиту. Автором проанализированы зарубежные и отечественные источники литературы по проблеме исследования, проведен набор и обработка клинического материала, статистический анализ. При участии автора, в качестве оперирующего хирурга или ассистента, проведено более 70% оперативных вмешательств в объеме сложного первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава с 2017 по 2023 годы, в том числе с использованием индивидуальных 3D-имплантатов. Разработаны и внедрены в практику: «Способ

реконструкции вертлужной впадины при посттравматическом дефекте» (патент на изобретение РФ №2023115542, приоритет от 13.06.2023); «Способ предоперационного планирования фиксации вертлужного компонента винтами с последующим эндопротезированием тазобедренного сустава» (патент на изобретение РФ №2749850, С1, 17.06.2021, заявка № 2020128291 от 24.08.2020); «Способ эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием корригирующей остеотомии» (заявка на изобретение РФ № 2023118786, приоритет от 14.07.2023). Получено свидетельство на базу данных «Основные клинические, инструментальные и функциональные параметры пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины, которым по поводу остеоартроза тазобедренного сустава проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 202362281 от 27.07.2023 г.).

Публикации по теме диссертации

По теме диссертационного исследования опубликовано 30 научных работ, из них 14 статьей в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 13 журналов относятся к рейтинговым научным журналам К1и К2, том числе 6 статьей опубликовано в журналах, входящих в международные базы данных, опубликовано одно учебно-методическое пособие, получено 2 патента на изобретение Российской Федерации, одна приоритетная справка по заявке на изобретение Российской Федерации и одно свидетельство о государственной регистрации базы данных по материалам исследования.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 319 страницах машинописного текста, состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и двух приложений. Работа иллюстрирована 128 рисунками, 61 таблицей, 10 клиническими примерами. Список литературы представлен 234 источниками, из них 45 отечественных и 189 иностранных.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ДАННЫМ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Распространенность переломов вертлужной впадины

Повреждения опорно-двигательного аппарата занимают третье место среди причин временной нетрудоспособности, инвалидизации и смертности после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Обращает внимание тот факт, что с увеличением темпа современной жизни количество травм ежегодно растет. Так, по данным Н.В. Корнилова, ежегодный прирост составляет до 6,5 %, с превалированием переломов костей скелета и вывихов в крупных суставах [37].

Среди всех повреждений скелета переломы таза составляют от 3% до 8%, а частота встречаемости достигает 23 случаев на 100 тысяч человек [53, 181]. Переломы вертлужной впадины составляют от 7% до 22% от повреждений таза [30]. Частота встречаемости подобной патологии составляет 3 случая на 100 000 населения в год [134]. Клиническая значимость данного типа повреждений обусловлена трудностью детальной диагностики типа и характера повреждения вследствие особенностей анатомического строения вертлужной впадины, а также тяжестью состояния пострадавших в раннем посттравматическом периоде [10].

При проведении метаанализа эпидемиологии данной травмы выявлено, что переломы вертлужной впадины чаще всего являются следствием высокоэнергетической травмы и основной контингент пострадавших –пациенты трудоспособного возраста [167, 200]. Среди причин повреждений вертлужной впадины на первое место выходят дорожно-транспортные происшествия (60,5% – 86% случаев), второй по частоте причиной переломов является кататравма (10,7% – 20,5%) [21, 28, 101, 155, 157].

Чаще всего данный тип повреждений встречается у пациентов трудоспособного возраста, так, по данным отечественных и зарубежных авторов, средний возраст пострадавших колеблется от 36,8 до 46,5 лет [4, 130, 131, 143, 154, 180, 186, 208]. Среди пострадавших преобладают мужчины [4, 20, 47, 102,

153]. В последние годы увеличивается процент переломов вертлужной впадины в структуре политравмы, когда повреждения сопровождаются развитием травматического шока и приводят к увеличению летальности [3, 184]. Такие повреждения значительно снижают качество жизни пострадавших и приводят к стойкой потере трудоспособности вследствие снижения функции тазобедренного сустава [1, 5, 18, 111]. Большой процент (50% – 70%) пострадавших, у которых диагностируют нестабильные переломы вертлужной впадины, становятся инвалидами и нуждаются в стороннем уходе, а 12% – 15% имеют различные социальные пособия [40].

Другой категорией пострадавших являются пожилые люди, у которых на фоне остеопоротических изменений костной ткани даже низкоэнергетическая травма приводит к переломам вертлужной впадины [103, 164, 204]. К особенностям лечения таких пациентов относится не только их высокая коморбидность, но и технические сложности при проведении остеосинтеза; вследствие плохого качества костной ткани требуется использование дополнительных средств фиксации. Реабилитационный потенциал у пациентов пожилого и старческого возраста снижен, что также ухудшает функциональные результаты лечения [52, 95].

1.2 Исторические аспекты лечения переломов вертлужной впадины

Согласно историческим данным и нарративным источникам, первым автором, который описал вывихи бедра, был Гиппократ. Он выделял 4 основных типа вывиха и предложил методики вправления. Под случаями неустранимых и рецидивирующих вывихов с большой долей вероятности понимаются переломовывихи, сопровождающиеся переломами вертлужной впадины [202].

Технический прогресс, с его постоянно увеличивающимися скоростями жизни, привел к росту травматизма и, следовательно, к необходимости более пристального внимания к проблеме диагностики и лечения переломов вертлужной впадины. До начала XX века в литературе отсутствовала

классификация и детальное описание структуры переломов вертлужной впадины, а диагноз зачастую устанавливался только посмертно после вскрытия и проведения патологоанатомического исследования.

Одним из первых исследований, посвященных диагностике, описанию и лечению переломов вертлужной впадины, стала работа M.M. Peet (1919 г.). В своем исследовании автор делает упор на механизм травмы, обязательную лучевую диагностику и предлагает консервативный метод лечения. Оперативный метод использовался только для вправления медиального смещения головки бедренной кости, фиксации переломов не предполагалось [177].

В 1938 г. R. Funsten и соавт. впервые подробно описали механизм повреждения задней стенки вертлужной впадины в сочетании с задним вывихом головки бедренной кости. Авторами был предложен термин dashboard trauma, подразумевающий под собой механизм автодорожной травмы, когда травматическое воздействие вследствие удара коленным суставом о приборную панель автомобиля через бедренную кость передается на задний край вертлужной впадины в положении нижней конечности в сгибании около 90 градусов в тазобедренном суставе. Также необходимо отметить, что в исследовании была выявлена корреляция между результатами лечения и временем устранения вывиха [97].

О необходимости разгрузки пораженного сустава в своем исследовании писал S. Banks в 1941 г. Автор предложил ограничивать осевую нагрузку после устранения любого вывиха в тазобедренном суставе в течение 4–6 мес. Такой срок объяснялся попыткой профилактики аваскулярного некроза головки бедренной кости [54].

В более позднем исследовании M. Steward и L. Milford подняли вопрос о необходимости классификации повреждений вертлужной впадины, основанной на определении направления смещения головки бедренной кости. Был проведен анализ результатов как консервативного, так и оперативного лечения. Авторами было установлено, что при переломах заднего края вертлужной впадины, сопровождающихся задним вывихом головки бедренной кости, основным

прогностическим фактором для результата является временной промежуток, прошедший между травмой и устранением вывиха. В случаях медиального смещения головки бедренной кости на первый план выходит степень повреждения суставной поверхности. Изучая функциональные и клинические результаты оперативного лечения, авторы пришли к выводу о необходимости ранней активной разработки движений в тазобедренном суставе с целью улучшения функционального состояния мышц, что является профилактикой посттравматического артроза [205].

Революционным прорывом в области лечения переломов вертлужной впадины стала фундаментальная работа E. Letournel и R. Judet (1964 г.) Авторами была доказана эффективность открытой репозиции и внутренней фиксации (ORIF – Open reduction internal fixation), выполненной в максимально ранние сроки. Эта методика и сегодня является «золотым стандартом» лечения внутрисуставных переломов [124, 216].

В этой работе была сформулирована концепция о двухколонном строении вертлужной впадины, предложены классификация переломов, специализированные рентгенологические укладки для визуализации в подвздошной и запирательной проекциях, оперативные доступы, подробно изложена хирургическая тактика в зависимости от типа перелома. Предложенная классификация основана на пространственной характеристике перелома.

Согласно концепции авторов, все переломы можно разделить на простые (с одной плоскостью перелома) и ассоциированные (переломы в нескольких плоскостях). К первой группе относятся переломы передней стенки, переломы передней колонны, переломы задней стенки, переломы задней колонны, поперечные переломы. Во вторую группу относятся ассоциированный перелом задней колонны и задней стенки, Т-образные переломы, поперечные переломы с переломом задней стенки, передней колонны и заднего полупоперечника, двухколонные переломы. Классификация Judet-Letournel, ставшая, впоследствии, основой классификации AO/ASIF, отличается удобством в определении типа

перелома, а также в возможности последующего выбора тактики лечения [109, 118].

1.3 Современное состояние проблемы лечения переломов вертлужной впадины

Основой современной концепции лечения переломов вертлужной впадины являются постулаты анатомичной репозиции и стабильной фиксации. Весьма немаловажным фактором является срок, в который проведено оперативное вмешательство. В исследовании T.E. Clegg (2010 г.) доказано, что устранение вывиха головки бедренной кости при наличии перелома заднего края позднее чем через 6 часов с момента травмы приводит к прогрессированию аваскулярного некроза головки бедренной кости и рецидивам вывиха [77]. Чем больше времени прошло с момента травмы, тем технически сложнее провести оперативное вмешательство, появляется необходимость в удалении рубцовой ткани и обширной мобилизации отломков.

По данным S. Khandekar и соавт. [127], при оперативном вмешательстве, проведенном в первые четверо суток после травмы, хорошие и отличные функциональные результаты были получены в 81% случаев, позднее – только в 72%. В исследовании H. Kim и соавт. (2011 г.) отмечено, что удовлетворительный клинический результат удалось достичь в 78,9% случаев, если операция была проведена в течение первых 7 дней, а при выполнении операции на второй неделе и позже – только в 40% и 25% наблюдений соответственно [129]. По мнению М.М. Дятлова, в случае проведения открытого вмешательства на 13–16-е сутки после травмы достижение анатомичной репозиции с использованием стандартных хирургических техник практически невозможно [12]. Это подтверждается результатами исследований S.D. Deo и U.K. Meena. Авторам удалось получить хорошие и отличные функциональные результаты в 91% и 86,3% наблюдений соответственно, выполнив оперативные вмешательства в течение первых двух недель с момента травмы. В тех случаях, когда операции были выполнены по

прошествии 14 дней и более, хорошие клинические результаты были получены в 78% и 47,8% случаев соответственно [88, 155].

Согласно результатам исследований различных авторов [49, 74, 90], структура распределения переломов по локализации и типам выглядит следующим образом: переломы задней стенки встречаются в 10% – 39% случаев, задней колонны – в 6% – 8,3%, передней стенки – в 1% – 10%, передней колонны – в 5,5% – 10%, поперечные переломы – в 8,3% – 21,9%, ассоциированные переломы задней стенки и задней колонны – в 2,8% – 5,5%, поперечные переломы, ассоциированные с переломом задней стенки, – в 2,85% – 22%, Т-образные переломы – в 4% – 12,2%, переломы передней колонны, ассоциированные с задним полупоперечным переломом, – в 1,9% – 9%, двухколонные переломы – в 8% – 25% случаев.

Последствия подобных травм значительно снижают качество жизни и являются причиной стойкой утраты трудоспособности. Несмотря на успехи современной травматологии, разработку новых алгоритмов и методов оперативного лечения, устройств для остеосинтеза и способов их применения, по данным современной литературы можно сделать заключение, что даже проведение стабильного остеосинтеза с анатомическим восстановлением суставной поверхности вертлужной впадины в раннем посттравматическом периоде не гарантирует удовлетворительного результата.

Доля неудовлетворительных результатов после проведения различных видов остеосинтеза, выполненного в ранние сроки, может достигать 17% – 26% [4, 107]. Так, по словам В.А. Соколова, «если через 2 года асептический некроз и деформирующий артроз наблюдаются у каждого второго пострадавшего, то через 10 лет – у 70% обследованных больных, а через 20 лет, за редким исключением, у всех» [29]. Согласно данным современных исследований, дегенеративно-дистрофические изменения тазобедренного сустава, требующие хирургического лечения, развиваются у 12% – 57% пострадавших.

Наиболее неблагоприятные прогнозы как оперативного, так и консервативного лечения наблюдаются в группе пациентов пожилого и

старческого возраста, что связано с ухудшением качества костной ткани в этой группе. Риск развития посттравматического коксартроза после внутрисуставных повреждений тазобедренного сустава у пациентов старше 50 лет возрастает в 2–4 раза [66, 149]. Технически сложная открытая репозиция фрагментов, снижение компенсаторных возможностей организма у пациентов старшей возрастной группы обусловливают крайне высокую (26,8% – 50%) потребность в последующей конверсии на эндопротез тазобедренного сустава в течение 2 лет после остеосинтеза [69, 99, 112, 120, 130, 170].

1.4 Особенности патологических изменений у пациентов с посттравматическим коксартрозом

Посттравматические дегенеративные изменения суставного хряща тазобедренного сустава развиваются не только в результате нарушения конгруэнтности суставной поверхности, но, и как результат контузионного повреждения суставного хряща [144, 162]. Необходимо учитывать и такой фактор, как длительно существующий болевой синдром, приводящий к нарушению походки и некорректному распределению нагрузки на суставной хрящ, что также приводит к дегенеративным изменениям.

Y. Li с соавторами в экспериментальном исследовании на животных доказал, что выраженные дегенеративные посттравматические изменения суставного хряща развиваются в случаях не только недостаточно анатомичной репозиции, но и длительного вынужденного положения, выраженного нарушения биомеханики движения [135]. При развитии посттравматического коксартроза возможности оперативного лечения ограничены артродезированием и эндопротезированием тазобедренного сустава. Формирование анкилоза тазобедренного сустава приводит к нарушению не только позвоночно-тазовых отношений, но и механических осей дистальных суставов нижних конечностей, что приводит к развитию гонартрозов и крузартрозов, значительному нарушению

походки, с формированием стойкого патологического стереотипа ходьбы, снижению качества жизни.

В связи с этим наиболее предпочтительным способом хирургического лечения является тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Однако, несмотря на широкое использование данной методики, результаты лечения посттравматического коксартроза хуже, чем при лечении идиопатического коксартроза [7, 128, 162, 212].

К основным сложностям, с которыми сталкивается хирург в ситуации лечения посттравматического коксартроза, в первую очередь относятся дефекты костной ткани вертлужной впадины, не позволяющие достичь прочной первичной фиксации стандартных вертлужных компонентов [133, 171, 232]. В тех случаях, когда перелом вертлужной впадины сросся, высока вероятность порочной консолидации отломков, что приводит к нарушению анатомических взаимоотношений в суставе.

Предшествующие многократные и травматичные операции приводят к наличию выраженного мягкотканого рубцового процесса не только в проекции хирургического доступа, но и в области параартикулярных тканей, что увеличивает время оперативного вмешательства, снижает реабилитационный потенциал, повышает риск септических осложнений [126]. Наличие ранее установленных металлоконструкций ограничивает варианты использования имплантатов, увеличивает риск развития параимплантной инфекции, при необходимости удаления металлоконструкций увеличивается тяжесть интраоперационного травматического воздействия [105, 193, 221].

Вследствие выраженного изменения анатомических взаимоотношений в суставе, у пациентов с посттравматическим коксартрозом определяется сформированный порочный мышечный стереотип ходьбы, что также снижает реабилитационный потенциал [51]. Асептический некроз головки бедренной кости, развившийся вследствие перенесенной травмы, ограничивает возможность замещения посттравматических дефектов путем аутоостеопластики.

Выбор метода оперативного лечения зависит от величины костных дефектов, качества костной ткани, наличия интактных колонн вертлужной впадины или нарушенной целостности тазового кольца, что определяет возможность обеспечения надежной фиксации и достаточной площади контакта с жизнеспособной костью. Использование костного трансплантата или аугмента необходимо не только для замещения дефекта вертлужной впадины, а также для того, чтобы установить ацетабулярный компонент в исходный центр ротации [39, 198, 229].

Имплантация вертлужного компонента с восстановлением центра ротации тазобедренного сустава применяется не только для достижения прочной фиксации, но и главным образом для восстановления биомеханики мышечного аппарата активной стабилизации. Известно, что при увеличении ацетабулярного офсета, то есть изменении пространственного положения центра ротации оперированного сустава главным образом в горизонтальной плоскости, увеличивается длина рычага веса тела и силы действия мышц абдукторов, что приводит к ускорению износа пары трения эндопротеза [60, 139]. По данным других авторов, смещение центра ротации оперированного сустава более чем на 15 мм в вертикальном направлении или изменение бедренного офсета более чем на 20 мм значительно влияют на объем движений, увеличивают количество послеоперационных осложнений. Значительная разница между положением центров ротации тазобедренных суставов приводит к нарушению походки и ухудшает функциональные результаты эндопротезирования [115, 178, 203].

1.5 Классификации и описательные системы посттравматических патологических изменений в тазобедренном суставе

Для принятия оптимального решения, выбора необходимых имплантатов и технологий замещения дефектов и при необходимости использования специальных инструментов, имплантатов или индивидуальных конструкций

необходимо провести предоперационное планирование этапов хирургического лечения с учетом наличия дефектов костной ткани вертлужной впадины [35].

Для детальной визуализации дефекта, пространственного понимания деформации вертлужной впадины и предоперационного планирования необходимо использование описательной классификации. Описательная система должна не только наиболее подробно отображать характер патологических изменений, но и позволить унифицировать и оптимизировать тактику оперативного лечения [15]. В мировой и отечественной литературе было предложено множество различных схем классификации для описания степени и характера дефицита костной ткани для планирования выполнения первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава [24].

Среди них необходимо выделить наиболее часто упоминаемые системы W.G. Paprosky [172], классификацию, известную как система Американской академии хирургов-ортопедов (AAOS) [79], классификации K.J. Saleh [182], A.E. Gross [106]. Оптимальная система классификации должна быть воспроизводимой, что подразумевает приемлемый уровень надежности, и должна быть достоверной – максимально полно отражать интраоперационную картину. Для описания потери костной массы вертлужной впадины при проведении ревизионного эндопротезирования наиболее часто используемыми системами классификации являются системы W.G. Paprosky, AAOS, K.J. Saleh и A.E. Gross [13, 196].

Классификация W.G. Paprosky направлена не только на описание дефекта, но и необходима для выбора способа замещения дефекта и типа вертлужного компонента. Принципом является определение наличия или отсутствия опорных структур вертлужной впадины, медиальной стенки (дна), передней и задней колонн.

Одним из достоинств является то, что для проведения оценки требуются только рентгенограммы таза в прямой проекции. Как правило, дефекты вертлужной впадины I типа имеют минимальную деформацию с неповрежденным краем, и обычно может быть установлен бесцементный полусферический компонент вертлужной впадины. Дефекты II типа имеют различную степень

потери костной массы. В таких случаях могут потребоваться аугменты, костная пластика или и то, и другое, но зачастую нативной костной ткани достаточно для создания pess-fit фиксации с опорой на сохранные края вертлужной впадины. Дефекты III типа имеют более высокую степень потери костной ткани и включают нестабильность тазового кольца. Исторически у этих пациентов использовались аугменты или большие структурные костные трансплантаты, однако, развитие современной травматологии и ортопедии позволяет использовать индивидуальные имплантаты, изготовленные с использованием аддитивных технологий.

Таким образом, система W.G. Paprosky определяет, какие структуры вертлужной впадины являются опороспособными для установки аугментов или использования костной пластики, которая потребуются во время операции. Эта классификация анатомически оценивает конкретные костные структуры, а не ориентирована на объемную потерю костной массы, которая является основой нескольких других систем [81].

Учитывая широкую распространенность и относительную простоту в применении, в мировой литературе известно множество попыток проверить воспроизводимость, надежность и достоверность классификации W.G. Paprosky. Одним из наиболее ранних исследований стала публикация J. Jerosch (1996 г.), в которой оценка предоперационных рентгенограмм проводилась шестью респондентами с различным клиническим опытом и квалификацией. В результате точность верификации дефектов составила только 25%, выявлена ее прямая зависимость от степени тяжести дефекта и квалификации респондента. В своей оригинальной работе W.G. Paprosky также отмечает снижение достоверности оценки дефекта в зависимости от его тяжести (100% респондентов правильно определили дефект I, а дефекты III типа – 95%) [121].

В большинстве исследований, посвященных оценки данной классификации, приводятся противоречивые сведения о воспроизводимости – коэффициент *k* показывает разброс от 0,14, до 0,75 [70, 104, 173, 174, 228]. Основными причинами таких результатов является то, что для характеристики

дефекта используются плоскостные рентгенограммы в прямой проекции, не во всех случаях соответствующие клинической картине, а также степень владения респондентами данной классификацией. Еще одним фактором, снижающим надежность классификации W.G. Paprosky, становится тот момент, что по предоперационным рентгенограммам невозможно оценить ятрогенный дефект вертлужной впадины при проведении ревизионного вмешательства.

Как и классификация W.G. Paprosky, классификация K.J. Saleh используется для планирования ревизионного эндопротезирования, однако она направлена на оценку оставшейся костной ткани вертлужной впадины после удаления имплантата. Авторы выявляют конкретные недостатки, которые создают проблемы при ревизионной хирургии, не предлагая вариантов реконструкции. Дефекты I типа не имеют значительной потери костной массы. Тип II содержит дефекты с неповрежденными стенками вертлужной впадины. Дефекты с менее чем 50% сегментарной потерей вертлужной впадины классифицируются как тип III, а дефекты с более чем 50% сегментарной потерей классифицируются как тип IV. Разрыв таза классифицируется как тип V.

Было показано, что классификация K.J. Saleh обладает более высокой воспроизводимостью между оперирующими хирургами, чем другие, описанные ранее классификации [123]. Однако два исследования, в которых оценивалась надежность, наиболее часто используемой системы классификации K.J. Saleh и A.E. Gross, дали противоречивые результаты. Исследование, проведенное разработчиками системы (K.J. Saleh и др.), показало хорошую достоверность [215], в то время как другие исследователи, не являющиеся создателями данной классификации, сообщили о более низкой (умеренной) достоверности [81]. Вследствие данного несоответствия необходимы дополнительные исследования для дальнейшего определения надежности системы классификации K.J. Saleh.

Классификация J.A. D’Antonio, усовершенствованная Американской ассоциацией хирургов-ортопедов (AAOS), наряду с классификациями W.G. Paprosky и K.J. Saleh, является одной из наиболее часто используемых, она основана на разделении дефектов на 5 типов, из которых выделяют сегментарные,

полостные (кавитарные), комбинированные, а также дефекты с разобщением тазового кольца и анкилоз тазобедренного сустава. Отличительной особенностью классификации AAOS является то, что ее можно использовать в случаях и первичного, и ревизионного эндопротезирования.

Разделение на типы и подтипы необходимо не только для пространственной и качественной характеристики дефекта, но и для определения типа реконструкции, необходимой для получения стабильной фиксации вертлужного компонента. Однако, по данным зарубежных исследований, классификация AAOS (рисунок 1) не всегда позволяет определить тактику замещения дефекта и технику имплантации вертлужного компонента вследствие того, что она является количественной, что осложняет оценку результатов применения разных хирургических решений в аналогичных по степени тяжести случаях [196].

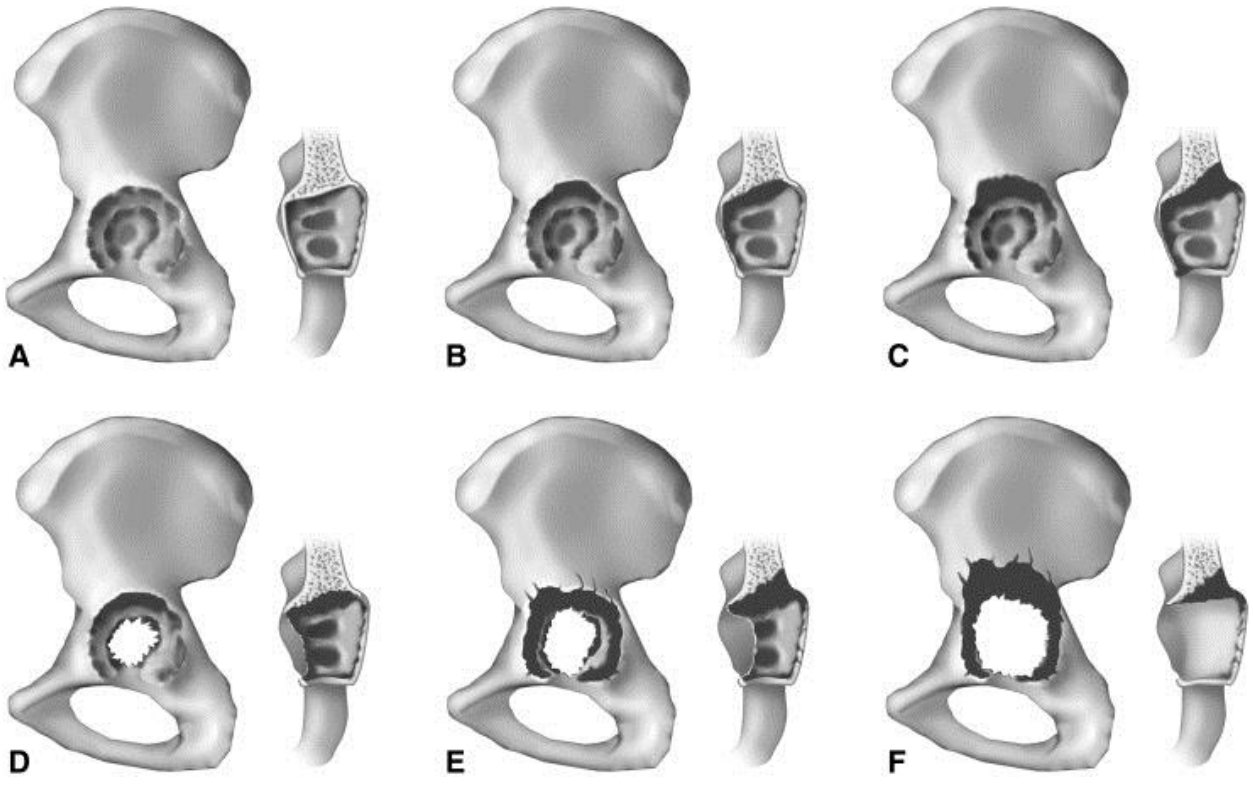


Рисунок 1 − Классификация AAOS: A – тип I; B – тип IIA; C – тип IIB; D – тип II; E – тип IIIA; F – тип IIIB

При проверке такого параметра, как воспроизводимость классификации, Campbell и соавт. получили данные о низком *k*-коэффициенте: только 0,57 в исследовании разработчиков и только 0,16 при проведении экспертной оценки [228]. Позже коллективом авторов классификация AAOS была доработана и упрощена [59]. Система подразумевает оценку дефекта как легкого, умеренного или тяжелого типа, для каждой категории определяется отдельное описание дефекта и степень сохранности стенок вертлужной впадины. Основным принципом данной классификации является определение сохранности опороспособной кости для выбора типа фиксации вертлужного компонента.

Классификация костных дефектов вертлужной впадины DGOT (таблица 1), опубликованная в 1997 г. [59], распределяет дефекты вертлужной впадины по 7 типам. В первом, втором и третьем типах описываются односегментарные дефекты вертлужной впадины. Первый тип включает простые ятрогенные дефекты, возникающие после удаления нестабильного вертлужного компонента, при котором опорные структуры остаются интактными. Второй тип подразумевает сегментарный дефект дна впадины, который обычно развивается в результате центральной протрузии имплантата. К третьему типу относятся дефекты надацетабулярного массива вертлужной впадины в зоне основной нагрузки, остальная часть впадины во втором и третьем типах остаются сохранными. В четвертом типе сегментарный дефект кости расположен либо по переднему, либо по заднему краю вертлужной впадины.

В пятом, шестом и седьмом типах описаны дефекты двух и более сегментов: пятый тип представляет собой относительно распространенный дефект кости верхнего края и дна вертлужной впадины, возникающий после кранио-медиальной миграции нестабильного ацетабулярного компонента. К шестому типу относится сочетанный дефект кости, в котором в дополнение к предыдущему обнаруживается дефект переднего или заднего края. Полная нестабильность тазового кольца относится к седьмому типу.

Таблица 1 – Классификация костных дефектов вертлужной впадины DGOT

Тип	Формулировка	Описание
Тип I	Простые полости	После удаления расшатанного вертлужного компонента кольцо вертлужного компонента остается сохраненным, крыша и края вертлужного компонента не повреждены
Тип II	Односегментарный центральный дефект	Сегментарный дефект медиальной стенки, который обычно развивается в результате центральной протрузии имплантата. Отмечается перфорация дна вертлужной впадины и, следовательно, значительное его ослабление. Остальная часть кольца не разрушена
Тип III	Односегментарный дефект крыши, сегментарный дефект верхнего края вертлужной впадины в зоне основной нагрузки	Возникает после краниальной миграции расшатанной чашки. Костные структуры остальной части кольца вертлужной впадины практически не повреждены
Тип IV	Односегментарный дефект переднего или заднего краев вертлужной впадины	Сегментарный дефект кости расположен либо по переднему, либо по заднему краю вертлужной впадины. Как изолированный тип дефекта он встречается редко. Тем не менее он должен быть указан по систематическим причинам. Главным образом, такой дефект встречается при посттравматических артрозах или при дисплазии
Тип V	Бисегментарный верхнецентральный дефект	Относительно распространенный тип дефекта кости верхнего края и дна вертлужной впадины, возникающий после кранио-центральной миграции расшатанной чашки
Тип VI	Трехсегментарный дефект (крыша, дно и край вертлужной впадины)	В этом дефекте кости, в дополнение к комбинированному дефекту V типа, обнаруживается дефект переднего или заднего края
Тип VII	Нестабильность тазового кольца	При этом дефекте нет костного соединения между верхней и нижней частями вертлужной впадины. Эти сегменты могут перемещаться относительно друг друга, отмечается полная нестабильность тазового кольца. Передняя и задняя стенки имеют дефекты

Классификация DGOT во многом повторяет систему AAOS, но, к сожалению, в ней, как и в предыдущей классификации, плохо детализирована величина дефекта. Определение типа осуществляется после соответствующей локализации ведущих дефектов. Во всех типах дефектов могут присутствовать простые полости и дефекты кости <50% других сегментов вертлужной впадины. Таким образом, окончательная оценка в соответствии с этой классификацией возможна только интраоперационно, после удаления вертлужного компонента.

Данная система оценки описывает степень тяжести дефекта, но ввиду отсутствия указания на объем основного дефекта также является недостаточно объективной.

Все названные выше классификации описывают дефекты вертлужной впадины без уточнения локализации дефекта и объемов потерь костной ткани.

В 2011 году Р.М. Тихилов и соавт. предложили новую классификацию, описывающую дефекты вертлужной впадины по их расположению. Дефекты разделены на три большие группы: последствия переломов дна вертлужной впадины с небольшим смещением отломков или после остеосинтеза задних отделов, вторая – посттравматические дефекты в области задней стенки и/или крыши вертлужной впадины различной протяженности вследствие переломов задних отделов вертлужной впадины, третья – с полным нарушением анатомии вертлужной впадины в результате дефекта задней стенки, крыши, а также в результате сращения костных фрагментов в порочном положении [34].

На основе классификации, предложенной в 2011 году Р.М. Тихиловым и соавторами, в 2021 году А.В. Цыбин и соавторы предложили классификацию ASPID, которая основывается на трех критериях оценки: локализации деформации, степени смещения стенок вертлужной впадины и целостности тазового кольца [41].

При использовании классификации ASPID определяется локализация деформации: передней – A, верхней – S, задней – P и внутренней стенок – I, затем определяется смещение в диапазонах от 0–5 мм (0 степень смещения), 6–15 мм (1 степень смещения) и более 15 мм (2 степень смещения) и оценивается целостность тазового кольца со стороны вовлеченной вертлужной впадины – D0 (сохранение целостности тазового кольца) и D1 (нарушение целостности тазового кольца). При наличии металлоконструкции в области одной из стенок ставится пометка H (от английского hardware).

А.В. Цыбин и соавт. описали 117 компьютерных томограмм пациентов, которым в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена было выполнено первичное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу коксартроза с наличием посттравматических деформаций вертлужной впадины. На основании

разработанной классификации ASPID, авторами был произведен анализ распределения значений (мм) отдельно для каждой стенки вертлужной впадины. Представленные комбинации смещений указывают на отсутствие среди 117 случаев изолированного смещения передней стенки, изолированное смещение верхней стенки встречалось в 2 случаях, задней стенки – в 1 случае, изолированное смещение медиальной стенки не встречалось. Нарушение целостности тазового кольца выявлено в 9 случаях. Анализ 117 случаев деформаций стенок вертлужной впадины (241 смещение) указал на превалирование смещений верхней стенки вертлужной впадины (36%), смещение всех стенок вертлужной впадины встречалось в 1% случаев, а наиболее часто встречающееся смещение каждой стенки – смещение I степени (6–15 мм) [41].

Д.В. Мартыненко и соавт. предложили способ описания деформаций вертлужной впадины по двухмерным плоскостным рентгенограммам, основанный на определении вертлужного квадрата – места стандартного расположения в вертлужной впадине сферичной головки бедренной кости или полусферичного вертлужного компонента. Метод заключается в определении верхушки «фигуры слезы»; наиболее латеральных точек терминальной линии таза и крыши вертлужной впадины; верхней точки полости вертлужной впадины; медиальной и нижней точек вертлужного заполнения и построении сторон вертлужного квадрата – медиальной, нижней, латеральной и верхней ограничивающих линий [19**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Однако при неправильно сросшихся переломах вертлужной впадины расположение фигуры слезы на стороне перелома далеко не всегда соответствует анатомическим правильным ориентирам, особенно при медиальном смещении лобково-седалищного сегмента.

Соединение верхушки «фигуры слезы» и латеральной точки терминальной линии таза формировало медиальную сторону вертлужного квадрата, перпендикуляр к ней, проведенный через верхушку «фигуры слезы» в его нижнюю сторону. Латеральная сторона проводилась либо через точку пересечения восходящей диагональной линии – биссектрисы из верхушки

«фигуры слезы» с контуром крыши вертлужной впадины, либо являлась частью проекции наиболее латеральной точки крыши вертлужной впадины на нижнюю сторону квадрата. Верхняя сторона являлась перпендикуляром, соединяющим точку пересечения восходящей диагональной и латеральной ограничивающей линий с медальной стороной вертлужного квадрата. Область деформированной вертлужной полости за пределами вертлужного квадрата оценивалась как дефект вертлужной впадины.

Недостатками метода является его поливариативность – авторами предложено 25 вариантов деформаций вертлужной впадины, что затрудняет повседневное клиническое использование данного метода. Кроме того, оценка проводится только по плоскостным двухмерным рентгенограммам, что снижает диагностическую ценность метода.

Таким образом**,** в современной травматологии и ортопедии на данной момент не существует общепринятой системы оценки посттравматических изменений вертлужной впадины, таких как дефект и деформация, что, в свою очередь, крайне затрудняет как анализ результатов первичного эндопротезирования у данной группы больных, так и разработку системного подхода в выборе хирургической тактики [42]. При попытке описать локализацию и характер патологических изменений большинство авторов использует либо классификации переломов вертлужной впадины, такие как AO/ASIF [67, 156, 216], либо классификации периацетабулярного остеолизиса, изначально разработанные для ревизионного эндопротезирования, такие как AAOS [79], DGOT [59], A.E. Gross и K.J. Saleh [81], W.G. Paprosky [173].

Однако оба этих подхода не лишены существенных недостатков; так, попытки использования классификаций острых повреждений таза для оценки посттравматических изменений вертлужной впадины при первичном эндопротезировании не могут отразить все особенности, которые могут существенно повлиять на выбор хирургической тактики для стабильной и корректной имплантации вертлужного компонента эндопротеза, а описательные системы для ревизионного эндопротезирования не могут в полной мере отразить

состояние костной ткани в условиях посттравматических изменений вертлужной впадины.

1.6 Современное состояние проблемы лечения посттравматических коксартрозов

К сожалению, в современной литературе встречается сравнительно небольшое количество проспективных мультицентровых исследований, включающих большую выборку случаев, длительные сроки наблюдения и анализ результатов лечения пациентов с посттравматическим коксартрозом.

В рамках данного диссертационного исследования был проведен анализ публикаций в зарубежной и отечественной печати с глубиной поиска 25 лет – с 1995 по 2020 гг. В анализ включали исследования, посвященные тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава у пациентов старше 18 лет с последствием травм вертлужной впадины. При проведении анализа в случаях, если работа была посвящена не только тотальному эндопротезированию, но и другому типу хирургического вмешательства (артродезированию тазобедренного сустава, остеосинтезу вертлужной впадины), оценивали только результаты, полученные после тотального эндопротезирования.

В случае наличия результатов эндопротезирования у пациентов с другими этиологиями коксартроза (идиопатический, диспластический) оценивали только результаты лечения посттравматических артрозов. Исследования, посвященные экстренному и срочному эндопротезированию по поводу переломов вертлужной впадины, не рассматривались. Публикации, посвященные эндопротезированию, проведенному пациентам с патологическими, перипротезными переломами, а также постимплантационными дефектами вертлужной впадины на фоне миграции ацетабулярного компонента, подлежали исключению из исследования.

Поиск проводили в таких базах данных, как PUBMED, SCOPUS, Google Scholar, Cochrane library, E-library. Рассматривались работы, написанные либо на английском, либо на русском языке, остальные работы не рассматривались, даже

при наличии англоязычного резюме. Для поиска в зарубежных источниках использовали ключевые слова: acetabular, fracture, arthroplasty, post traumatic arthritis.

Для поиска русскоязычных работ использовали ключевые слова: вертлужная впадина, перелом, тотальное эндопротезирование, посттравматический артроз. В исследование не включали работы, посвященные обзору клинических случаев и исследования, где количество наблюдений было менее 10, а сроки наблюдения − менее 12 месяцев. Критериями исключения являлись неполнотекстовые публикации (тезисы, рефераты), а также публикации реферативного характера. Данные сроки наблюдения были взяты как критерии включения, поскольку во многих работах, посвященных эндопротезированию, данный срок считается достоверным [144, 206].

Еще одним критериями исключения являлся процент пациентов с отслеженными отдаленными результатами лечения. Исследования, в которых проанализированы результаты лечения менее чем в 70% от общего количества случаев, были рассмотрены, однако в итоговый анализ включены не были [50].

Исследуемыми критериями при проведении анализа являлись демографические показатели пациентов (количество, возрастной состав), срок, прошедший от травмы до проведения тотального эндопротезирования, тип дефекта костной ткани вертлужной впадины, характеристики оперативного вмешательства (операционный доступ, тип фиксации имплантатов, наличие остеопластики, время операции, кровопотеря), клинические и функциональные результаты лечения.

Для оценки отдаленных результатов анализировали сроки, количество, характеристики и причины развития осложнений, а также процент и сроки потребовавшихся ревизионных вмешательств, выживаемость имплантатов.

Поиск литературы в базах данных для проведения исследования проводился 2 авторами, найдено 1843 заголовка, 1022 заголовка были исключены по причине повторения. 821 публикация была изучена 2 авторами, независимо друг от друга, проведен анализ выбранных работ на предмет критериев включения и

исключения. Было отобрано 47 полнотекстовых публикаций для анализа исследований. Часть публикаций после детального изучения полнотекстовых версий была исключена: 7 исследований были не на русском или английском языке [75, 85, 89, 142, 176, 227, 231], 8 публикаций были посвящены экстренному или срочному эндопротезированию [63, 94, 108, 138, 169, 185, 189, 190], в 11 публикациях были доложены единичные клинические случаи либо количество наблюдений было менее 10 [22, 38, 43, 68, 78, 122, 199, 210, 211, 218, 226]. В одном исследовании период наблюдения был менее 12 месяцев [170]. По окончании рассмотрения исследований по критериям включения и исключения была составлена блок-схема PRISMA [27, 160] (рисунок 2).

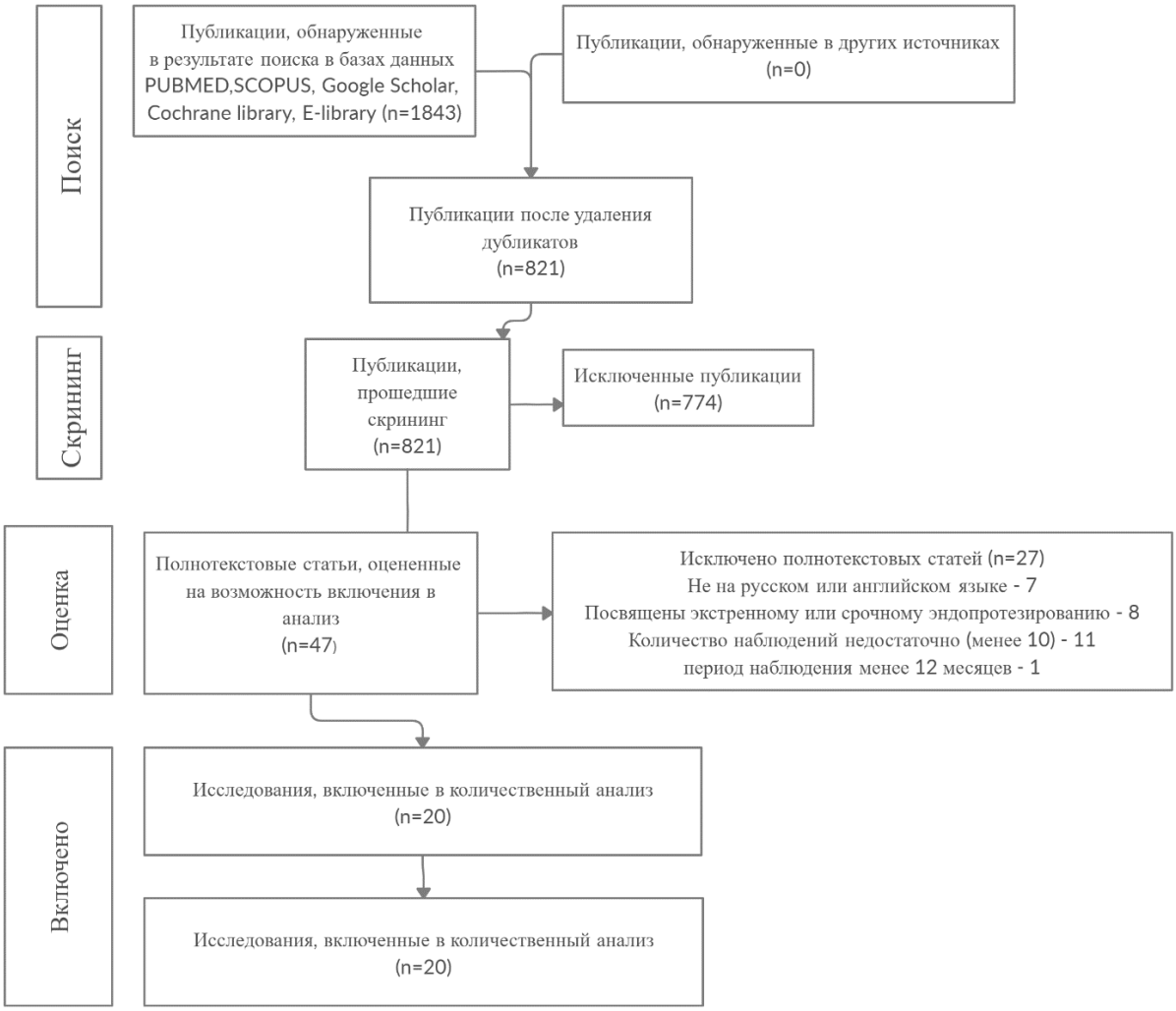


Рисунок 2 – Блок-схема исследования

По результатам анализа статей в исследование были включены 20 публикаций (таблица 2).

Таблица 2 − Исследования, посвященные тотальному отсроченному эндопротезированию у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины

Автор	Год	Возраст пациентов	Количество случаев	Годы исследования	Срок наблюдения годы
Chiu FY	2015	51	56	1996-2010	10
Khurana S	2015	58	22	2005-2013	4,4
Morison Z	2016	51	74	1987 – 2011	2
Lizaur-Utrilla A	2012	56,4	24	1992 – 2005	8
Zhang L	2011	46,6	53	1998 – 2007	5,3
Ranawat A	2009	52	32	1995 – 2003	4,7
Berry DJ	2002	49,7	33	1984 – 1990	10
Bellabarba C	2001	51	30	1984-1995	5,2
Huo MH	1999	52	21	1985-1993	5,4
Weber M	1998	52	63	1970-1993	9,6
Clarke-Jenssen J	2017	54	52	1995 – 2014	8
Schreurs BW	2005	53	20	1980-2005	9,5
Sermon A	2008	53	121	1983-2003	2,6
Lai O	2011	51	31	2000-2003	6,3
Гудз А.И.	2017	45,7	150	2004-2016	2
Шестерня Н.А.	2016		96	2011-2016	5
Пронских А.А.	2019	46,1	221	2012-2018	2
Грищук А.Н.	2015	42	12	2009-2014	5
Гарькавый Н.Г.	2017	42	17	2012-2016	1
Тихилов Р.М.	2005	42	56	1996-2004	4

Общее количество клинических наблюдений составило 1184 пациента – от 12 до 221. Сроки оперативного лечения пациентов охватили период с 1984 по 2018 гг. Сроки наблюдения составили в среднем 5,5±1,19 года – от 2 до 18 лет. Средний возраст пациентов составил 56,4±12,7 лет, от 19 до 90 лет, медиана – 51 год. В 11 исследованиях был приведен половой состав: соотношение мужчин и женщин составило в среднем 66,2% мужчин и 43,8% женщин. В 10 исследованиях был приведен срок, прошедший с момента травмы до тотального

эндопротезирования, средний срок составил 8±2,7 года – от 3,1 до 20 лет, медиана – 6,7 лет.

В 8 исследованиях была указана средняя продолжительность операции – от 81 до 179 минут, в среднем – 109±24,2 минуты, медиана – 93 минуты. Объем кровопотери исследовался в 7 исследованиях – средняя интраоперационная кровопотеря составила от 314 до 1100 мл, в среднем – 820±316 мл, медиана – 898 мл. При проведении анализа оценивали такой параметр, как оперативный доступ. В 13 публикациях указывался тип оперативного доступа. В 6 публикациях (345 случаев) использовали различные варианты заднего доступа. В 6 исследованиях (440 случаев) использовали модифицированный переднелатеральный доступ Хардинга, у 21 пациента оперативное вмешательство проводили с использованием оригинального модифицированного переднего доступа [125].

При анализе публикаций выявлено, что исследования функциональных результатов в большинстве публикаций (15 работ из 20) проводилось путем определения результата по шкале Harris Hip Score (HHS). В 10 исследованиях сравнивали уровень функции сустава до операции и после эндопротезирования. В остальных 5 исследованиях определяли только показатель HHS после операции.

При проведении анализа нами было выявлено, что среднее значение HHS до операции составило 39,4±11 баллов, минимум – 28 баллов, максимум – 49 баллов [133, 232]. Медиана – 38 баллов. Среднее значение послеоперационного показателя HHS – 86,2±22 балла. Минимум – 77 и 78 баллов [9, 140], максимум – 93 балла [192]. Медиана составила 88 баллов.

При анализе публикаций на предмет послеоперационных осложнений было выявлено, что в среднем осложнения, вследствие которых потребовалось последующее ревизионное вмешательство, развились в 13,47±2,91% случаев, от 1,7% [9] до 26% [36], медиана составила 13,75% (таблица 3).

Также был проведен анализ послеоперационных осложнений, не связанных напрямую с методом оперативного лечения. К таким осложнениям относятся различные виды нейропатий седалищного и бедренного нервов, а также гетеротопическая оссификация тканей в области сустава (таблица 4).

Таблица 3 − Распределение осложнений

Осложнение	Рецидивирующий вывих	Асептическое расшатывание компонентов	Перипротезная инфекция
Среднее значение	7,29±1,63 %	8,15±1,82 %	7,89±1,86 %
Медиана	6,00%	5,50%	5,90%

Таблица 4 − Распределение осложнений

Осложнение	Нейропатия	Гетеротопическая оссификация
Среднее значение	5,99±2,26 %	28,9±10 %
Медиана	5,70%	34%

Во всех исследованиях, включенных в анализ, авторы использовали остеопластику для замещения дефектов. Для замещения кавитарных дефектов использовали костную стружку из фрез, для замещения сегментарных дефектов – структурные трансплантаты. Использовали как аутотрансплантаты, так и аллотрансплантаты.

Изучая функциональные результаты, приведенные в исследованиях, можно сделать вывод об эффективности оперативного вмешательства, которое позволило восстановить функцию сустава в послеоперационном периоде и улучшить качество жизни пациентов. Наиболее высоких показателей добились M. Weber и соавт. (1998 г.) [223], B.W. Schreurs и соавт. (2005 г.) [192], а также M.H. Huo и соавт. (1999 г.) [116], которые получили уровень функции сустава по 93, 93 и 90 баллов по шкале HHS соответственно, который можно оценить как средний. Необходимо отметить, что эти исследования проводились в 1970 г. (M. Weber и соавт.), 1980 г. (Schreurs и соавт.) и 1985 г. (Huo и соавт.). В более современных исследованиях, включающих результаты лечения пациентов с 2010 по 2020 гг. [8, 11, 45], послеоперационный показатель HHS также оставался высоким – все результаты были расценены как хорошие и отличные.

При проведении анализа была выявлена разница между исследованиями по такому параметру, как процент потребовавшихся ревизионных вмешательств – от 1,7% до 32%. Наиболее высокий процент ревизионных вмешательств был описан

в исследованиях Z. Morison [162] и Berry и соавт. [58] – 30% и 32% соответственно. Основной причиной, по которой в послеоперационном периоде понадобилось ревизионное вмешательство, стало асептическое расшатывание компонентов. Вышеуказанные авторы пришли к выводу, что увеличение количества ревизионных вмешательств обусловлено такими факторами, как относительно молодой возраст пациентов (51 и 49,7 лет), склерозирование нативной кости, наличие дефектов и выраженные анатомические изменения вертлужной впадины, а также осложнения, связанные с наличием металлоконструкций.

При проведении анализа осложнений и отдаленных функциональных результатов какой-либо статистически значимой разницы между использованием различных доступов не было выявлено, что соответствует результатам исследований других авторов [150, 179].

В исследованиях Z. Morison [162] и D.J. Berry и соавт. [58] в 96% клинических случаев были установлены имплантаты бесцементной фиксации. По сравнению с данными, приведенными M. Weber [223] и J. Clarke-Jenssen [76], в ходе которых в большинстве случаев (63,4% и 64,3%) использовали вертлужные компоненты цементной фиксации, в отдаленном периоде компоненты бесцементной фиксации демонстрируют более высокую выживаемость. В более ранних исследованиях D.W. Romness, D.G. Lewallen, использовали вертлужные компоненты цементной фиксации и в отдаленном периоде (через 10 лет после эндопротезирования) выживаемость имплантатов составила всего 50% [187].

В исследованиях Z. Morison и D.J. Berry высказано предположение, что износ полиэтиленового вкладыша, последующий остеолизис и расшатывание компонентов у молодых пациентов с поражением одного сустава обусловлено высокой степенью активности и использованием толстых вкладышей. D.J. Berry и соавт. в своей публикации указывают, что использование бесцементных вертлужных компонентов первого и второго поколения также приводит к большему износу полиэтилена и к необходимости ревизионного вмешательства на более ранних сроках [58, 162].

Данные исследований F.Y. Chiu и соавт. и L. Zhang и соавт., в которых сообщалось о частоте ревизий 5% и 2% соответственно, также свидетельствуют о том, что выбор материала ацетабулярного компонента и вкладыша влияют на срок выживаемости конструкции [74, 232]. F.Y. Chiu и соавт. в своих работах описывают использование вертлужных компонентов с покрытием из трабекулярного металла и отмечают, что на протяжении исследования не было выявлено ни одного случая расшатывания компонентов [74]. L. Zhang и соавт. описывают использование пары трения керамика–керамика более чем в 50% случаев, не отмечая высокого процента развития остеолизиса перипротезной костной ткани, что еще больше подтверждает идею о том, что использование ацетабулярных компонентов из трабекулярного металла и керамических пар трения позволяет добиться большей выживаемости компонентов эндопротеза [232].

В метаанализе K.G. Makridis (2014 г.) проведено сравнение десятилетней выживаемости имплантатов цементной и бесцементной фиксации. Авторы пришли к выводу, что статистически значимой разницы выявлено не было, однако выживаемость бесцементных вертлужных компонентов была выше (86,7%), чем компонентов цементной фиксации (81%) [144]. Примечателен тот факт, что авторы дополнительно сравнили процент развития асептического расшатывания компонентов в исследованиях, в которых оперативное вмешательство проводилось до 1995 года, с более поздними. Было выявлено, что статистически достоверно процент ревизионных вмешательств по поводу асептического расшатывания компонентов был ниже в поздних публикациях.

Следующим осложнением, которое зачастую требует ревизионного вмешательства, является парапротезная инфекция. Наиболее высокий процент встречаемости данного осложнения был доложен в работах A. Ranawat (16% – 6 из 32 случаев) [116, 183] и Sermon (15,7% – 19 из 121 случая) [195]. В исследовании A. Ranawat и соавторы сообщают, что в 3 случаях инфекция была поверхностной и купирована без удаления эндопротеза, однако в 3 случаях парапротезная инфекция была глубокой и потребовала в 2 случаях двухэтапного

реэндопротезирования, а в одном случае привела к развитию сепсиса и летальному исходу.

Авторы в своих исследованиях связывают развитие глубокой парапротезной инфекции с присутствием в анамнезе септических осложнений, связанных с нестабильными металлоконструкциями после проведенного остеосинтеза. По данным A Ranawat и соавт., из 8 пациентов с отягощенным инфекционным анамнезом, у 6 развились септические осложнения и после тотального эндопротезирования. При сравнении количества септических осложнений при проведении тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическим и идиопатическим коксартрозом процент осложнений был статистически значимо выше – до 16%, как и время операции – среднее время оперативного вмешательства составило 160 минут [194, 221].

Теоретически более длительное время операции увеличивает травматичность вмешательства, кратно возрастает риск контаминации операционного поля, что увеличивает риск инфекционный области хирургического вмешательства [71]. На время операции влияют несколько факторов: индекс массы тела пациента, уровень подготовки операционной бригады, оснащенность учреждения и сложность перелома [113, 137, 207, 220].

Чем выше сложность хирургического вмешательства, чем более технически оснащенной должна быть клиника и опытнее хирург, поскольку в таких случаях приходится использовать широкий арсенал инструментария и имплантатов, что также увеличивает время операции [192]. Со временем увеличения оперативного вмешательства увеличивается и интраоперационная кровопотеря, нарастает анемический синдром, что также является причиной увеличения риска септических осложнений [11, 116, 162].

С целью прогнозирования развития септических осложнений некоторые авторы предлагают включить в предоперационный стандарт обследования определение маркеров воспаления в анализах крови, обязательное бактериальное исследование пунктатов и биоптатов тазобедренного сустава. В ряде публикаций предлагалось проводить обязательное полное или частичное удаление

металлоконструкций из области вертлужной впадины и выжидание хирургической паузы до проведения тотального эндопротезирования [55, 128].

Гетеротопическая оссификация является одним из наиболее распространенных осложнений после проведения тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическим коксартрозом. Z. Morison и соавт. сообщили о самой высокой встречаемости клинически значимых гетеротопических оссификатов – 43%, почти 40% из которых соответствовали II классу по Brooker. По данным Berry и соавт. [57], частота встречаемости гетеротопических оссификатов колебалась от 28% до 40%. По данным нашего анализа, частота встречаемости данного осложнения составила от 5,7% до 43%, однако возникновение клинически значимых гетеротопических оссификатов было описано только в 7 исследованиях из 20. C. Bellabarba и соавт. подчеркивают эффективность проведения профилактики, указывая, что только у 20% (2 из 8) пациентов, получавших профилактику, развилось это осложнение, по сравнению с 50% (11 из 22), которые не получали профилактического лечения.

В данном исследовании была высказана гипотеза, что индометацин может играть важную роль в снижении вероятности возникновения гетеротопической оссификации после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Предоперационное профилактическое облучение также может снизить вероятность развития этого типа осложнения [7, 57].

В 9 исследованиях результаты лечения сравнивали с контрольными группами. В 2 исследованиях сравнивали результаты эндопротезирования у пациентов, которым по поводу перелома проводилось консервативное или оперативное лечение [133]. В 2 исследованиях сравнивали результаты лечения пациентов с дефектами вертлужной впадины различной формы и объема [36, 45]. При проведении сравнительного анализа результатов лечения пациентов, которым проводилось тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу посттравматического и идиопатического коксартроза, в 4 исследованиях выявлено, что оперативное вмешательство в случае последствий травмы вертлужной впадины представляет более сложную задачу для хирурга, так как

статистически значимо увеличивается время оперативного вмешательства и объем кровопотери (в среднем на 360 мл больше). Также увеличивается и количество послеоперационных осложнений [2, 92, 105, 140, 162, 165, 194].

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что проведение тотального эндопротезирования тазобедренного сустава пациентам с посттравматическим коксартрозом, сопровождающимся дефектами вертлужной впадины, является актуальной проблемой современной ортопедии.

Данный вид вмешательства относится к случаям сложного эндопротезирования и сопровождается большей кровопотерей, длительностью оперативного вмешательства и большим процентом осложнений, чем при проведении рутинного эндопротезирования.

При наличии дефектов вертлужной впадины любой локализации требуется их замещение костными трансплантатами, опорными аугментами, зачастую для достижения стабильной фиксации компонентов требуется использование индивидуальных конструкций и имплантатов.

Несмотря на большую выборку исследований, в настоящий момент не существует общепринятой классификации посттравматических дефектов вертлужной впадины, а также общепринятого алгоритма хирургического лечения данной патологии в зависимости от типа, характера и локализации дефекта.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование носило многоэтапный характер. Первым этапом проведен анализ литературы, материалы, результаты которого изложены в главе 1. В ходе проведения анализа были определены гипотезы исследования.

Первой была выдвинута гипотеза о влиянии предшествующего лечения перелома вертлужной впадины на клинический, функциональный результат тотального эндопротезирования, а также на количество и структуру осложнений. Для подтверждения данной гипотезы проведено ретроспективное контролируемое групповое нерандомизированное исследование, ход и результаты которого изложены в параграфе 3.1.

Пациенты были разделены на 2 группы: в I группу включены 179 больных, которым оперативное лечение по поводу перелома вертлужной впадины либо не проводилось, либо суставная поверхность не была восстановлена, либо операция была выполнена в срок более 14 дней с момента травмы.

Во II группу включены 57 пациентов, которым в срок до 14 дней с момента травмы был проведен стабильный остеосинтез с анатомичным восстановлением суставной поверхности вертлужной впадины.

Следующей гипотезой было выдвинуто предположение о влиянии степени восстановления механических параметров тазобедренного сустава на клинический, функциональный результат тотального эндопротезирования, а также на количество и структуру осложнений.

Был проведен ROC-анализ, выявлена корреляция между пороговым значением степени смещения центра ротации и бедренного офсета оперированной стороны и развитием осложнений, достоверным ухудшением функциональных результатов эндопротезирования. Было проведено ретроспективно-проспективное контролируемое групповое нерандомизированное исследование, ход которого и результаты представлены в параграфе 3.2.

В группу 1 были включены 56 пациентов, у которых разница показателей смещения центра ротации и офсета не превышала 8 мм по каждому из параметров.

В группу 2 были включены 138 пациентов, у которых хотя бы по одному из параметров разница была более 8 мм.

Следующим этапом проведения настоящего диссертационного исследования стала разработка системного комплексного подхода к предоперационному планированию, формирование системы алгоритмов выбора тактики оперативного лечения, методов интраоперационного сопровождения.

Для оценки результатов применения вышеперечисленного было проведено ретроспективно-проспективное контролируемое групповое нерандомизированное исследование, ход и результаты которого изложены в главах 5 и 6.

Пациенты были разделены на две группы. В группу 1 были включены 72 пациента, которым предоперационное планирование, выбор хирургической тактики и оперативное лечение осуществлялись с использованием комплексного системного подхода, использовали вышеизложенные методы оперативного лечения, интраоперационного сопровождения и анестезиологического обеспечения. Лечение пациентов в данной группе исследования проводили с 2019 по 2023 гг.

В группу 2 (сравнения) были включены 164 пациента, которым предоперационное планирование осуществлялось стандартными методами (плоскостные шаблоны, виртуальные программы-планировщики), выбор тактики оперативного лечения проводился на усмотрение оперирующего хирурга без использования разработанных алгоритмов в период с 2014 по 2018 гг.

В ходе выполнения исследования проведен статистический анализ структуры и количества послеоперационных осложнений. Путем построения однофакторных и многофакторных моделей логистической регрессии определены наиболее статистически значимые предикторы риска развития осложнений.

Были разработаны формулы подсчета риска развития осложнений, определены пути их профилактики. Ход исследования и результаты изложены в главе 7.

Отдельно были проанализированы результаты применения аддитивных технологий и имплантации индивидуальных вертлужных компонентов и аугментов. Определены показания и противопоказания к их применению. Блок-схема дизайна исследования представлена на рисунке 3.

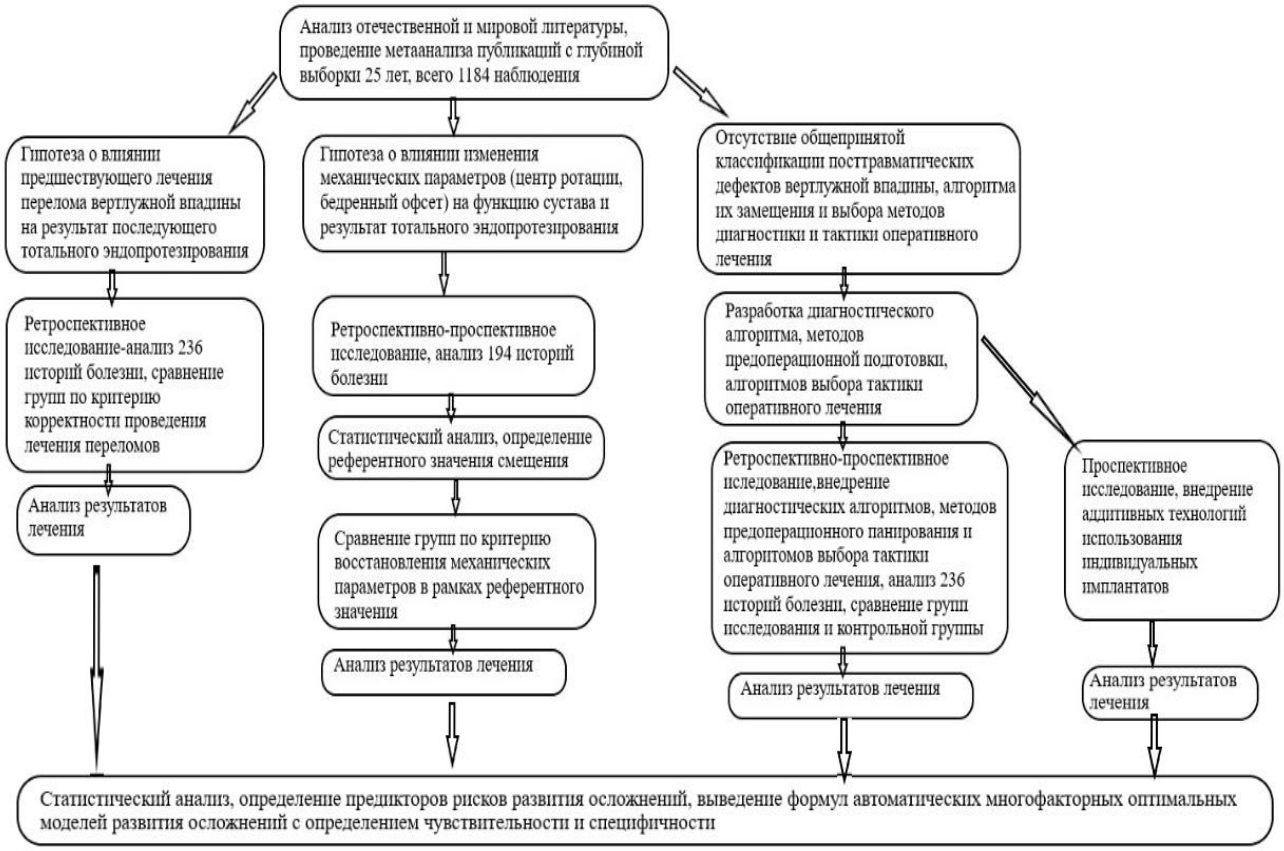


Рисунок 3 – Блок-схема дизайна исследования

2.1 Характеристика пациентов

В исследование было включено 236 пациентов с диагнозами посттравматический коксартроз 3 стадии, посттравматический асептический некроз головки бедренной кости, ложный сустав вертлужной впадины,

посттравматическая деформация вертлужной впадины, вторичный посттравматический артроз, коды МКБ М16.5, М87.2, М21, М19.

Все пациенты предоставляли архивную документацию: выписки из историй болезни, рентгенограммы таза с тазобедренными суставами после получения травмы вертлужной впадины.

Всем пациентам в период с 2014 по 2023 гг. в клинике эндопротезирования ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна было проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Критериями включения в исследование были следующие параметры: возраст старше 18 лет, наличие посттравматического коксартроза 3 стадии и дефекта вертлужной впадины I и обширнее по классификации AAOS [79]. Критериями невключения являлись молодой возраст пациентов (младше 18 лет), а также наличие хронического инфекционного процесса в области пораженного тазобедренного сустава. Критериями наличия инфекционного процесса являлось выявление одного из первостепенных и минимум трех второстепенных стандартизированных второй международной согласительной конференцией по скелетно-мышечной инфекции критериев.

Первостепенными или достоверными критериями считали:

- наличие свищевого хода, сообщающегося с полостью сустава;
- или два положительных результата посева с фенотипически идентичными микроорганизмами.

Малыми или второстепенными критериями перипротезной инфекции являлись:

- повышение уровня С-реактивного белка в плазме крови ≥ 10 мг/л;
- повышение СОЭ ≥ 30 мм/час (СОЭ);
- результаты цитологического исследование пунктата синовиальной жидкости – количество лейкоцитов >3000 клеток/мкл;
- доля палочкоядерных нейтрофилов в синовиальной жидкости >70%;
- единичный положительный посев бактерий;
- положительный посев интраоперационной культуры;

- отсутствие других не санированных очагов хронической инфекции.

Возрастной состав исследуемой категории пациентов привелен в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика распределения пациентов по возрастному составу

Показатель	(n=236)
Средний возраст, лет	53,87±0,87
Минимум/Максимум	24/84
Медиана	56

Половой состав представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика распределения пациентов по полу

Пол	Количество n, (%)
Мужчины	168 (71,2%)
Женщины	68 (28,8%)

Оценку типа предшествующей травмы проводили по архивным рентгенограммам с определением типа перелома по классификации AO/OTA. Распределение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Распределение пациентов по типу предшествующей травмы – перелома вертлужной впадины по классификации AO/OTA 62 (A,B.C)

Тип перелома	Количество (n=236)
A1	36 (15,2%)
A2	37 (15,6%)
A3	31 (13,1%)
B1	53 (22,4%)
B2	30 (12,7%)
B3	26(11%)
C1	7 (2,9%)
C2	12 (5%)
C3	3 (1,2%)

Тип дефекта вертлужной впадины определяли по классификации AAOS. Распределение представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Распределение пациентов по типу дефекта по классификации AAOS

Тип дефекта	Количество (n=236)
I	30 (12,7%)
II	128 (54,2%)
III	74 (31,3%)
IV	3 (1,2%)
V	1 (0,4%)

Как правило, предоперационное обследование проводится амбулаторно в условиях поликлиники или диагностического центра по месту жительства, госпитализации в стационар не требуется.

Перечень анализов и инструментальных исследований при госпитализации в хирургический стационар является стандартным для предоперационного обследования: общий и биохимический анализ крови, УЗИ сосудов нижних конечностей, УЗИ органов брюшной полости, ЭКГ, ФГДС, заключения профильных специалистов (терапевта, кардиолога, невролога, стоматолога, гинеколога) о толерантности к оперативному лечению. Результаты этих исследований в работе не исследовались, поскольку не могут являться параметрами объективной оценки клинического или функционального состояния пациента, а интерпретировались только для определения толерантности пациента к проведению тотального эндопротезирования.

2.2 Клинические методы обследования

Исследование ортопедического статуса пациента проводилось в положении стоя и в положении лежа. При выполнении осмотра оценивали положение пациента, способность к самостоятельному передвижению, использование средств внешней опоры. При ходьбе оценивали походку, степень выраженности хромоты и тип патологической походки. При исследовании оси конечности оценивали наличие видимой деформации нижних конечностей, ее визуальную вершину и тип, также определяли наличие разницы длины конечностей, и за счет чего происходит ее компенсация.

После выполнения визуального осмотра обращают внимание на интенсивность и локализацию болевого синдрома в исследуемой области, локальное изменение температуры, наличие отека, флюктуации и крепитации. Обязательно определяли объем активных и пассивных движений в суставе. Всем пациентам проводили исследование таких специфических тестов, как FADIR (flexion, adduction, internal rotation) − тест флексии-аддукции-внутренней ротации и FABER (Flexion, Abduction and External Rotation) − тест флексии-абдукции-наружной ротации симптомов. Определяли наличие или отсутствие патологической подвижности.

2.3 Лучевые методы исследования

Рентгенологическое исследование является рутинным исследованием для пациентов с травмами вертлужной впадины и их последствиями. Рентгенография проводилась на базе рентгенологического отделения клиники всем пациентам, включенным в исследование. Выполняли обзорную рентгенографию костей таза с захватом обоих тазобедренных суставов с фокусным расстоянием 115 см в положении лежа на спине, постуральные рентгенограммы в положении стоя с нагрузкой при поступлении в стационар, после эндопротезирования, на момент выписки и через 6 месяцев после операции (рисунок 4).

По архивным данным рентгенографии определяли локализацию и тип перелома, наличие дислокации головки бедренной кости и признаки ее повреждения.

При проведении рентгенографии пациентам с последствиями переломов вертлужной впадины при поступлении в стационар обращали внимание на степень консолидации перелома, деформацию колонн вертлужной впадины, наличие дефектов костной ткани.

На рентгенограммах при застарелых переломах, возможно определить такие изменения, как аваскулярный некроз головки бедренной кости и остеолизис костных отломков (рисунок 5).

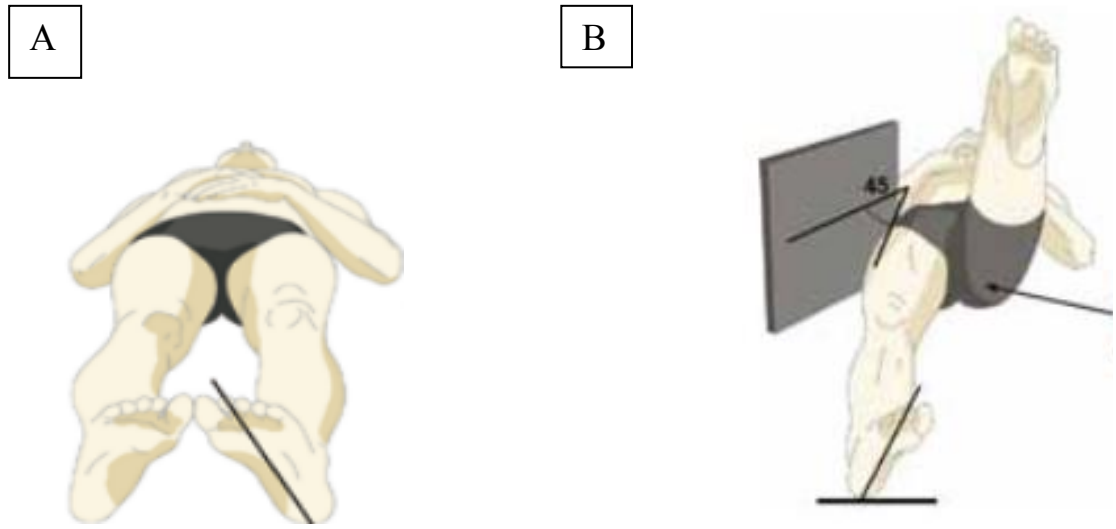


Рисунок 4 – Укладка пациента в положение лежа для выполнения рентгенографии тазобедренного сустава: А – прямая проекция; В – боковая проекция [31, 34]

Рисунок 5 − Обзорная рентгенография таза в переднее-задней проекции. Консолидированный перелом заднего края вертлужной впадины, большого вертела бедренной кости в условиях остеометаллосинтеза

Рентгенографию выполняли на этапе госпитализации в стационар, в послеоперационный период (на 3–5 день с момента операции) и через 6 месяцев после проведенного первичного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Анализ степени смещения механических параметров проводили на стандартных рентгенограммах и срезах МСКТ в формате DICOM.

Центр ротации здорового тазобедренного сустава определяли, отмечая три диаметра на окружности головки бедренной кости, в точке их пересечения отмечали центр ротации. Центр ротации патологически пораженной стороны отмечали аналогичным образом при условии сохранной структуры головки.

В случаях деформаций головки или асептического некроза, окружность здоровой головки переносили на патологическую сторону, проецируя окружность с учетом сохранной части головки (рисунок 6). Степень смещения измеряли, сравнивая параметры здорового сустава – вертикальное, горизонтальное положение центра ротации, и аналогичные параметры патологически измененного сустава.

Вертикальное положение центра ротации определяли, проводя перпендикуляр от центра ротации до линии, соединяющей фигуры слез (горизонтальная ось таза). Горизонтальное расстояние положение центра ротации определяли как расстояние от центра ротации тазобедренного сустава до вертикальной оси таза (линии, перпендикулярной горизонтальной оси и проходящей через середину крестца и середину лонного сочленения) по линии, параллельной линии, соединяющей фигуры слез.

Смещением в вертикальной плоскости считали разность между показателем здорового сустава и показателем патологически измененного сустава в абсолютных единицах – миллиметрах. Аналогичным образом измеряли степень смещения в горизонтальном направлении. Измерение данных параметром не требует проведения дополнительных методов обследования и определяются по обычным плоскостным рентгенограммам таза в прямой проекции, выполненных с фокусным расстоянием 1 м 15 см.

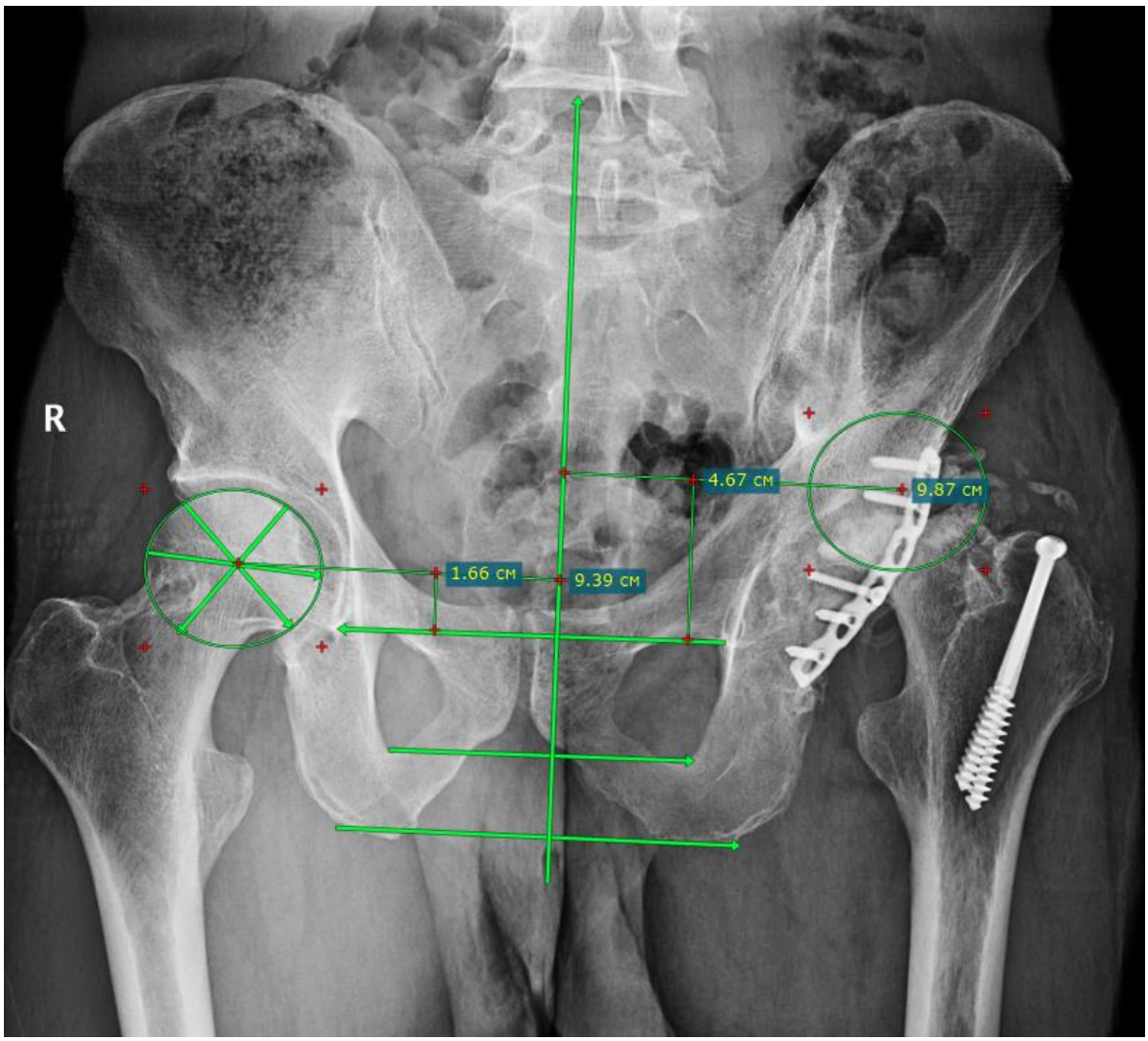


Рисунок 6 – Определение вертикального и горизонтального смещения центра ротации патологически измененного сустава в случае асептического некроза головки бедренной кости

На рентгенограммах таза с тазобедренными суставами в прямой проекции измеряли такой параметр, как разность бедренных офсетов здоровой и патологически измененной стороны. Измерение бедренного офсета проводили по стандартной методике: после построения анатомической оси бедренной кости на уровне верхушки большого вертела проводили линию от анатомической оси до центра ротации. Разность бедренного офсета здорового и патологически измененного контралатерального сустава определяли как степень изменения бедренного офсета и измеряли в абсолютных единицах измерения – миллиметрах (рисунок 7).

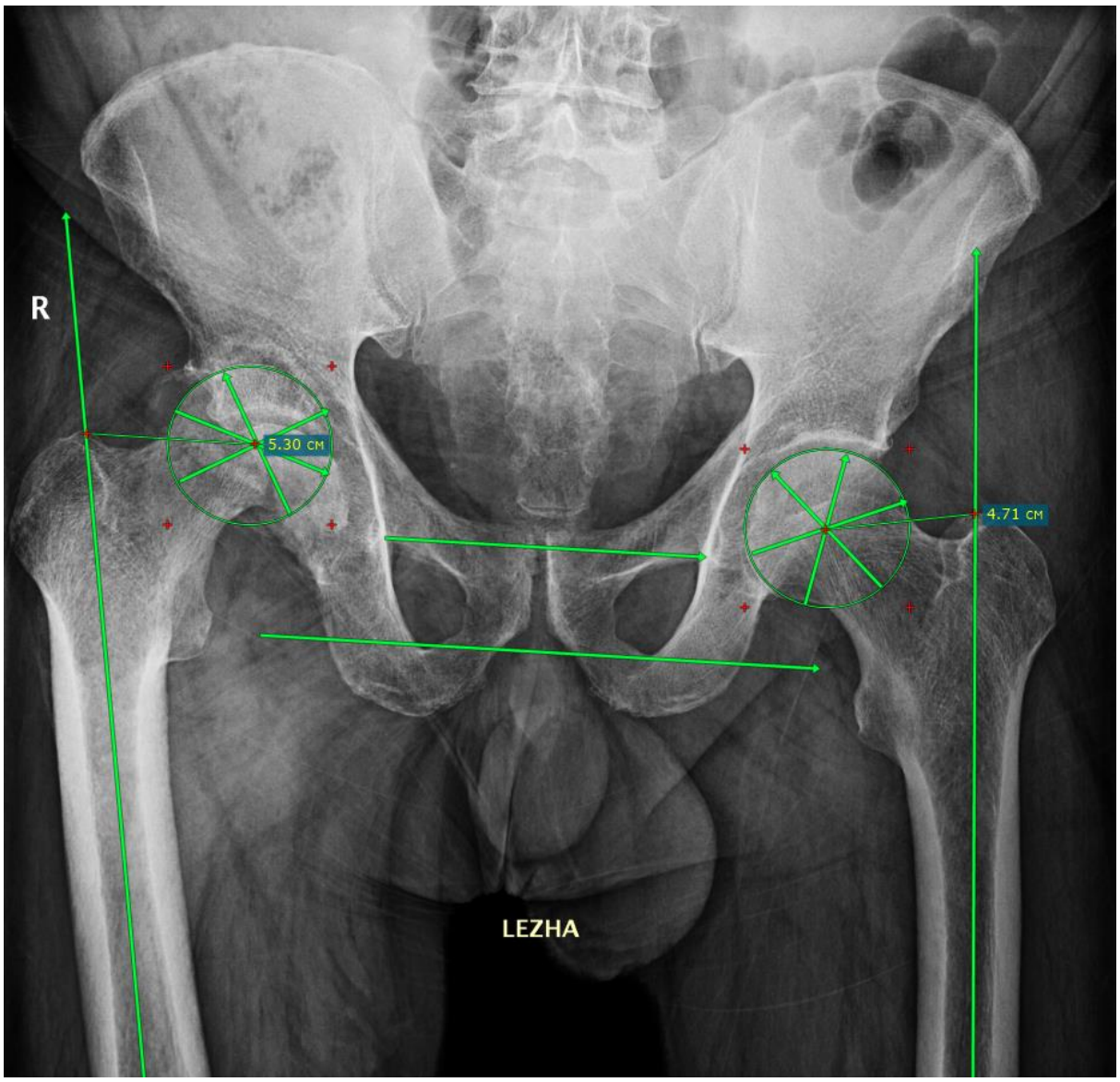


Рисунок 7 − Измерение бедренного офсета здорового и патологически измененного сустава

Кроме выполнения рутинного рентгенологического исследования, пациентам была проведена МСКТ таза с захватом тазобедренного сустава на компьютерном томографе Toshiba Aquilion 32. Необходимость проведения МСКТ обусловлена теми факторами, что наличие металлофиксаторов в области вертлужной впадины усложняет идентификацию линий перелома, а плоскостные изображения не позволяют детально определить объем дефекта костной ткани.

Исследование проводили в положении пациента на спине, в комфортном для него положении. Никаких манипуляций для контроля положения таза не проводили. С помощью лазерных указателей производили разметку зоны

изображения, при этом исследуемый сегмент должен располагаться в центре томографа.

Для сканирования использовали стандартизованный протокол для костей таза с наличием костных и мягкотканых фильтров (Pelvis orthopaedics).

Выполняли томограмму в прямой и боковой проекции, производили оценку томограмм: необходимо чтобы в плоскость сканирования попадал весь таз целиком, верхней границей является наивысшая точка подвздошных гребней либо, что более удобно, 3 поясничный позвонок. Нижней границей зоны сканирования является малый вертел бедренной кости. В случае если необходимо измерение бедренной антеверсии, выполняется дистальный срез через середину мыщелков бедренной кости.

1. Проводили сканирование таза от верхнего края крыла подвздошной кости (от третьего поясничного позвонка) до малого вертела.

2. Рекомендованная толщина аксиального среза – 1 мм.

3. Для верификации дефекта костной ткани, согласно общепринятой методике, проводили МСКТ таза с 3D-реконструкцией.

Затем этапно конвертировали данные в объемную модель с измерением плотности кости по шкале Hounsfield. Показатели в промежутке от 400 до 600 HU соответствуют плотности нормальной костной ткани костей таза, однако для прочной фиксации компонентов определили зоны в диапазоне от 478 до 2132 HU. В результате получили ряд изображений, по которым визуализируется наиболее плотная костная ткань. Очевидно, что увеличение анализируемых границ плотности напрямую связано с расширением границ дефекта.

По данным МСКТ оценивали такие параметры, как степень восстановления анатомичности суставной поверхности – наличие и величина ступенеобразного смещения, диастаза фрагментов суставной поверхности (рисунок 8).

Также по данным МСКТ определяли такой параметр, как степень смещения центра ротации патологически измененного сустава в передне-заднем направлении. Для измерения проводили аксиальную ось таза, на аксиальных

срезах определяли данную ось как линию, проходящую через крестцово-подвздошные сочленения, параллельно аксиальной оси крестца.

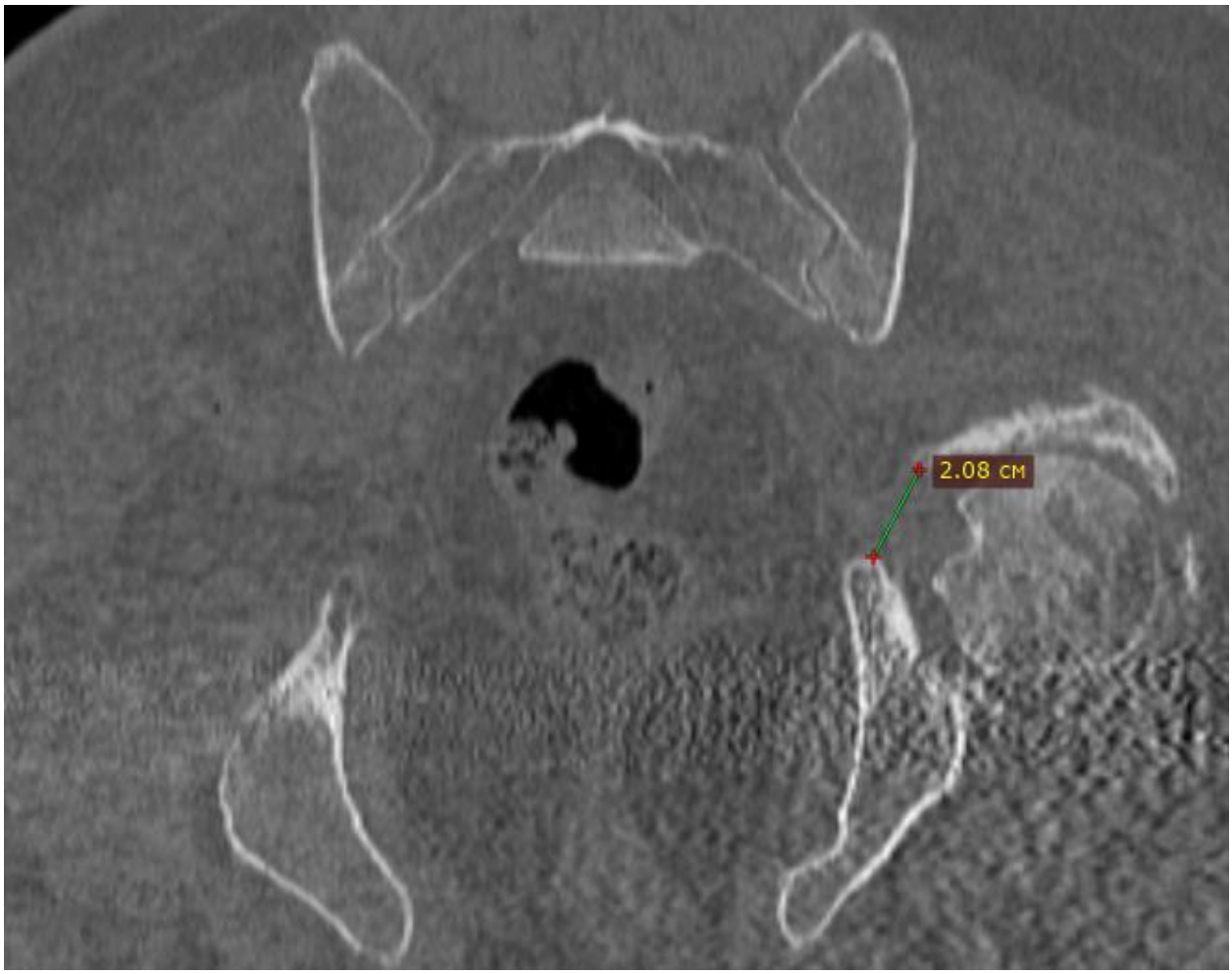


Рисунок 8 − МСКТ пациента с застарелым переломом обеих колонн вертлужной впадины. Величина диастаза между фрагментами суставной поверхности – 20 мм

После определения центров ротации здорового сустава и патологически измененного сустава в аксиальной проекции по вышеуказанной методике измеряли расстояние на перпендикулярах, проведенных от центров ротации до аксиальной оси таза. Разность данных показателей определяли как величину передне-заднего смещения в абсолютных единицах – миллиметрах (рисунок 9).

Предоперационное планирование и выбор способа реконструкции вертлужной впадины осуществляли с помощью плоскостных шаблонов и с использованием планировщика Medicad на базе модуля «Эндопротезирование» (рисунок 10).

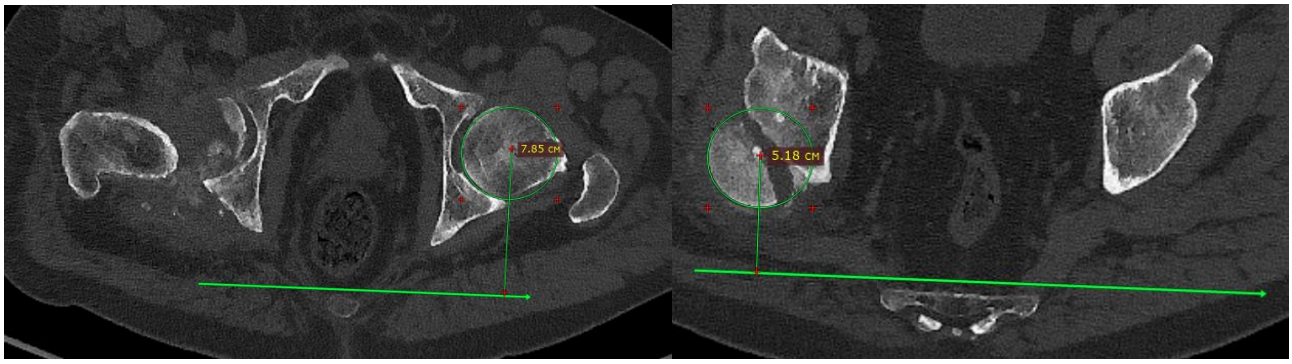


Рисунок 9 − Определение смещения центра ротации патологически измененного сустава в передне-заднем направлении относительно здорового сустава по данным МСКТ

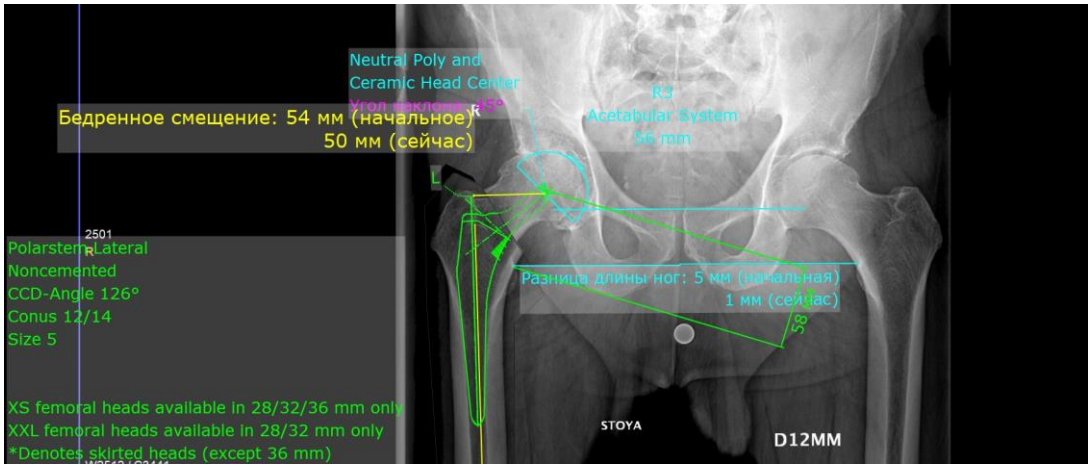


Рисунок 10 − Предоперационное планирование с использованием планировщика Medicad на базе модуля «Эндопротезирование»

Рентгенологическое исследование в послеоперационном периоде позволяет оценить состояние костной ткани вертлужной впадины, наличие очагов лизиса костной ткани в перипротезной области, а также дефект костной ткани, угол наклона, положение ацетабулярного компонента эндопротеза, наличие его дислокации.

На основании выявленных рентгенологических признаков делали заключение о степени стабильности компонента. Признаками нестабильного вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава являются: наличие линии просветления вокруг чашки шириной более 2 мм на протяжении не менее

2/3 окружности, или 2 и более зон DeLee-Charnley [84, 201], или значительных дефектов кости вертлужной впадины, дислокация вертлужного компонента; перелом фиксирующих винтов (рисунок 11).

Оценивали смещение головки эндопротеза вследствие износа полиэтиленового вкладыша, вывих бедренного компонента. Степень стабильности бедренного компонента определяли, анализируя наличие участков остеолизиса в зонах Gruen [153], целостность кортикального слоя бедренной кости, дислокацию бедренного компонента (рисунок 12).

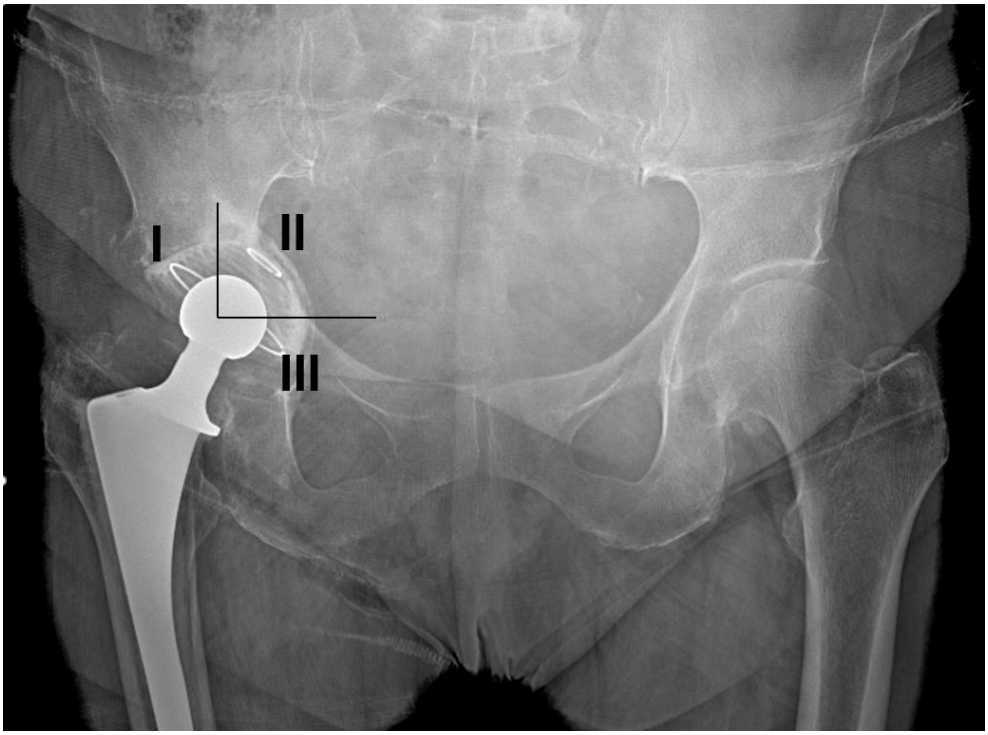


Рисунок 11 − Рентгенологические признаки асептического расшатывания ацетабулярного компонента – остеолизис более 2 мм во всех трех зонах DeLee-Charnley

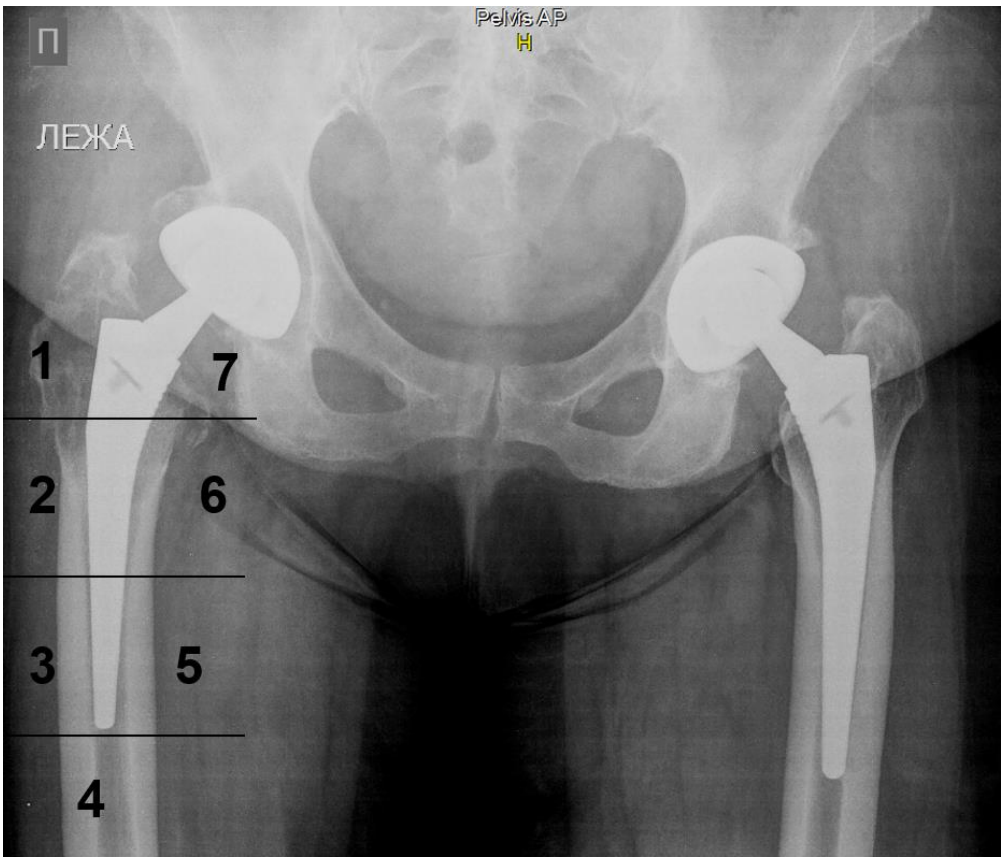


Рисунок 12 − Рентгенологические признаки асептического расшатывания бедренного компонента – остеолизис в двух зонах Gruen, дислокация бедренного компонента

Измеряли такие механические показатели оперированного тазобедренного сустава, как пространственное положение центра ротации сустава, бедренный офсет.

Алгоритм предоперационного обследования пациентов представлен в виде блок-схемы (рисунок 13).

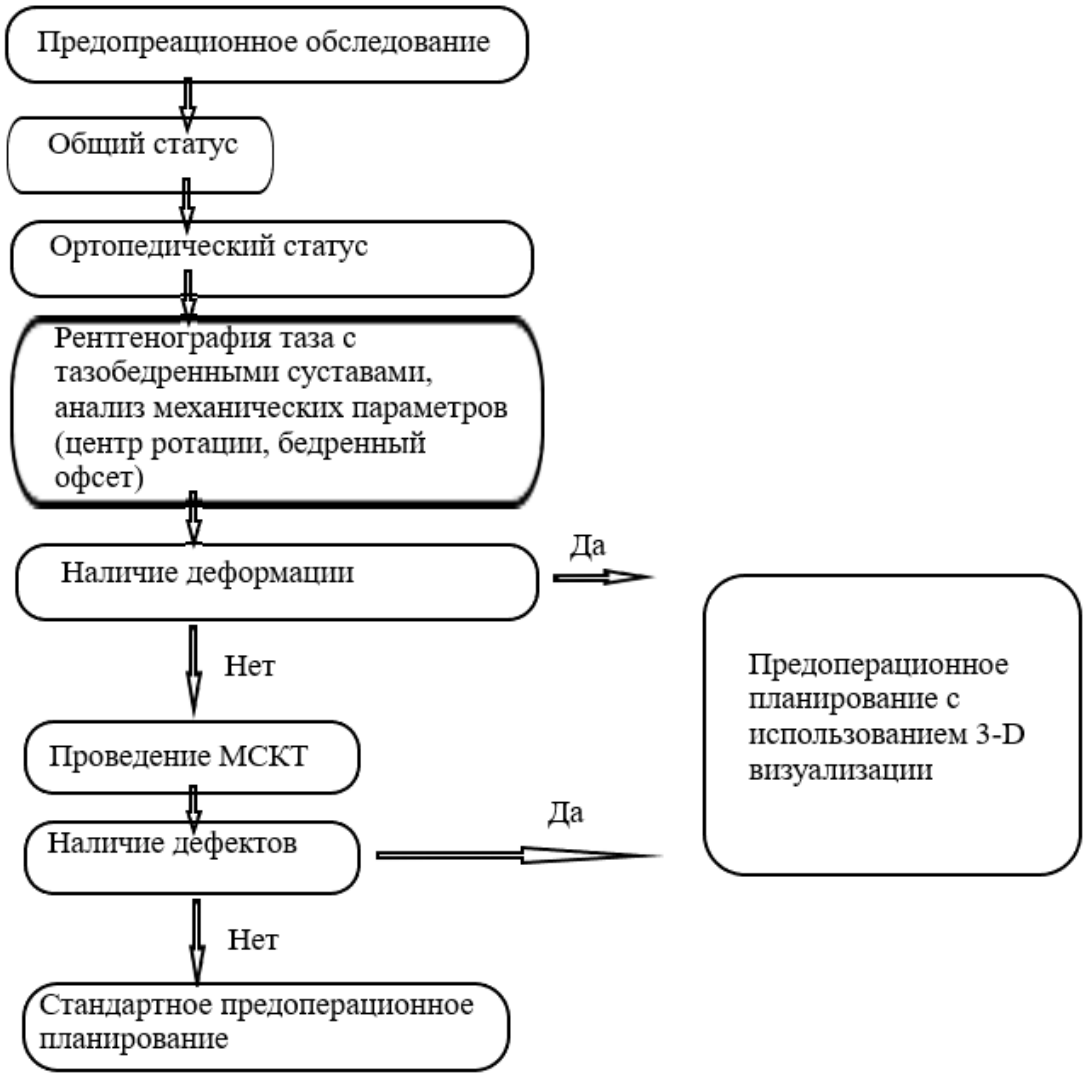


Рисунок 13 − Блок-схема предоперационного обследования пациентов и принятия решений о проведении предоперационного планирования

2.4 Методы оценки клинических результатов

При оценке результатов хирургического лечения проводили анализ продолжительности оперативного вмешательства в объеме тотального эндопротезирования, учитывали только время первичной хирургической сессии, в случае проведения ревизионного вмешательства время проведения дополнительных операций не учитывали.

Определяли объем интраоперационной кровопотери в миллилитрах; во время проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

дренажная кровопотеря не учитывалась в связи с тем, что дренирование операционной раны в обязательном порядке проводилось в клинике ФГБУ ННИИТО до 2019 года.

Анализу подвергли сроки госпитализации в койко-днях, а также срок, прошедший с момента получения травмы до выполнения первичного эндопротезирования в годах.

Для оценки структуры осложнений после тотального эндопротезирования. Анализировали такие виды осложнений оперативного вмешательства, как вывих бедренного компонента, как рецидивирующий, так и эпизодический, развитие асептического расшатывания компонентов тотального эндопротеза, инфекционные осложнения, как случаи поверхностной, так и глубокой перипротезной инфекции, а также осложнения, не связанные непосредственно с операцией (венозные тромбозы и психозы), за весь срок послеоперационного наблюдения пациентов.

2.5 Методы оценки функциональных результатов

Для оценки функциональных результатов определяли уровень болевого синдрома и уровень функции тазобедренного сустава.

Для объективизации интенсивности болевого синдрома применялась визуально-аналоговая шкала (ВАШ). Шкала ВАШ – визуальная аналоговая шкала боли (Visual Analogue Scale, VAS), которая позволяет оценить субъективные болевые ощущения, которые испытывает пациент в момент исследования [86]. Форма заполнялась непосредственно пациентом с учетом уровня болевого синдрома в области пораженного, оперированного тазобедренного сустава (Приложения А, Б). Пациентам предлагалось на отрезке от 1 до 10 отметить выраженность болевого синдрома в области тазобедренного сустава, где 1 − легкий дискомфорт, а 10 − нестерпимая боль. Выраженность болевого синдрома в области сустава исследовали при поступлении пациента в клинику, перед

проведением тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, а также через 6 месяцев после операции.

В ходе обследования пациентов нами применялась шкала W.H. Harris [110, 132]. Эта система предполагает оценку четырех категорий: боль, функция, деформация, амплитуда движений. При этом интенсивность боли и нарушение функции являются двумя основными характеристиками, определяющими показания к хирургическому лечению. Каждая категория оценивается в баллах, максимальный балл для категории «боль» составляет 44, для категорий «функция», «амплитуда движений» и «деформация» − 47, 5 и 4 соответственно. По мнению автора, для оценки функции сустава необходимо учитывать изменения амплитуды движения. В частности, первые 45 градусов сгибания имеют бóльшую ценность, чем сгибание в диапазоне от 90 до 130 градусов. В связи с этим каждому диапазону движений в соответствующей плоскости определен соответствующий коэффициент (или индекс), отражающий функциональную значимость данного диапазона. Оценка производится в каждой плоскости и по каждому диапазону. Состояние тазобедренного сустава определяется суммой баллов по всем четырем категориям. Максимальное число баллов для одного сустава, которое можно получить, оценивая пациента по системе Харриса, равно 100. Сумма баллов от 100 до 90 оценивается как отличная функция сустава, от 89 до 80 – как хорошая, от 79 до 70 – как удовлетворительная и менее 70 – как неудовлетворительная [91, 110].

2.6 Статистический метод

В заключительном этапе исследования при проведении анализа эффективности применения предложенных методов предоперационного планирования, оперативных методов и методов интраоперационного сопровождения и анестезиологического пособия были использованы следующие критерии.

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывались в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль], среднее ± стандартное отклонение и (минимальное – максимальное) значения; у категориальных показателей определялось количество пациентов (частота) для каждой категории.

Проверка нормальности критерием Шапиро-Уилка не выявила распределенных показателей, поэтому сравнение непрерывных показателей между группами проводилось непараметрическим непарный U-критерием Манна-Уитни, производился расчет смещения распределений с построением 95% доверительного интервала для смещения. Категориальные показатели сравнивали точным двусторонним критерием Фишера. Коррекция ошибки множественного тестирования при сравнении категорий проводилась методом Бенджамини-Хохберга.

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p=0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p<0,05$.

Статистические расчеты проводились в программе RStudio (version 2022.02.1 Build 461– © 2009-2022 RStudio, Inc., USA) на языке R (version 4.1.3 (2022-03-10), Vienna, Austria, https://www.R-project.org/).

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕЗУЛЬТАТ ЛЕЧЕНИЯ

3.1 Анализ влияния методов лечения, предшествующих тотальному эндопротезированию

Проведение тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическими изменениями вертлужной впадины относится к случаям сложного первичного эндопротезирования. По мнению ряда авторов, на результат оперативного вмешательства влияют факторы, связанные как с характером и тяжестью травмы вертлужной впадины, так и с методом ее лечения [65, 217, 234].

Наиболее неблагоприятными для лечения являются переломы задней стенки и задней колонны вертлужной впадины. Так, по данным U.K. Meena [98, 155, 159], оперативное лечение изолированных переломов задней стенки в 30% – 33,3% случаев приводит к неудовлетворительному результату.

Сочетание повреждений задней колонны и поперечных переломов дна вертлужной впадины приводит к развитию неудовлетворительных функциональных результатов даже в случаях оперативного лечения с восстановлением анатомичности суставной поверхности и стабильной фиксацией фрагментов от 33% до 52,9% [96, 155].

Наличие оскольчатого перелома четырехсторонней пластинки, характерного для пожилых пациентов, снижает возможность достижения анатомичной репозиции до 26,7%, а наличие симптома Gull sign (крыло морской чайки), свидетельствующего о наличии импакции верхнемедиальных отделов сурсила, – до 25% [136].

Следующим фактором, влияющим на результат лечения перелома вертлужной впадины, является срок, в который проведено оперативное лечение [147]. С увеличением времени, прошедшего с момента травмы, усложняется хирургическая техника, появляется необходимость в удалении рубцовой ткани и обширной мобилизации отломков. По данным S. Khandekar и соавт. [127], при выполнении оперативного вмешательства в течение первых четырех суток с

момента травмы хорошие и отличные функциональные результаты были получены в 81% случаев, позднее – в 72%. H. Kim и соавт. [129] отметили, что положительный клинический результат при выполнении оперативного вмешательства в течение первой недели после травмы удалось достичь в 78,9% случаев, а при выполнении операции на второй неделе и позже – только в 40% и 25% наблюдений соответственно.

По мнению М.М. Дятлова [12], в случае проведения открытого вмешательства на 13–16-е сутки после травмы достижение анатомичной репозиции с использованием стандартных хирургических техник практически невозможно. По данным зарубежных авторов, в тех случаях, когда операции были выполнены по прошествии 14 дней и более, положительный клинический результат был получен в 78% и 47,8% случаев соответственно [88, 155].

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на результат лечения пациентов с переломами вертлужной впадины, является способ лечения. Шаблонное применение консервативной тактики лечения в 72,5% приводит к неудовлетворительному результату [44, 52]. Золотым стандартом на сегодняшний день является открытая репозиция и стабильная фиксация с восстановлением суставной поверхности вертлужной впадины. Данный способ лечения не только обеспечивает восстановление анатомии сустава, но и позволяет начать раннюю мобилизацию [117, 188].

Альтернативой методам остеосинтеза в случаях многооскольчатого характера перелома, массивного повреждения суставного хряща, импакции головки бедренной кости либо у пожилых пациентов с выраженными дегенеративными изменениями тазобедренного сустава является срочное или отсроченное тотальное эндопротезирование сустава.

К основным сложностям, с которыми сталкивается хирург при проведении оперативного вмешательства у пациентов этой категории, в первую очередь относятся дефекты костной ткани вертлужной впадины вследствие формирования ложных суставов, не позволяющих достичь прочной первичной фиксации стандартных вертлужных компонентов. В тех случаях, когда перелом вертлужной

впадины консолидирован, высока вероятность порочной консолидации отломков, что приводит к нарушению анатомических взаимоотношений в суставе и появлению деформаций.

Посттравматическая деформация проявляется смещением стенок вертлужной впадины, нарушением ее сферичности и пространственным изменением центра ротации сустава. Предшествующие оперативные вмешательства с использованием погружных металлоконструкций приводят к формированию выраженного рубца в параартикулярной области.

Наличие металлоконструкций затрудняет корректную имплантацию вертлужного компонента, увеличивает риск развития параимплантной инфекции, в случае необходимости удаления металлоконструкций увеличивается степень интраоперационного травматического воздействия, зачастую требуется осуществление дополнительных хирургических доступов.

Выбор хирургической тактики при оперативном вмешательстве на вертлужной впадине зависит от объема дефекта опороспособной костной ткани, величины и локализации деформации колонн вертлужной впадины, что определяет возможность обеспечения надежной фиксации и достаточной площади контакта ацетабулярного компонента эндопротеза с опороспособной костью [15].

В ходе проведения анализа литературы и изучения результатов лечения пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины в клинике ФГБУ ННИИТО была выдвинута гипотеза о влиянии предшествующего лечения перелома на результат проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

Для проведения анализа результатов лечения было выполнено ретроспективное одноцентровое нерандомизированное контролируемое исследование. За 2014–2022 гг. в ННИИТО было пролечено 1236 пациента с диагнозом посттравматический коксартроз 3 ст. Критериями включения в исследование были следующие параметры: возраст старше 18 лет, наличие посттравматического коксартроза 3 стадии и дефекта вертлужной впадины I и

обширнее по классификации AAOS. Критериями невключения являлись молодой возраст пациентов (младше 18 лет), а также наличие хронического инфекционного процесса в области пораженного тазобедренного сустава. Критериями наличия инфекционного процесса являлось выявление одного из первостепенных и минимум трех второстепенных стандартизированных второй международной согласительной конференцией по скелетно-мышечной инфекции критериев.

После оценки критериев включения и невключения в исследование были включены 728 пациентов с последствиями травм вертлужной впадины. Критериями исключения являлись:

- отсутствие архивной документации (выписки из истории болезни, рентгенограммы до и после лечения перелома вертлужной впадины)
- наличие перелома или ложного сустава проксимального отдела бедренной кости;
- непроведение тотального эндопротезирования в связи с противопоказаниями (декомпенсация сопутствующей соматической патологии);
- отказ пациента от проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

После оценки критериев исключения в настоящее исследование были включены 236 пациентов (рисунок 14).

Пациенты были разделены на 2 группы: в I группу включены 179 больных, которым оперативное лечение по поводу перелома вертлужной впадины либо не проводилось, либо суставная поверхность не была восстановлена, либо операция была выполнена в срок более 14 дней с момента травмы. Степень репозиции оценивали по архивным рентгенограммам и данным МСКТ, оценивали наличие остаточного смещения и восстановление анатомии суставной поверхности [219]. Критериями распределения по группам являлось наличие остаточного ступенеобразного смещения суставной поверхности в поперечном направлении

≥1 мм либо наличие диастаза фрагментов суставной поверхности более 5 мм (рисунки 15–17).

Рисунок 14 – Дизайн ретроспективного этапа исследования

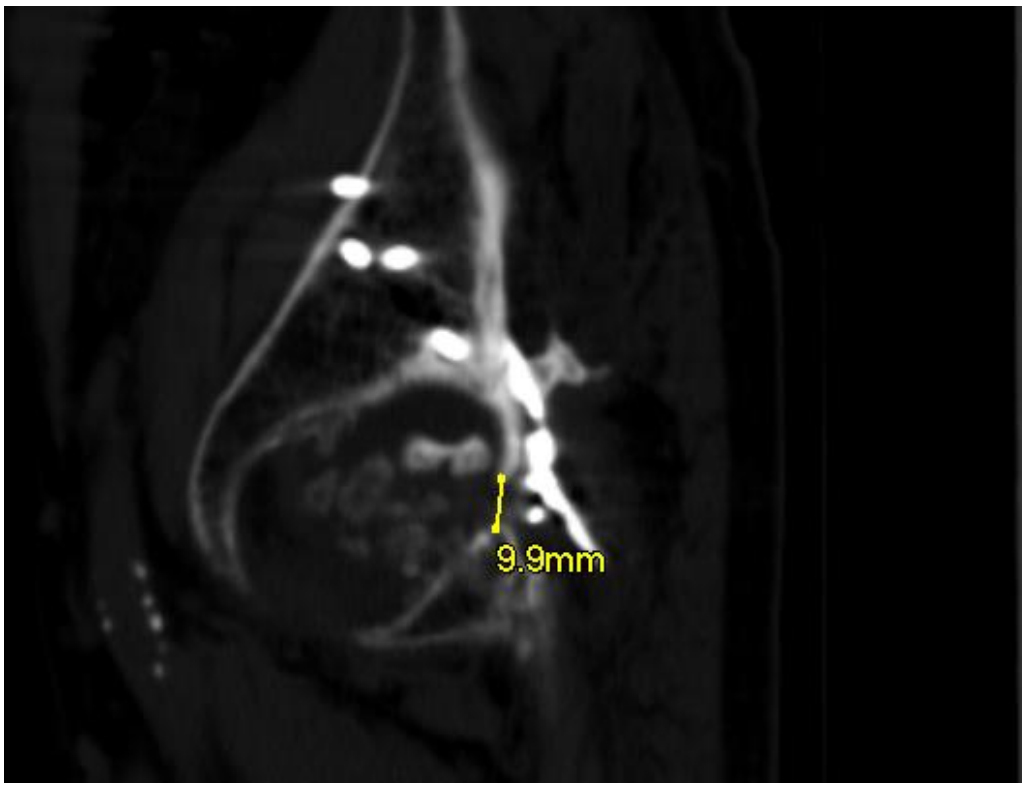


Рисунок 15 − Оценка степени анатомичности репозиции. Диастаз фрагментов суставной поверхности более 5 мм

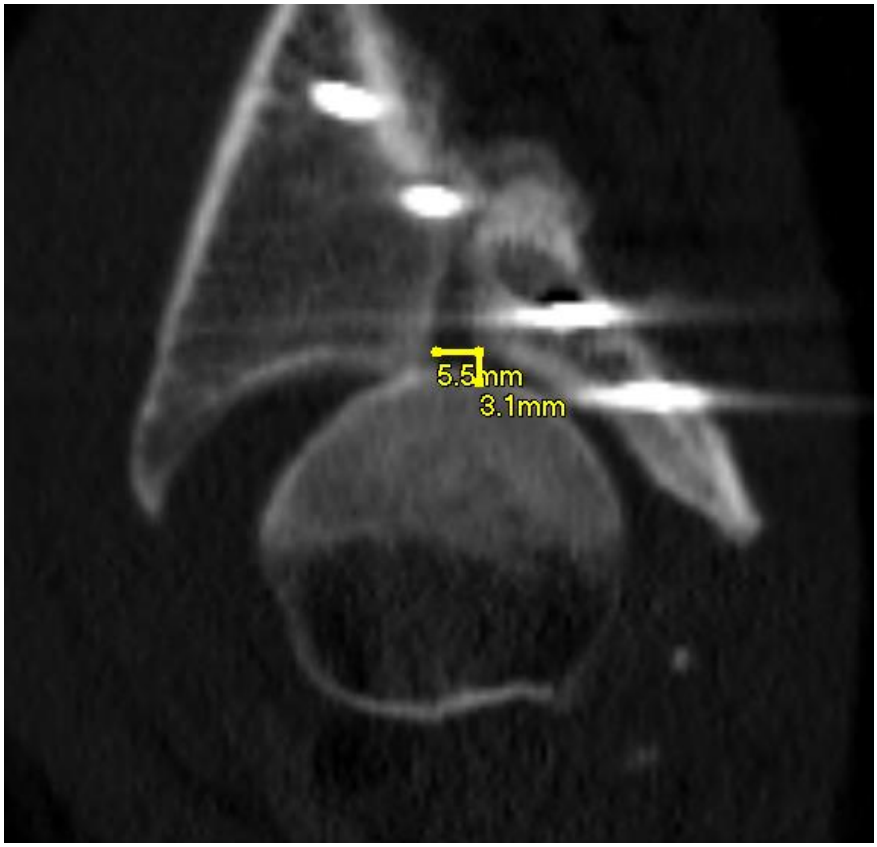


Рисунок 16 − Оценка степени анатомичности репозиции. Диастаз фрагментов суставной поверхности более 5 мм, ступенеобразное смещение более 2 мм

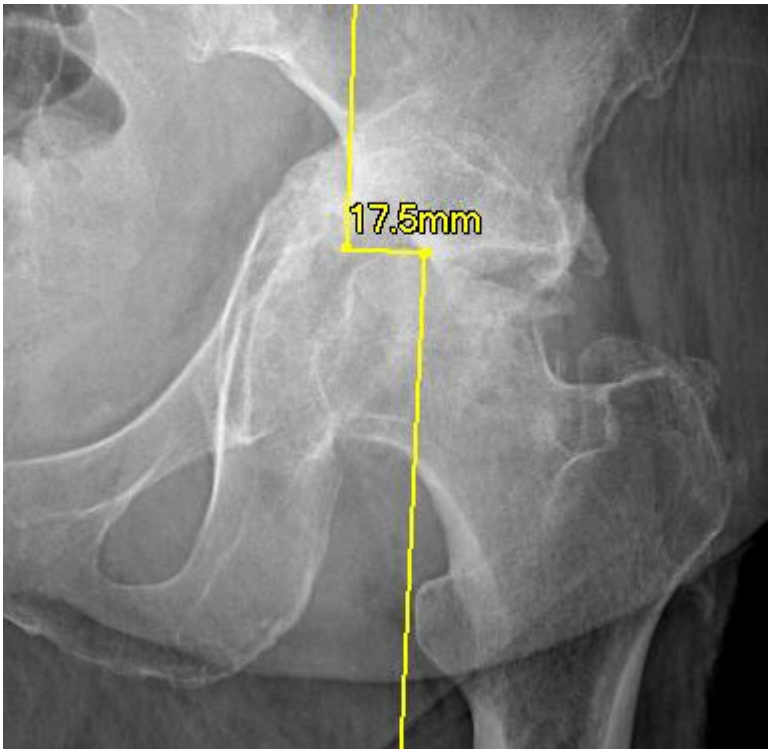


Рисунок 17 − Оценка степени анатомичности репозиции. Диастаз фрагментов суставной поверхности более 5 мм, ступенеобразное смещение более 2 мм

Анатомичность репозиции тазобедренного сустава традиционно оценивали по восстановлению суставной поверхности вертлужной впадины. На прямых и боковых рентгенограммах таза возможно оценить 2 типа смещения, возникающих при переломах, – это смещение суставной поверхности по линии ацетабулярной впадины – диастаз (англоязычный термин acetabular gap deformity) либо смещение, перпендикулярное суставной поверхности, образующее на рентгенограммах ступенеобразную деформацию (англоязычный термин step deformity) [62, 152].

Биомеханические и клинические данные свидетельствуют о том, что эти два типа смещения фрагментов следует рассматривать как два отдельных объекта с точки зрения влияния на распределение нагрузки в суставе и, следственно, на результат лечения [76, 146, 158]. В своей работе D.O. Verbeek и соавт. доказали влияние данных факторов на долгосрочную выживаемость тазобедренного сустава. Причем авторами доказано, что смещение, перпендикулярное суставной поверхности (ступенеобразная деформация − step deformity), допускается меньше,

чем формирование диастаза суставной поверхности. К развитию выраженного посттравматического артроза приводит только пороговое значение диастаза более 5 мм, в то время как появление ступенеобразного смещения более 1 мм достоверно приводит к развитию патологических изменений в тазобедренном суставе [219].

Анализ типа перелома, сроков и клинического и функционального результатов лечения проводили по предоставленной пациентами архивной документации. Во II группу включены 57 пациентов, которым в срок до 14 дней с момента травмы был проведен стабильный остеосинтез с анатомичным восстановлением суставной поверхности вертлужной впадины.

Учитывая отсутствие общепринятой классификации посттравматических дефектов вертлужной впадины, оценку дефицита костной ткани проводили по одной из самых распространенных описательных систем – классификации AAOS. Анализировали тип и характер повреждения вертлужной впадины по классификации AO/OTA [156], величину пространственного смещения центра ротации относительно параметров здорового контралатерального сустава, способ предшествующего лечения (восстановление суставной поверхности вертлужной впадины, стабильную фиксацию фрагментов, сроки проведения оперативного вмешательства), временной промежуток между травмой и операцией эндопротезирования.

Половой состав групп был неоднороден, в обеих группах преобладали мужчины. Подобная картина соответствует общемировой тенденции, описанной в литературе (78% мужчин и 22% женщин) [90].

В I группе было 54 женщин и 125 мужчин, средний возраст составил 54,17±13,34 лет (min – 24, max – 84, медиана – 57), во II группе: 14 женщины и 43 мужчины, средний возраст составил 52,47±12,82 лет (min – 24, max – 79, медиана – 55).

При анализе типа и характера переломов вертлужной впадины было выявлено, что в структуре повреждений преобладали поперечные переломы типа

B, а среди данного типа переломов преобладали юкстатектальные и транстектальные переломы (таблица 9).

Таблица 9 − Распределение пациентов в группах по типу перелома вертлужной впадины 62 (A,B.C) по классификации AO OTA

Тип перелома	Группа I (n=179)	Группа II (n=57)
A1	29 (16,2%)	7 (12,5%)
A2	28 (15,6%)	9 (16,1%)
A3	23 (12,8%)	8 (14,3%)
B1	40 (22,3%)	13 (23,2%)
B2	23 (12,8%)	7 (12,5%)
B3	19 (10,6%)	7 (12,5%)
C1	5 (2,8%)	2 (3,6%)
C2	10 (5,6%)	2 (3,6%)
C3	2 (1,1%)	1 (1,8%)

Полученные результаты коррелируют с данными мировой и отечественной литературы, где описаны как наиболее часто встречаемые, переломы типа B1 и B2 (l8% – 25%) [6, 90]. K.G. Makridis в своем метаанализе, проведя исследование 654 пациентов, выявил, что наиболее частым типом переломов являлись поперечные и комбинированные с переломом задней колонны [144].

Сопутствующий аваскулярный некроз головки бедренной кости был выявлен у 74 пациентов (31%). В группе I сопутствующий АНГБК развился у 57 пациентов (31,8%), в группе II – у 17 пациентов (29,8%).

Проведенный статистический анализ показал, что по признаку типа предшествующей травмы группы сопоставимы.

Оперативное лечение было проведено 105 пациентам: 48 в группе I и 57 в группе II. Распределение по типу оперативного вмешательства представлено в таблицах 10 и 11.

Таблица 10 − Структура оперативных вмешательств в группе I

Тип операции	Открытая репозиция, накостный остеосинтез	Остеосинтез винтами	Открытое вправление вывиха, артролиз	Закрытая репозиция, внешняя фиксация
Количество n=48	21	5	9	13

Таблица 11 − Структура оперативных вмешательств в группе II

Тип операции	Открытая репозиция, накостный остеосинтез	Остеосинтез винтами	Открытое вправление вывиха, артролиз	Закрытая репозиция, внешняя фиксация
Количество n=57	33	8	7	9

В обеих группах в структуре операций преобладали открытая репозиция и накостный остеосинтез. При переломах типа 62 A1 - 62 A3 с сопутствующим вывихом головки бедренной кости проводилось открытое вправление и удаление свободнолежащих фрагментов суставной поверхности.

При переломах типа 62 B в случаях, когда смещение фрагментов суставной поверхности было незначительным, была выполнена закрытая репозиция и выполнена внешняя фиксация либо аппаратом внешней фиксации, либо скелетным вытяжением с созданием боковой тяги. При необходимости проводилось закрытое вправление вывиха бедренной кости. Следует отметить тот факт, что у 14 пациентов группы I на момент поступления в клинику эндопротезирования вывих либо не был вправлен, либо сохранялся рецидивирующий вывих.

Следующим критерием сравнения групп была величина количественной деформации вертлужной впадины. Под термином деформация понимается пластическая суставная деформация, изменение механических параметров сустава, таких как пространственное изменение центра ротации и бедренный офсет. Методика измерения деформации вертлужной впадины заключается в определении по данным МСКТ центра ротации здорового сустава, проведении зеркального трехплоскостного переноса данной точки на пораженную сторону. Данный параметр определяется как точка отсчета. После этого проводится измерение вертикального, горизонтального, переднезаднего смещения центра ротации. Отдельно по данной методике анализировали бедренный офсет здорового и пораженного сустава, разница данных параметров определяется как один из количественных показателей деформации (таблица 12).

Таблица 12 − Показатели деформации вертлужной впадины в группах (M±SD, Me, min-max)

Показатель, мм	Группа I (n=179)	Группа II (n=57)	P
Вертикальное смещение центра ротации	14,41±12,96 12 1 63	11,93±12,12 8 1 50	0,191
Горизонтальное смещение центра ротации	12,07±10,62 8 1 70	9,7±7,65 8 1 41	0,271
Переднезаднее смещение центра ротации	8,5±8,06 6 0 47	9,93±11,91 6 1 75	0,573
Бедренный офсет	9,39±8,53 6 1 40	8,81±7,52 7 1 34	0,920

Проведенный анализ групп по признаку количественной деформации показал, что в группе I преобладали пациенты со значительным вертикальным смещением центра ротации. В большинстве случаев – 83,2% (149 случаев) – смещение было краниальным. В группе II степень выраженности смещения была меньше, однако статистически недостоверной. В группе II также в большинстве случаев – 91% (52 случая) – вертикальное смещение было краниальным.

При проведении анализа по величине горизонтального смещения также было выявлено, что в группе I показатели смещения были больше, чем в группе II, в обеих группах преобладали медиальные горизонтальные смещения центра ротации (68,7% и 66% соответственно). Обращает на себя тот факт, что показатели передне-заднего смещения были больше именно в группе II, хотя также оставались статистически незначимыми.

При проведении анализа по такому признаку, как тип посттравматического дефекта вертлужной впадины, было выявлено, что группы были сопоставимы, в обеих группах преобладали кавитарные и комбинированные дефекты. Однако в

группе II дефектов с нарушением целостности тазового кольца выявлено не было (таблица 13).

Таблица 13 − Распределение пациентов в группах по типу посттравматического дефекта по классификации AAOS

Тип дефекта	Группа I (n=179)	Группа II (n=57)
I	20 (11,2%)	10 (17,5%)
II	96 (53,6%)	32 (56,1%)
III	59 (33%)	15 (26,3%)
IV	3 (1,7%)	0 (0%)
V	1 (0,6%)	0 (0%)

Предоперационное планирование в обеих группах выполнялось идентично. С 2014 по 2018 гг. планирование тотального эндопротезирования производилось с использованием плоскостных шаблонов с использованием рентгенограмм в прямой и боковой проекциях по стандартной методике. С 2018 по 2020 гг. предоперационное планирование имплантации вертлужного компонента осуществляли с использованием планировщика Medicad на базе модуля «Эндопротезирование». С 2020 по 2022 гг. оперативное вмешательство проводили по оригинальной методике, основанной на этапной верификации патологических структурных изменений вертлужной впадины, заключающихся в определении двух параметров – степени деформации и величины дефекта вертлужной впадины.

При проведении эндопротезирования основными учитываемыми параметрами являлись: локализация, тип дефекта, величина смещения центра ротации и бедренный офсет. Оценивая полученную информацию, определяли пространственное положение, тип покрытия и размер вертлужных компонентов, при необходимости – направление и длину винтов для фиксации ацетабулярного компонента.

При имплантации стремились использовать компоненты бесцементной фиксации для достижения первичной биологической фиксации. Для минимизации травматичности вмешательства, уменьшения интраоперационной кровопотери и

времени оперативного вмешательства во всех случаях старались выполнить минимально возможный оперативный доступ, атравматичную хирургическую технику при наличии металлоконструкций, винты и пластины удаляли только в случаях, когда они мешали имплантации компонентов эндопротеза либо проведению фиксирующих винтов.

Все вмешательства были проведены из переднебокового доступа Хардинга одной хирургической бригадой. Компоненты цементной фиксации, антипротрузионные кольца не использовались. Для замещения дефектов использовали опорные аугменты различных форм из пористого титана, костную стружку, полученную при обработке ацетабулярной впадины фрезами, проводили костную аутопластику из головки бедренной кости.

В случае неудовлетворительного качества костной ткани головки бедренной кости либо при объеме дефекта, размеры которого превышали возможности замещения имеющейся аутокостью, применяли костную пластику с использованием как депротеинизированной костной ткани, так и структурных донорских трансплантатов.

Результаты исследования. При анализе срока, прошедшего со времени получения травмы до обращения в клинику эндопротезирования, было выявлено, что развитие патологических изменений в тазобедренном сустав, требующих проведения тотального эндопротезирования, в I группе наступало статистически значимо быстрее, чем во II группе (таблица 14).

Полученные нами данные в группе исследования коррелируют с цифрами, полученными другими авторами. В предыдущем нашем исследовании, посвященном анализу литературных данных с 1995 по 2020 гг., изложенном в главе 1, было установлено, что средний срок развития посттравматического артроза 3 стадии составил $8 \pm 2{,}7$ лет.

Таблица 14 – Срок от момента травмы до проведения тотального эндопротезирования, лет (M±SD, Me, min-max)

Группа I (n=179)	Группа II (n=57)	P
3,18±4,32 2 0,6 35	8,94±8,21 6 1 38	<0,001*

Примечание: * результат статистически значим.

Функциональные показатели на момент обращения в клинику эндопротезирования оценивали, используя шкалы ВАШ и Harris Hip Score. При анализе полученных данных было выявлено, что функция сустава до операции у пациентов первой группы была статистически значимо хуже. Дооперационный уровень болевого синдрома в обеих группах сопоставим, статистических отличий выявлено не было (таблица 15).

Таблица 15 − Показатели функции сустава и болевого синдрома до проведения тотального эндопротезирования (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа I (n=179)	Группа II (n=57)	P
Harris Hip score (баллы)	42,42±12,75 41 15 74	51,02±12,97 52 18 87	<0,001*
ВАШ (баллы)	7,69±0,99 8 4 9	7,73±0,86 8 5 9	0,905

Примечание: * результат статистически значим.

Полученные результаты являются весьма наглядными, так как основными показаниями к проведению тотального эндопротезирования тазобедренного сустава считаются выраженность болевого синдрома, нарушение функции сустава и ухудшение качества жизни. Функция сустава у пациентов I группы была статистически достоверно хуже, что вкупе с выраженным болевым синдромом заставляло их гораздо раньше обращаться за помощью в объеме тотального эндопротезирования.

Среднее время проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в I группе – 87,6±41,46 минут, кровопотеря – 354,55±242,42 мл, во II группе среднее время операции – 85,02±27,18 минут, кровопотеря – 373,68±167,73 мл. Данные показатели в обеих группах статистически значимо не различались ввиду выполнения оперативных вмешательств одними и теми же хирургами с использованием идентичного предоперационного планирования и хирургической тактики.

Процент осложнений в I группе составил 16,2% (29 пациентов), в группе II – 8,9% (5 пациентов) (рисунок 18).

При анализе осложнений было выявлено, что наиболее распространенным осложнением были невропатии различных отделов седалищного нерва. Такое большое их количество связано с тем, что были приняты во внимание как вновь возникшие невропатии, так и рецидивы существующих неврологических расстройств, а также с тем, что с течением времени была изменена хирургическая техника.

На фоне проводимой медикаментозной терапии, физиотерапии, лечебной физкультуры в течение 6 месяцев все неврологические нарушения были купированы, необратимых изменений выявлено не было. Ревизионных оперативных вмешательств, таких как невролиз, декомпрессия нерва или его шов, не потребовалось.

Следующим по частоте осложнением был вывих бедренного компонента, связанный с нарушением мышечного баланса и патологическим стереотипом ходьбы у пациентов I группы. Данный вид осложнений возникал до 2018 г., так как с этого периода в нашей клинике были внедрены методики баланс-тренинга и использование вертлужных компонентов с двойной мобильностью.

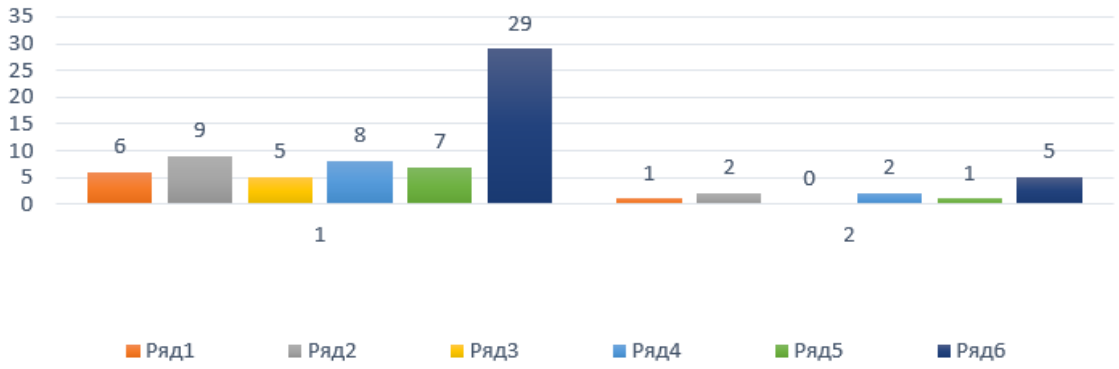


Рисунок 18 − Структура послеоперационных осложнений

Все случаи развития инфекционных осложнений относились к категории поздних (более 3 недель с момента операции) глубоких перипротезных инфекций. После проведения двухэтапного ревизионного эндопротезирования проявления инфекции были купированы.

К разделу других осложнений отнесены осложнения, напрямую не связанные с методом оперативного лечения, – венозные тромбозы конечностей (5 случаев), сенильный психоз у пациента старческого возраста (1 случай), перипротезные переломы (1 случай), произошедшие после выписки из стационара, и гетеротопическая оссификация в области оперированного сустава (1 случай). Данная структура осложнений отличается от описанной в мировой литературе. Наиболее часто встречаемым осложнением, по данным метаанализа R.D. Stibolt Jr [206], являлось образование гетеротопических оссификатов в параартикулярной области – от 28% до 40 %. Столь большая разница может быть объяснена тем фактом, что в нашем исследовании во всех случаях был использован передне-боковой доступ, не затрагивающий рубцовые ткани после предшествующих оперативных вмешательств.

В ходе проведения тотального эндопротезирования мы избегали агрессивной работы с мягкими тканями, стремились к малотравматичному воздействию, не использовали широкие миотомии.

При анализе динамики изменений данных показателей также обращает

внимание тот факт, что послеоперационные показатели были восстановлены в обеих группах, однако распределение показателей было разным (рисунки 19–20).

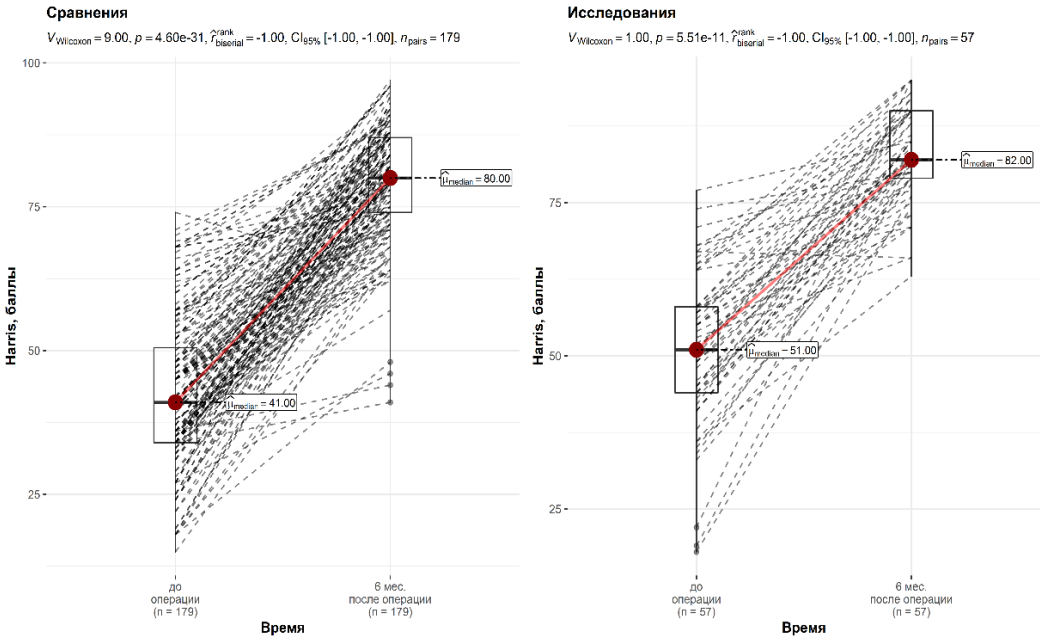


Рисунок 19 − Динамика изменения результатов в группах по функциональному параметру Harris Hip Score

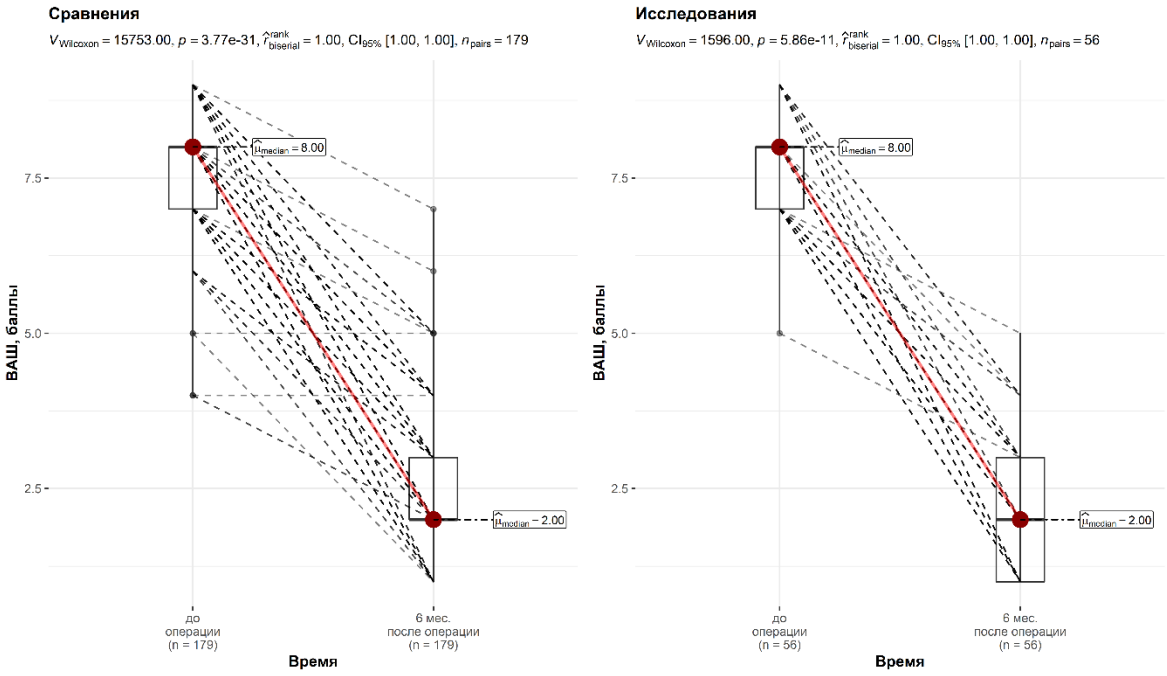


Рисунок 20 − Динамика изменения результатов в группах по функциональному параметру уровень болевого синдрома по ВАШ

Такая картина, на наш взгляд, объясняется тем, что в группе II восстановление анатомии вертлужной впадины позволило сохранить более высокий уровень функции сустава, несмотря на болевой синдром. В обеих группах тотальное эндопротезирование проводилось с применением одинаковых методик предоперационного планирования и хирургических техник, поэтому средние показатели функции сустава по шкале Harris Hip Score статистически не различались: 79,75±10,19 баллов в группе I и 82,6±7,82 баллов в группе II, что соответствует хорошим результатам.

Клинический пример № 1

Пациент С., 60 лет, обратился в ФГБУ ННИИТО, госпитализирован в клинику эндопротезирования в апреле 2022 года с жалобами на боли, ограничение движений в правом тазобедренном суставе. Из анамнеза: травма 29.12.2020 − падение с высоты около трех метров на правый бок. При поступлении в хирургический стационар по месту жительства была проведена рентгенография (рисунок 21).

Был установлен диагноз. Падение с высоты. Закрытый оскольчатый перелом тела правой подвздошной кости, вертлужной впадины, лонной и седалищной костей справа со смещением. Центральный вывих правого бедра. Проводилось скелетное вытяжение за правую бедренную кость, оперативное лечение не проводилось. На контрольных рентгенограммах медиальное смещение головки правой бедренной кости частично устранено, однако суставная поверхность не восстановлена (рисунок 22).

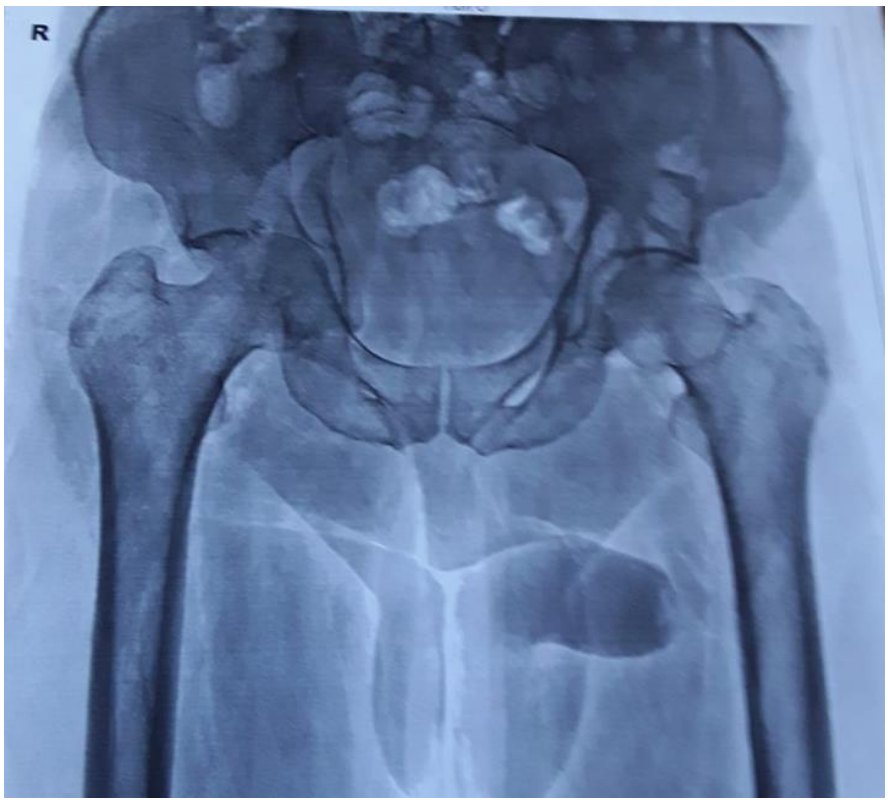


Рисунок 21 − Рентгенограмма таза пациента С. при поступлении в хирургический стационар после травмы (прямая проекция)

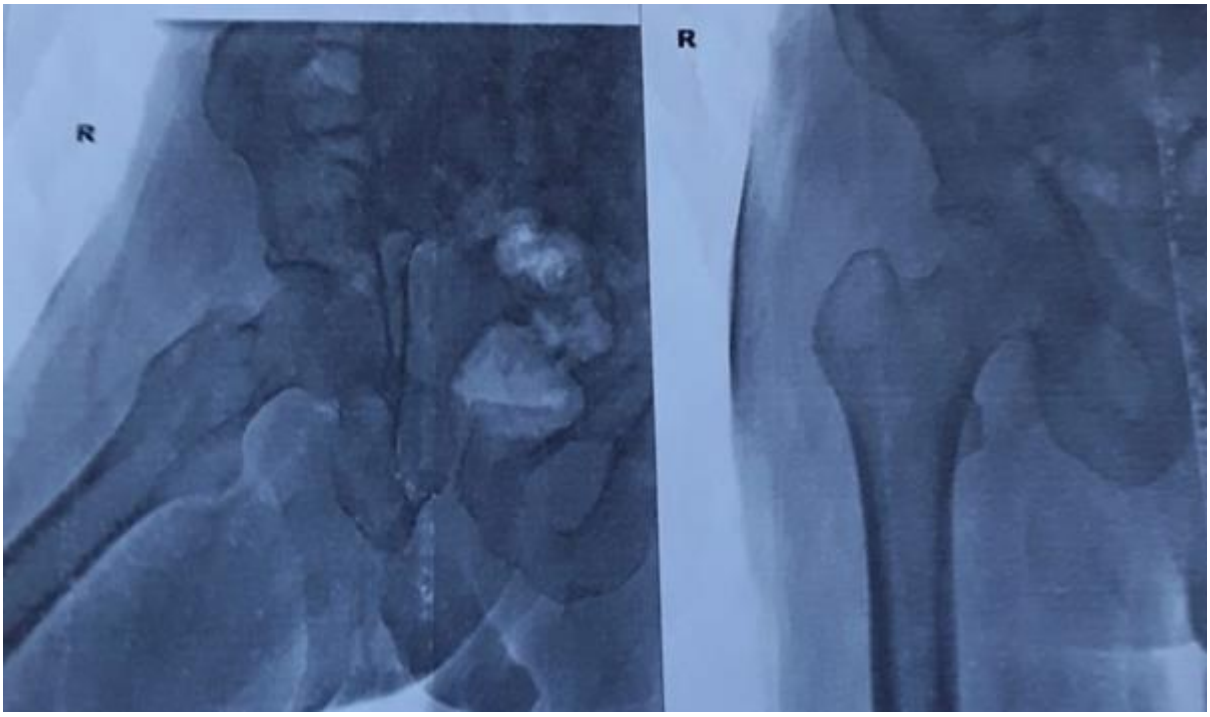


Рисунок 22 − Контрольные рентгенограммы пациента С. после попытки устранения медиального смещения головки бедренной кости и монтажа системы скелетного вытяжения за правую бедренную кость

После демонтажа скелетного вытяжения через 14 дней проведено МСКТ. (рисунки 23–25).

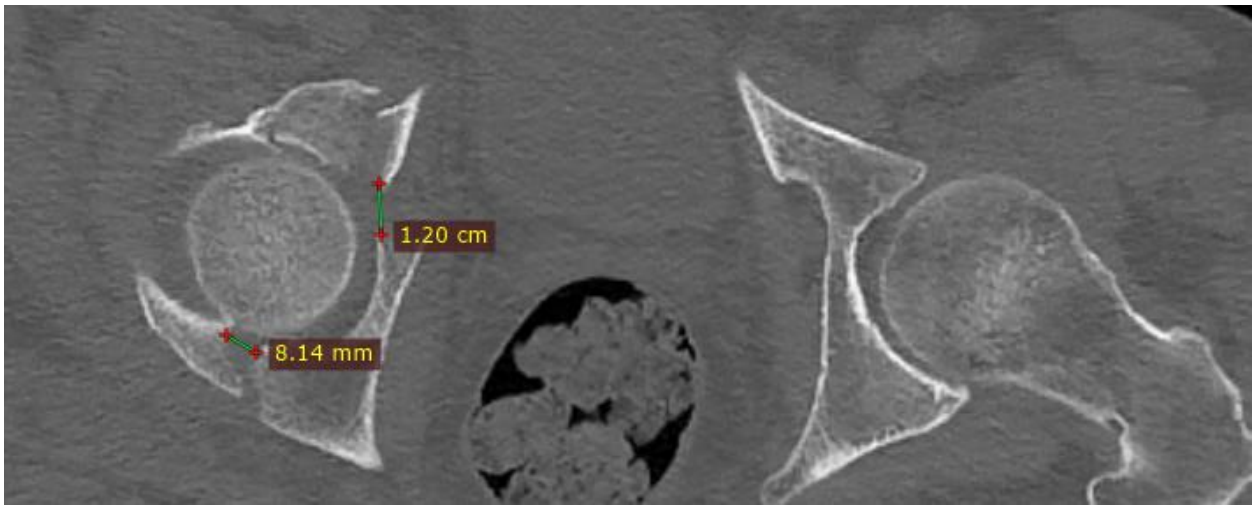


Рисунок 23 − МСКТ пациента С. через 14 дней после травмы. Аксиальная проекция

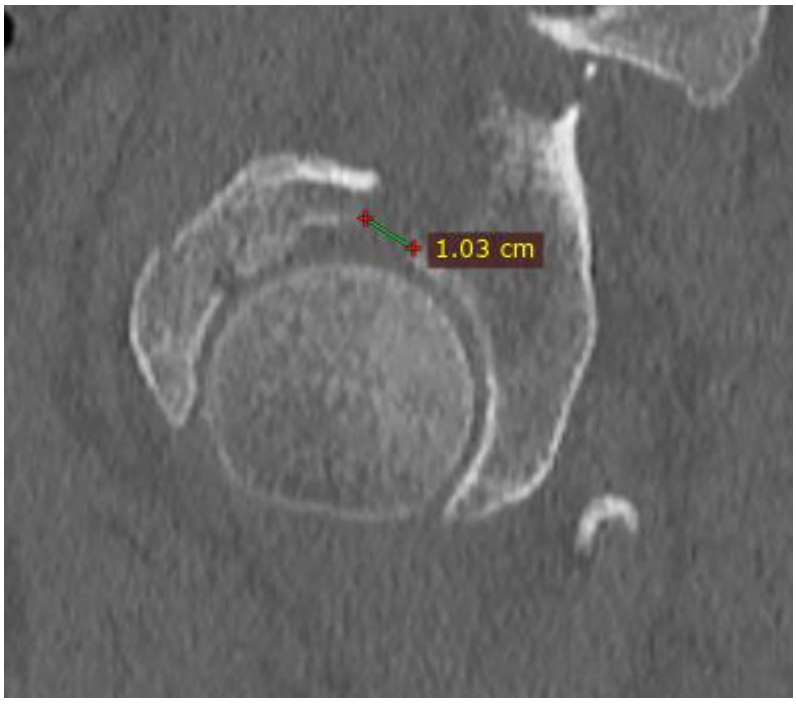


Рисунок 24 − МСКТ пациента С. через 14 дней после травмы. Боковая проекция

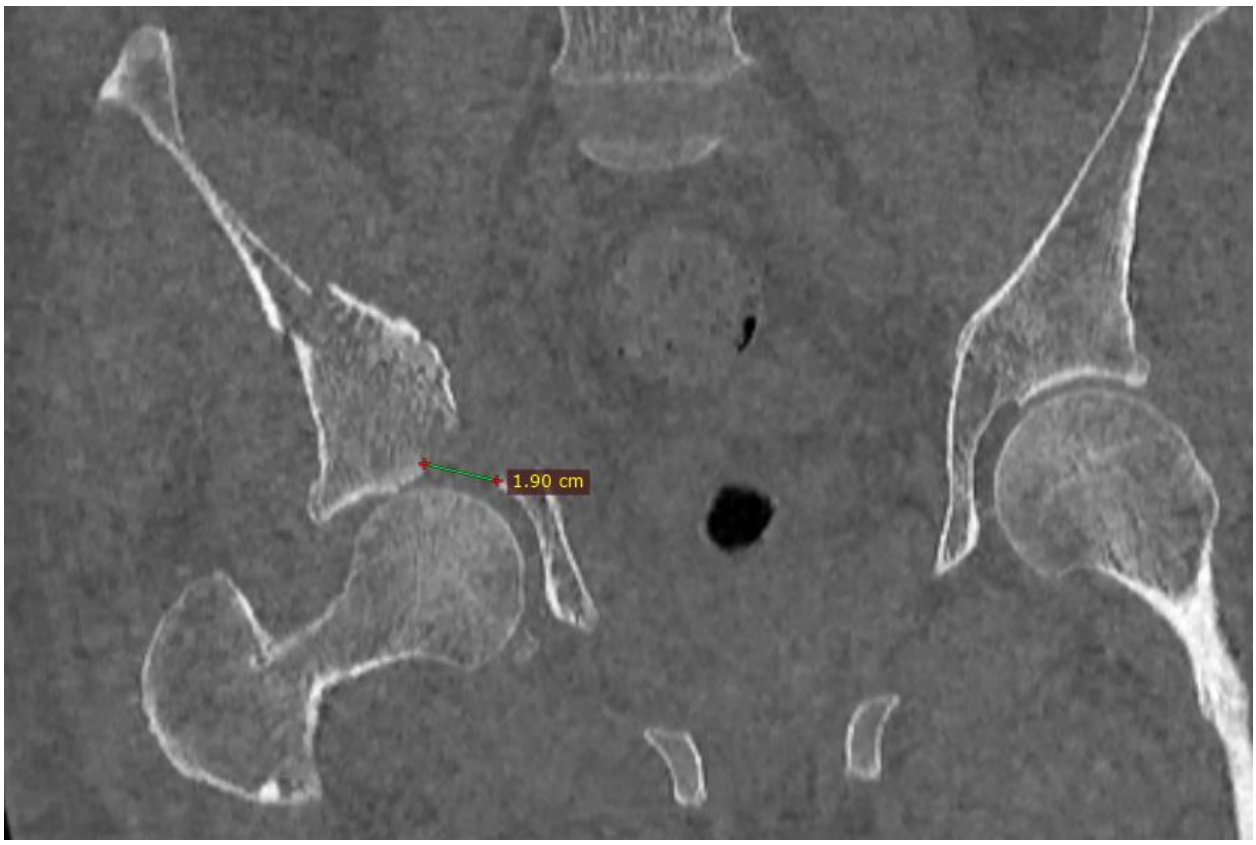


Рисунок 25 − МСКТ пациента С. через 14 дней после травмы. Прямая проекция

На контрольных МСКТ-изображениях отчетливо видны смещения фрагментов суставной поверхности более 5 мм. Пациенту было рекомендовано оперативное лечение в объеме тотального эндопротезирования. Срок с момента травмы до госпитализации в клинику эндопротезирования составил 14 месяцев. При поступлении пациент передвигается с опорой на костыли, без нагрузки на правую нижнюю конечность.

В области правого тазобедренного сустава видимых изменений нет. При пальпации отмечается локальная болезненность в области правого тазобедренного сустава в наружно-верхних отделах. Объем движений в правом тазобедренном суставе: сгибание 85-0-0, отведение 10-0-10, наружная ротация 5-0-5. Движения резко болезненные. При движении – грубый хруст. Гипотрофия мышц правого бедра, ягодичной области справа. Осевая нагрузка болезненна. Кровоснабжение и иннервация нижних конечностей сохранены, не нарушены.

Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ в дооперационном периоде составил 7 баллов. Уровень функции сустава по шкале Harris Hip Score при

поступлении в клинику эндопротезирования 57 баллов. При поступлении установлен диагноз: правосторонний посттравматический коксартроз 3 ст. Ложный сустав дна заднего края правой вертлужной впадины. НФС 2 ст. Коксалгия справа (рисунки 26–27).

Рисунок 26 − Рентгенограмма таза пациента С. при поступлении в стационар перед проведением тотального эндопротезирования (прямая проекция)

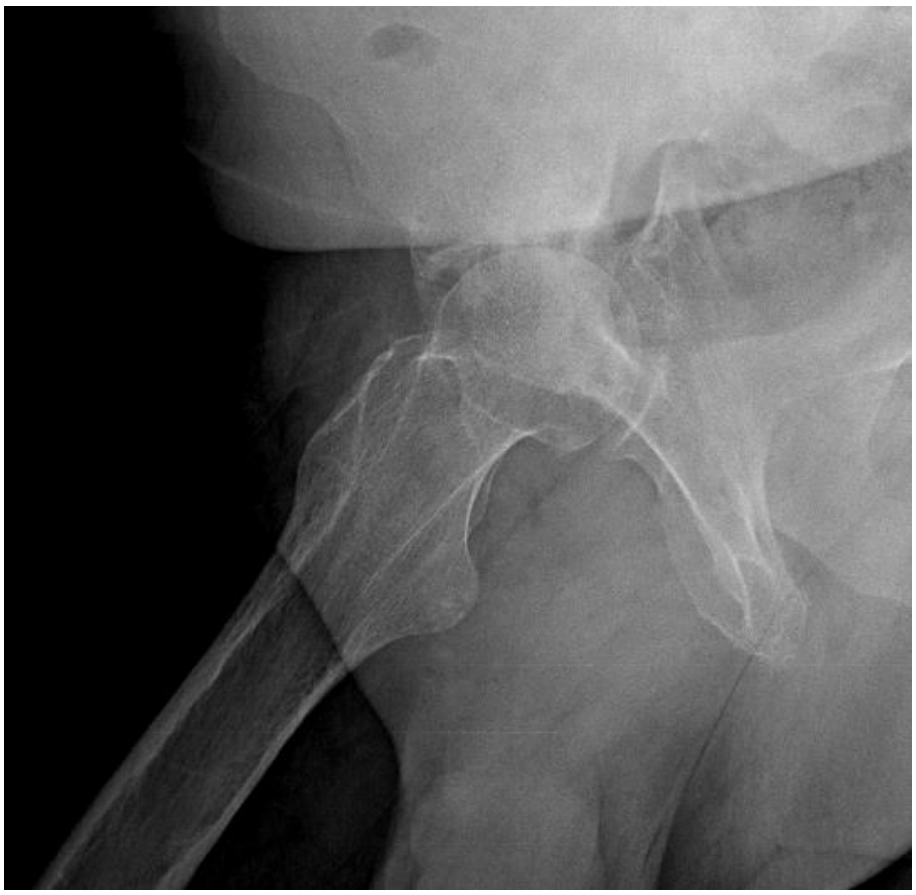


Рисунок 27 − Рентгенограмма таза пациента С. при поступлении в стационар перед проведением тотального эндопротезирования (боковая проекция)

На рентгенограммах, кроме выраженных дегенеративных изменений суставного хряща, определяется ложный сустав дна вертлужной впадины с выраженным диастазом. Смещения центра ротации составили: в горизонтальном направлении 20 мм, в вертикальном 6 мм, в передне-заднем направлении 8 мм.

Через сутки после поступления проведено оперативное вмешательство в объеме тотального эндопротезирования правого тазобедренного сустава эндопротезом бесцементной фиксации. В ходе оперативного вмешательства было подтверждено наличие ложного сустава дна и заднего края вертлужной впадины. Рубцовые ткани были удалены, проведена костная пластика зоны ложного сустава. Выбор компонента с дополнительной винтовой фиксацией был обусловлен необходимостью дополнительной фиксации фрагментов (рисунок 28).

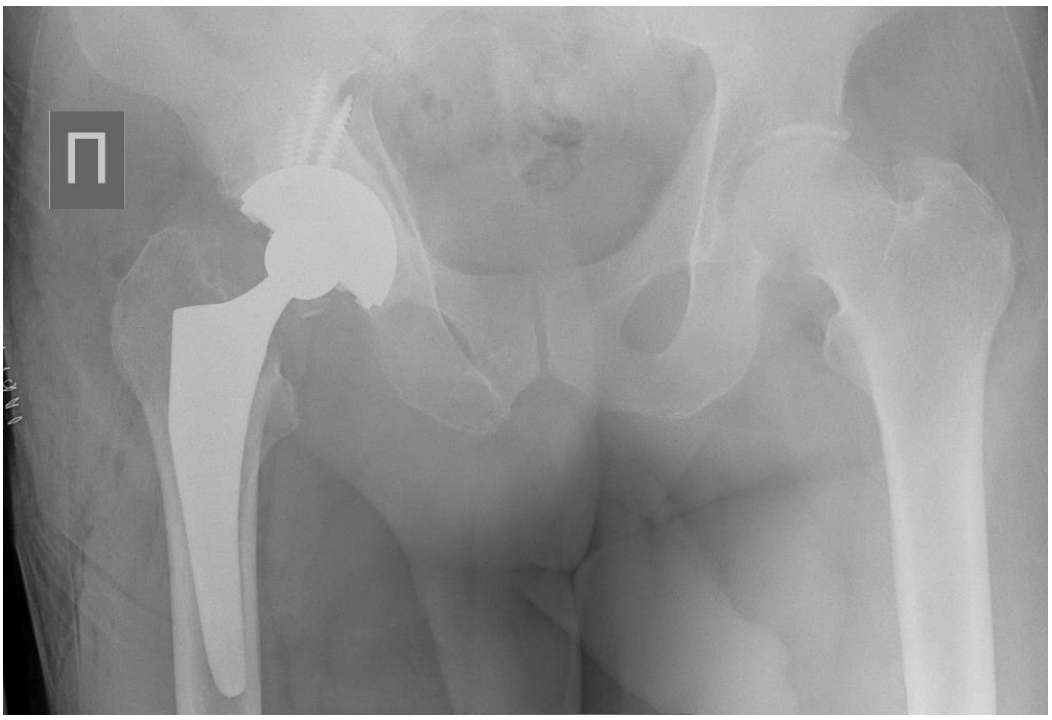


Рисунок 28 − Послеоперационная рентгенограмма пациента С. Прямая проекция

Смещение центра ротации после операции составило в горизонтальном направлении 8 мм, в вертикальном – 1 мм, в передне-заднем направлении – 1 мм. Разница бедренного офсета − 5 мм. Длина конечностей не изменена. Функциональные результаты через 6 месяцев: уровень болевого синдрома по Шкале ВАШ – 1 балл, уровень функции сустава по шкале Harris Hip Score – 91 балл.

Проведение ревизионного эндопротезирования в раннем и отдаленном периодах потребовалось 19 пациентам I группы: 6 по причине рецидивирующего вывиха бедренного компонента (осуществлена замена пары трения, имплантация вертлужного компонента с двойной мобильностью – 4 человека, различные варианты миопластик выполнены в 2 случаях); 8 по причине развития глубокой парапротезной инфекции (проведены двухэтапные реэндопротезирования). Пяти пациентам I группы понадобилось реэндопротезирование по поводу раннего асептического расшатывания компонентов. Четырем пациентам проведена замена вертлужного компонента, в 1 случае расшатывание было тотальным и сопровождалось перипротезным переломом бедренной кости.

Во II группе было выполнено 2 ревизионных двухэтапных реэндопротезирования по поводу поздней глубокой перипротезной инфекции,

причем в одном случае инфекция сопровождалась вывихом бедренного компонента.

Согласно данным мировой литературы, в раннем послеоперационном периоде ревизионные вмешательства требуются в 18,5% случаев [206]. Основными причинами реэндопротезирования являются асептическое расшатывание и глубокая парапротезная инфекция.

В нашем исследовании общее количество пациентов, которым было выполнено реэндопротезирование, составило 8,9%. Основной причиной ревизионного вмешательства стало развитие парапротезной инфекции и рецидивирующие вывихи. В группе исследования не было выявлено ни одного случая асептического расшатывания компонентов, что было обусловлено более сохранной костной тканью и анатомией вертлужной впадины вследствие проведенного ранее остеосинтеза. Данные условия позволили достичь стабильной фиксации компонентов эндопротеза.

Раннее оперативное анатомичное восстановление суставной поверхности у пациентов с переломами вертлужной впадины с проведением стабильного остеосинтеза, даже в случае развития отдаленных патологических изменений в тазобедренном суставе, позволяет достоверно замедлить скорость развития посттравматического коксартроза, требующего выполнения тотального эндопротезирования, и сохранить более высокий уровень функции пораженного сустава.

Тотальное эндопротезирование у пациентов с наличием посттравматических дефектов и деформаций относится к категории сложных случаев и требует тщательного предоперационного планирования, включающего в себя оценку типа предшествующей травмы и проведенного ранее лечения.

Для улучшения качества лечения был разработан алгоритм в виде блок-схемы для предоперационного обследования пациентов и последующего планирования оперативного лечения, основанный на определении типа предшествующей травмы, сроков и степени восстановления суставной поверхности в ходе предшествующего лечения (рисунок 29).

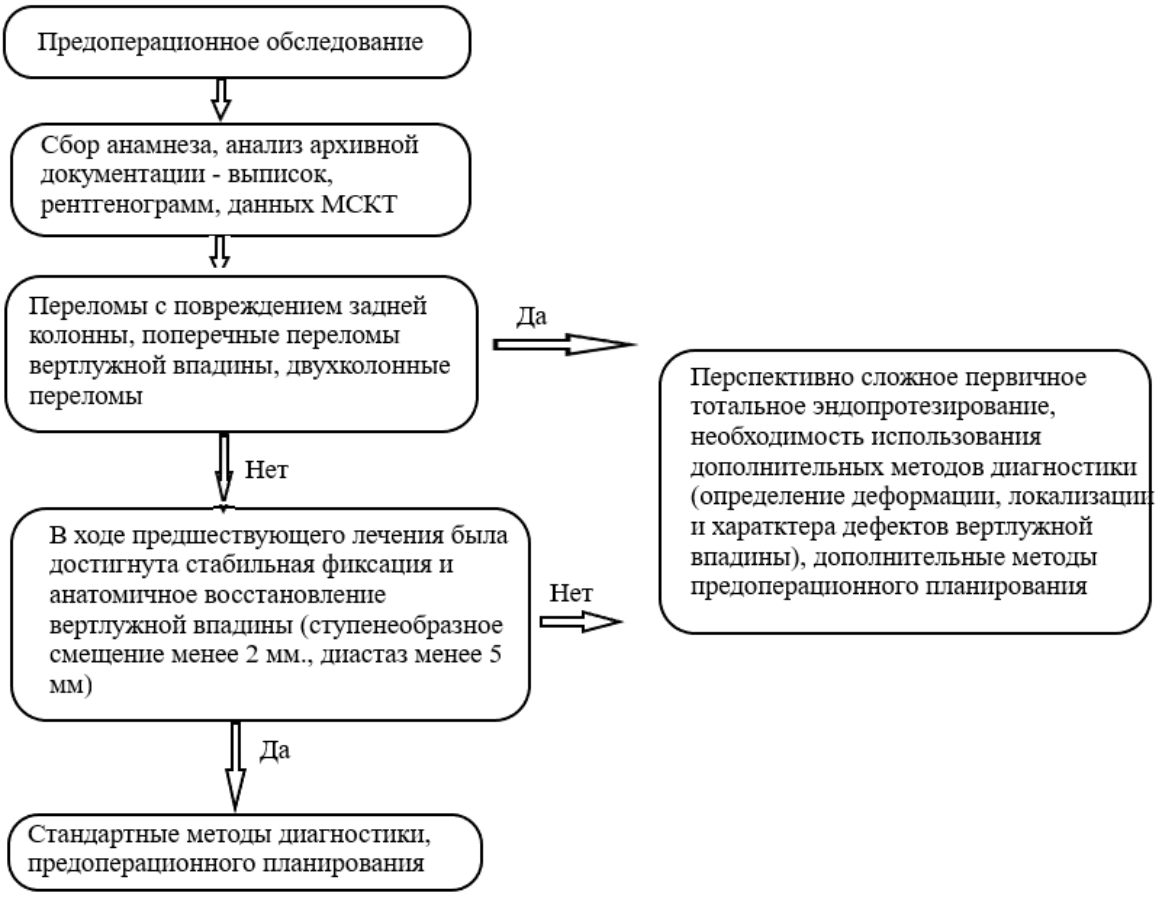


Рисунок 29 − Блок-схема алгоритма предоперационного обследования пациентов

3.2 Определение механических параметров, влияющих на результат тотального эндопротезирования

При проведении тотального эндопротезирования крайне важным аспектом является тщательное восстановление функции сустава. Неправильное, несвоевременное или некачественное лечение патологии тазобедренного сустава, посттравматические дефекты проксимального суставного конца бедренной кости и вертлужной впадины, сопровождающееся прогрессивным разрушением анатомического комплекса тазобедренного сустава, тяжелыми нарушениями биомеханики, вызывает снижение опорной и двигательной функций тазобедренного сустава.

При проведении всех этапов оперативного вмешательства на вертлужной впадине – обработке костного ложа, реконструкции колонн, остеопластике,

имплантации ацетабулярного компонента – необходимо учитывать патологические изменения и добиваться восстановления биомеханики тазобедренного сустава.

Основными параметрами, влияющими на последующую функцию сустава относительно вертлужного компонента, являются центр ротации и бедренный офсет. Некорректное восстановление этих параметров (значительная разница с контралатеральным суставом) сопровождается нарушением походки, болевым синдромом и значительным снижением функции сустава и качества жизни. По данным C.D. Watts, восстановление анатомического центра ротации вертлужного компонента позволяет увеличить выживаемость не только вертлужного, но и бедренного компонентов [222]. В современной литературе неоднократно обсуждались вопросы референтного значения допустимого смещения вышеуказанных параметров, поскольку данные параметры влияют на функцию мышц-абдукторов, являющихся главным стабилизатором тазобедренного сустава. Согласно данным мировой литературы, смещение центра ротации более чем на 15 мм краниально либо изменение бедренного офсета более чем на 20 мм значительно влияют на послеоперационный объем движений, количество послеоперационных осложнений и, как следствие, функциональный результат [17, 115, 178, 203].

Однако величина смещения центра, приводящая к развитию осложнений или к значительному изменению функционального результата, является вариативным показателем в исследованиях различных авторов. Так, M.W. Pagnano и соавт. считают допустимым вертикальное (преимущественно краниальное) и горизонтальное (преимущественно латеральное) смещение в пределах 10 мм от приблизительного анатомического центра ротации [222]. В дальнейшем эта же группа авторов расширила допустимые границы до 15 мм от приблизительного анатомического центра ротации или в пределах 35 мм от линии, соединяющей «фигуры слез». Данные величины были взяты авторами по аналогии с исследованием J.T. Dearborn, в котором изучали влияние краниализации центра ротации при проведении ревизионного эндопротезирования [83**Ошибка!**

Источник ссылки не найден.]. К сожалению, по данным современной мировой литературы, не существует определенного значения, при котором центр ротации считается краниализированным или в целом значительно измененным [64, 166, 175].

В рамках диссертационного исследования была выдвинута гипотеза, что изменение центра ротации и офсета коррелирует не только с ухудшением функции оперированного сустава, но и с количеством осложнений. Для подтверждения данной гипотезы было проведено ретроспективное одноцентровое нерандомизированное исследование. В работе проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями травм вертлужной впадины. Всем пациентам в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в период с 2014 по 2022 гг. было проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Критерии включения в исследование:

- наличие одностороннего посттравматического коксартроза 3-й стадии;
- наличие дефекта вертлужной впадины II–IV типов по классификации AAOS;
- возраст старше 18 лет;
- наличие результатов лучевых методов исследования: рентгенограмм, МСКТ и медицинской документации о предшествующей травме.

Критерием невключения являлось наличие активного воспалительного или инфекционного процесса в области оперативного вмешательства на момент госпитализации.

Среди пациентов было 147 мужчин и 47 женщин, средний возраст на момент проведения тотального эндопротезирования составил 52,2±10,1 лет.

Средний срок, прошедший с момента травмы, составил 4,6±0,3 лет. Анализ типа перелома проводили по представленной медицинской документации и по рентгенограммам по классификации AO/OTA.

Для проведения исследования была выдвинута гипотеза о том, что восстановление анатомических взаимоотношений в тазобедренном суставе,

наиболее близких к здоровому контралатеральному суставу, позволяет улучшить функциональный результат лечения и снизить количество осложнений, связанных непосредственно с методом оперативного лечения.

Для подтверждения данной гипотезы пациенты были разделены на две группы в зависимости от степени восстановления таких параметров, как трехплоскостное смещение центра ротации и бедренного офсета оперированного сустава относительно здорового контралатерального сустава (рисунок 30).

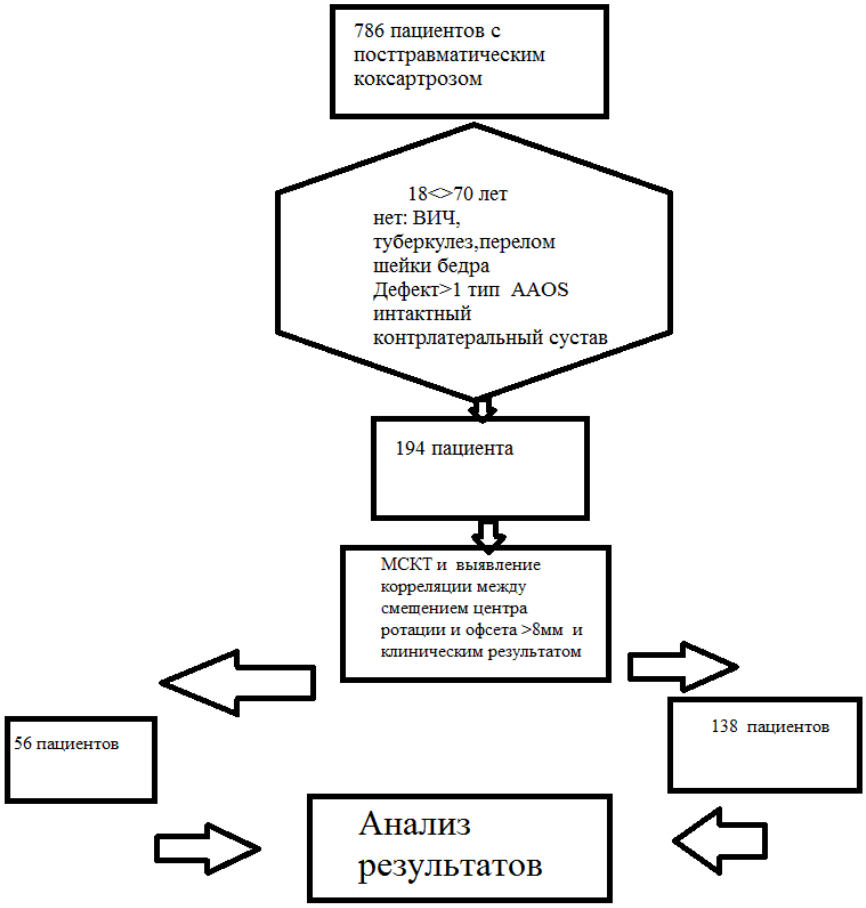


Рисунок 30 − Блок-схема дизайна исследования

В группу 1 были включены 56 пациентов, у которых разница показателей смещения центра ротации и офсета не превышала 8 мм по каждому из параметров. В группу 2 были включены 138 пациентов, у которых хотя бы по одному из параметров разница была более 8 мм. Пороговое значение для

распределения по группам именно в 8 мм и более было обусловлено проведенным статистическим ROC-анализом.

Характеристика пациентов данного этапа исследования приведена в таблице 16.

Таблица 16 − Характеристика групп первого этапа исследования

Показатель	Группа 1 (n=56)	Группа 2 (n=138)
Средний возраст, лет	52,55±11,68	52,24±13,66
Мужчины/женщины	41/15	104/33
Срок после травмы, лет	3,81±0,34	5,17±0,49

Распределение в зависимости от типа дефекта проводили по классификации AAOS. В обеих группах преобладали дефекты 2 и 3 типа.

Оценка результатов

Для оценки клинических результатов сравнивали продолжительность госпитализации, время оперативного вмешательства и объем интраоперационной кровопотери. Для сравнения функциональных результатов статистическому анализу были подвергнуты такие показатели, как уровень функции сустава по Harris Hip Score (HHS), уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). Данные показатели сравнивали во всех группах до операции и через 6 мес. после оперативного лечения. Отдельно была проанализирована структура осложнений.

Статистический анализ

Сравнение непрерывных показателей между группами проводилось с использованием U-критерия Манна-Уитни. Бинарные и категориальные показатели сравнивали точным двусторонним критерием Фишера. Выявление попарных ассоциаций между непрерывными показателями проводилось расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена с оценкой достигнутого уровня значимости *p*. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости p=0,05, т.е. различие считалось статистически значимым, если p<0,05. Для оценки зависимости между осложнениями и величиной смещения центра ротации использовался ROC-анализ.

Согласно представленным данным, можно сделать вывод, что группы сопоставимы по возрастному показателю, статистически значимого различия выявлено не было. Основная часть пациентов относилась к категории трудоспособного населения. Возраст пациентов в обеих группах коррелирует с данными других авторов [140, 162].

При анализе полового состава были получены следующие данные (таблица 17).

Таблица 17 − Распределение в группах по половому показателю

Группа	Группа 1 (смещение менее 8 мм) n=56	Группа 2 (смещение более 8 мм) n=137	Р-уровень
Мужчин/женщин количество	41/15	104/33	0,716
Мужчин/женщин %	76,2/26,8	75,9/24,1	

Как видно из представленной таблицы, обе группы сопоставимы по половому распределению. И в группе 1, и в группе 2 преобладали мужчины. Данное распределение соответствует результатам других авторов [144, 162, 232] и объясняется тем фактором, что переломы вертлужной впадины чаще относятся к категории высокоэнергетической травмы, обусловленной дорожно-транспортными происшествиями или кататравмой.

Проведен анализ типа предшествующего перелома по классификации AO/ASIF (рисунки 31–32).

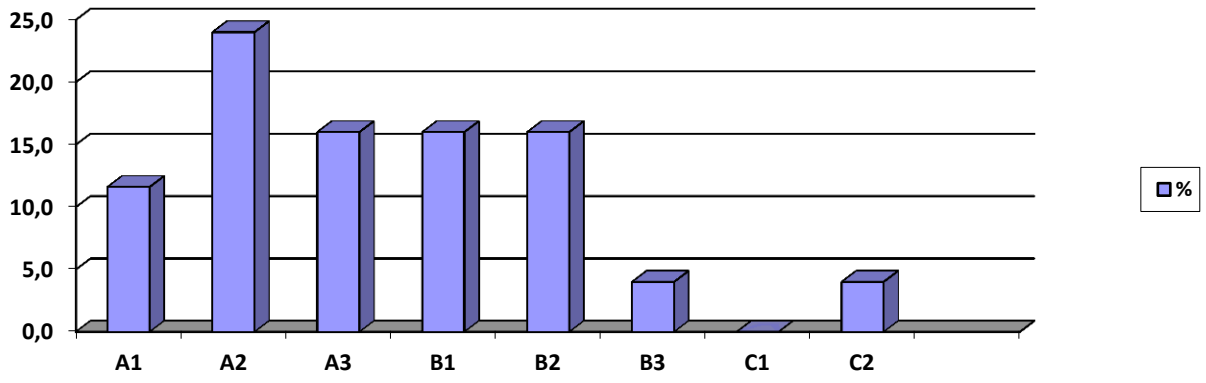


Рисунок 31 − Распределение по типу перелома по классификации AO/ASIF в 1 группе

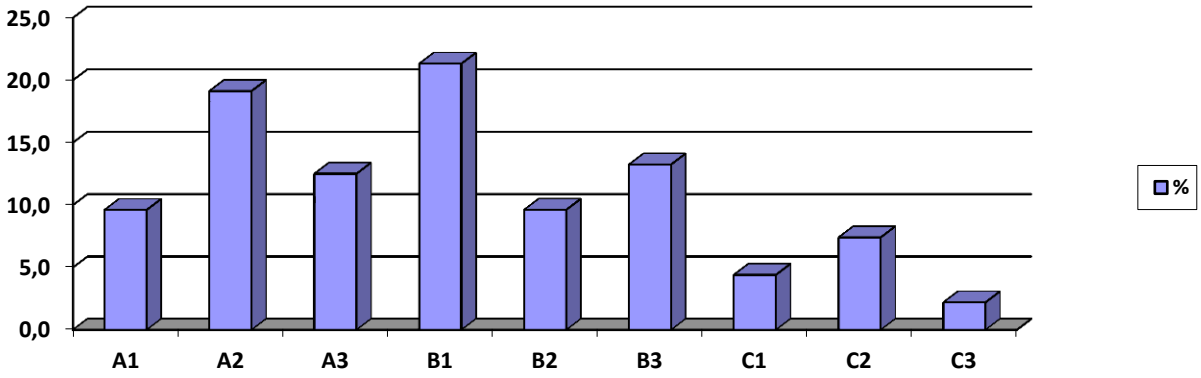


Рисунок 32 − Распределение по типу перелома по классификации AO/ASIF во 2 группе

Распределение по типу дефекта проводили по классификации AAOS (рисунки 33–34).

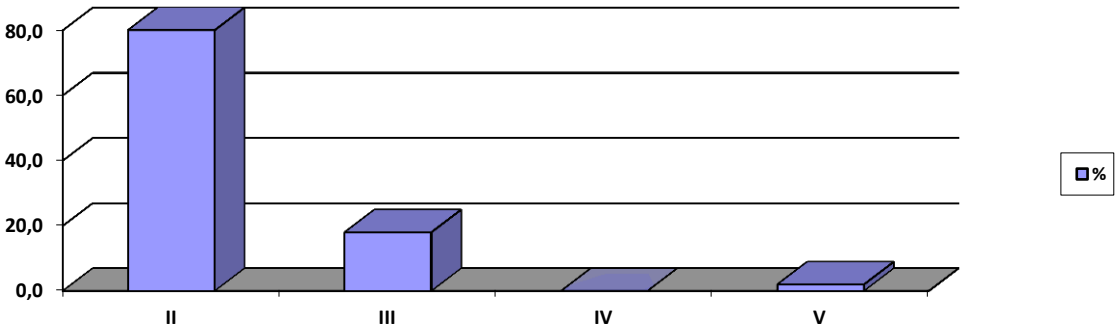


Рисунок 33 − Распределение по типу дефекта по классификации AAOS в 1 группе

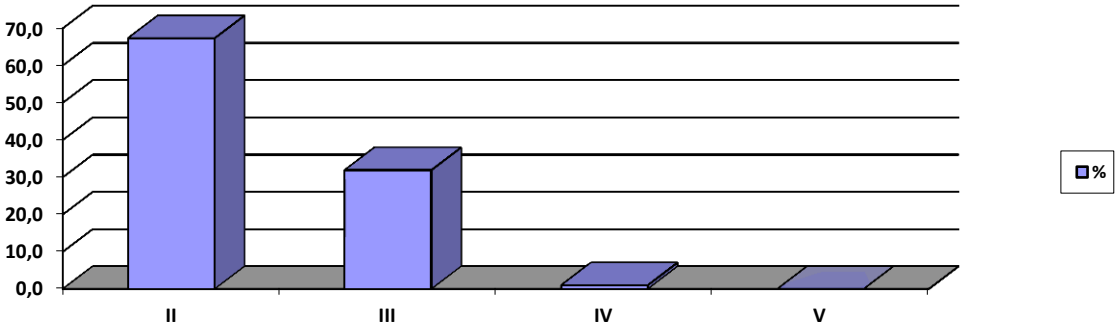


Рисунок 34 − Распределение по типу дефекта по классификации AAOS во 2 группе

Пороговое значение для распределения по группам именно в 8 мм и более было обусловлено проведенным статистическим анализом. Проанализировав количество осложнений, продолжительность госпитализации и снижение качества жизни (показатели Harris Hip Score, визуальной аналоговой шкалы боли) методом построения логистической регрессии с определением коррелированных ковариант было выявлено, что величина изменения показателей вертикального и передне-заднего смещения, центра ротации и изменения офсета более чем на 8 мм статистически достоверно увеличивает вероятность развития осложнений на 17,9% с показателями чувствительности – 66,7% и специфичности – 79% (рисунок 35).

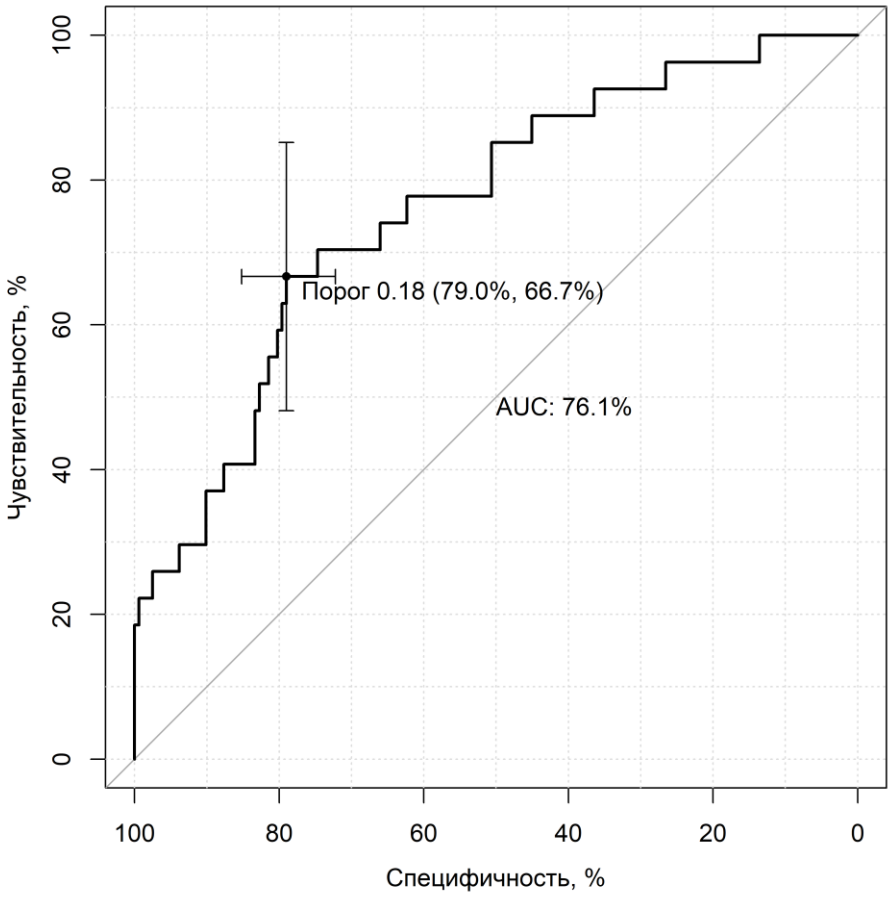


Рисунок 35 – ROC-кривая (пороговое значение – 17,9). Автоматическая многофакторная оптимальная прогностическая модель осложнений

Для оценки клинических результатов сравнивали продолжительность госпитализации, время оперативного вмешательства и интраоперационную кровопотерю. Для сравнения функциональных результатов статистическому анализу были подвергнуты такие показатели, как уровень функции сустава по Harris Hip Score, уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли ВАШ. Отдельно была проанализирована структура осложнений.

В связи с выявлением порогового значения пространственного изменения центра ротации и офсета были сформированы две группы исследования: группа 1 – смещение менее 8 мм; группа 2 – смещение более 8 мм. Оценку клинических результатов при проведении данного этапа исследования проводили, анализируя продолжительность госпитализации, объем кровопотери, время оперативного вмешательства (таблица 18).

Таблица 18 − Клинические результаты лечения (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа 1 (смещение менее 8 мм) N=56	Группа 2 (смещение более 8 мм) N=137	p
Продолжительность госпитализации, койко-день	9,20±3,46 8 3 22	11,01±6,01 9 4 43	0,013*
Объем кровопотери, мл	310,89±150,72 300 100 700	374,09±237,49 300 200 2000	0,104
Продолжительность оперативного вмешательства, мин.	85,80±41,56 75 35 300	89,39±40 80 40 300	0,390

Примечание: * результат считается достоверным.

Структура осложнений представлена в таблице 19.

Таблица 19 − Структура осложнений на данном этапе исследования, %

Тип осложнения	Группа 1 (смещение менее 8 мм) n=56	Группа 2 (смещение более 8 мм) n=137
ИОХВ	0	4,3

Рецидивирующий вывих	0	3,2
Асептическое расшатывание	0	2,1
Нейропатия	0	9,7
Перипротезный перелом	2,4	5,4

Функциональные результаты через 6 мес. после операции приведены в таблице 20.

Таблица 20 − Функциональные результаты через 6 мес. после операции в группах, баллы

Шкала	Группа 1	Группа 2	p
ВАШ	2,66±1,28	2,47±1,26	0,334
Harris Hip Score	84,87±9,18	78,12±9,01	<0,001*

Примечание: * результат считается достоверным.

Анализ полученных результатов данного этапа исследования показал, что статистической разницы в таких показателях, как время операции и кровопотеря, не было. Такой результат обусловлен тем, что все оперативные вмешательства проводили одни и те же хирурги по одинаковой методике.

Разница в продолжительности госпитализации обусловлена увеличением количества осложнений в группе 2 (пациенты, у которых анатомические взаимоотношения в оперированном суставе были восстановлены в меньшей степени). Особого внимания заслуживает тот факт, что в группе 1 отсутствовали такие осложнения, как рецидивирующий вывих и нейропатия различных порций седалищного нерва и бедренного нерва.

При проведении анализа функции сустава по шкале HHS было получено статистически значимое улучшение результатов лечения в группе пациентов, у которых анатомические взаимоотношения в суставе были восстановлены наиболее близко к здоровому контралатеральному суставу. Проводя детальное изучение результатов восстановления таких параметров, как офсет и пространственное смещение центра ротации, было выявлено наличие значимой корреляции между степенью изменения офсета и функцией сустава (рисунок 36).

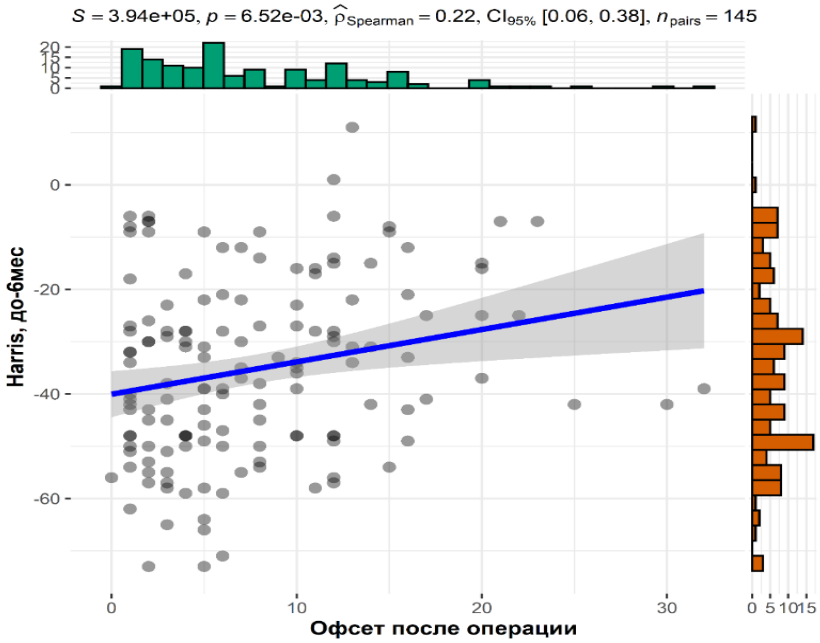


Рисунок 36 − Корреляция между офсетом после операции и изменением функции сустава по шкале Harris Hip Score

На основании полученных данных можно сделать заключение, что оперативное восстановление механических параметров тазобедренного сустава, наиболее близких к показателям здорового контралатерального сустава, то есть в пределах референтного значения в 8 мм, позволяет улучшить клинические и функциональные результаты лечения пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины. Большая разница в пространственном положении центров ротации и бедренных офсетов тазобедренных суставов приводит к увеличению количества таких осложнений, как вывихи бедренного компонента и нейропатии различных порций седалищного нерва.

Клинический пример № 2

Пациент И., 81 г., обратился в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО с жалобами на боли в области левого тазобедренного сустава и выраженную хромоту. Из архивной документации известно, что пациент получил перелом левой вертлужной впадины типа 62 А3 в 2003 г. Проводилось лечение

скелетным вытяжением. С течением времени боли в области левого сустава, ограничение движений и хромота прогрессировали.

На момент осмотра в 2017 г., при поступлении пациента, локальный статус выглядел следующим образом. Походка: ходит небольшими шагами, хромает на левую ногу. Общий осмотр. Спереди: не изменен; сбоку: не изменен; сзади: не изменен. Область левого тазобедренного сустава: правильной формы, не деформирована.

Положение левой нижней конечности: сгибание − 10 градусов; приведение − 0 гр.; наружная ротация − 0 гр. Нагрузка по оси бедра: болезненна слева. Пальпация области тазобедренных суставов: болезненная по передней поверхности слева. Объем движений в тазобедренных суставах: сгибание справа − 110 гр.; слева − 90 гр.; разгибание: справа – 0 гр., слева − 10 гр.; отведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; приведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; внутренняя ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр.; наружная ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр. Сгибательная контрактура: слева. Приводящая контрактура: слева. Движения болезненны: слева. Симптом Тренделенбурга: отрицательный с обеих сторон.

На основании клинических данных и данных лучевого обследования был выставлен диагноз: левосторонний посттравматический коксартроз 3 стадии. Консолидированный перелом крыла подвздошной кости слева в положении смещения фрагментов. Консолидированный перелом крыши вертлужной впадины слева. НФС 3 степени. Синдром левосторонней коксалгии. Укорочение левой нижней конечности на 2 см.

По данным рентгенографии и МСКТ были определены механические параметры патологически измененного левого тазобедренного сустава (рисунки 37–39).

Рисунок 37 – Рентгенограмма таза с тазобедренными суставами до проведения тотального эндопротезирования

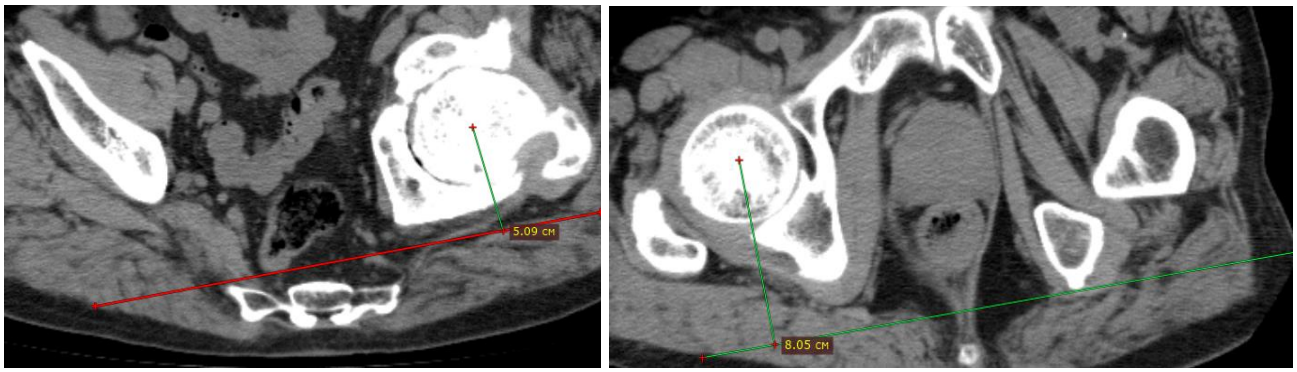


Рисунок 38 – Аксиальные срезы МСКТ пациента до проведения тотального эндопротезирования, смещение центра ротации патологически измененного левого тазобедренного сустава составляет 30 мм в дорсальном направлении

Вертикальное смещение центра ротации составило 44 мм в краниальном направлении, горизонтальное – 32 мм в медиальном направлении, передне-заднее – 30 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 7 мм. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ до операции – 9 баллов, уровень функции левого тазобедренного сустава – 52 балла по шкале Harris Hip Score.

Рисунок 39 – 3D-визуализация таза пациента до проведения тотального эндопротезирования

После дообследования и предоперационной подготовки пациенту проведено тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с использованием индивидуального вертлужного компонента. Проведена объемная костная аутопластика из головки бедренной кости.

Время операции составило 120 минут, кровопотеря 200 мл. Выбор применения индивидуального вертлужного компонента сложной геометрии был обусловлен необходимостью как замещения дефекта, так и достижения стабильной фиксации (рисунок 40).

Достичь наиболее близкого восстановления механических параметров оперированного сустава относительного здорового контралатерального не удалось. Показатели после операции выглядели следующим образом: вертикальное смещение центра ротации составило 4 мм в краниальном направлении, горизонтальное – 26 мм в медиальном направлении, передне-заднее – 10 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 6 мм.

Пациент был выписан на амбулаторное лечение. В течение 9 месяцев после выписки связь с пациентом поддерживалась удаленно в связи с отдаленным

проживанием. В течение 6 месяцев были отмечены 3 эпизода вывиха бедренного компонента, которые были вправлены закрыто в стационаре по месту жительства.

Рисунок 40 – Рентгенограмма таза в прямой проекции через 5 дней после операции

От предложенного ревизионного вмешательства пациент отказался, через 9 месяцев после операции связь была утеряна. Через 6 месяцев после тотального эндопротезирования были оценены функциональные результаты. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ – 5 баллов, уровень функции левого тазобедренного сустава – 72 балла по шкале Harris Hip Score.

По нашему мнению, полученные результаты обусловлены недооценкой мышечного тонуса пациента, длительно существующего патологического стереотипа ходьбы. При разработке конструкции в приоритете было восстановление центра ротации в вертикальном направлении, достижение максимальной площади контакта имплантата и нативной кости. При сохранении выраженного медиального смещения центра ротации в сочетании с бедренным офсетом, не изменившимся после операции, сохранялась недостаточность илиотибиального тракта, что в совокупности с низким тонусом мышц вследствие

возраста пациента привело к развитию рецидивирующего вывиха головки эндопротеза.

Клинический пример № 3

Пациентка Б., 72 лет, обратилась в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО с жалобами на боли в области левого тазобедренного сустава и выраженную хромоту. Из архивной документации известно, что пациентка получила перелом левой вертлужной впадины типа 62 А3, вывих головки левой бедренной кости в 2000 г. Проведено открытое вправление, открытая репозиция, накостный остеосинтез подвздошной кости слева. Послеоперационный период гладкий, заживление первичное. С течением времени боли в области левого сустава, ограничение движений и хромота прогрессировали.

На момент осмотра в 2017 г., при поступлении пациента, локальный статус выглядел следующим образом. Походка: ходит небольшими шагами, хромает на левую ногу. Общий осмотр. Спереди: не изменен; сбоку: не изменен; сзади: не изменен. Область левого тазобедренного сустава: правильной формы, не деформирована.

Положение левой нижней конечности: сгибание − 10 градусов; приведение − 0 гр.; наружная ротация − 0 гр. Нагрузка по оси бедра: болезненна слева. Пальпация области тазобедренных суставов: болезненная по передней поверхности слева. Объем движений в тазобедренных суставах: сгибание справа − 110 гр.; слева − 90 гр.; разгибание: справа – 0 гр., слева − 10 гр.; отведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; приведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; внутренняя. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр.; наружная. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр. Сгибательная контрактура: слева. Приводящая контрактура: слева. Движения болезненны: слева. Симптом Тренделенбурга: отрицательный.

На основании клинических данных и данных лучевого обследования был выставлен диагноз: посттравматический левосторонний коксартроз 3 ст. НФС 1–2. Консолидированный перелом тела подвздошной кости в условиях МОС. Коксалгия слева.

По данным рентгенографии и МСКТ были определены механические параметры патологически измененного левого тазобедренного сустава (рисунки 41–42).

Рисунок 41 – Рентгенограмма таза с тазобедренными суставами до проведения тотального эндопротезирования

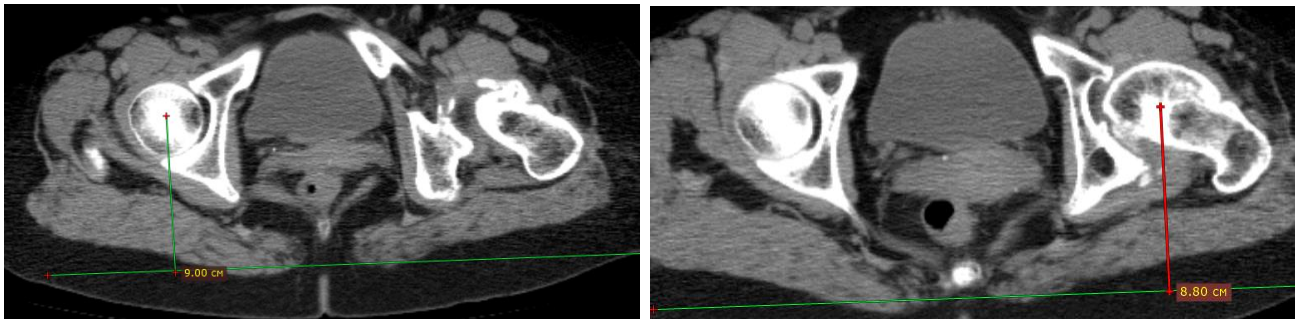


Рисунок 42 – Аксиальные срезы МСКТ пациента до проведения тотального эндопротезирования

Вертикальное смещение центра ротации составило 22 мм в краниальном направлении, горизонтальное – 12 мм в латеральном направлении, переднезаднее – 5 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 4 мм. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ до операции – 9 баллов, уровень функции левого тазобедренного сустава – 34 балла по шкале Harris Hip Score.

После предварительной предоперационной подготовки пациентке проведено тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава эндопротезом бесцементной фиксации с проведением костной аутопластика из головки бедренной кости. Время операции – 50 минут, кровопотеря – 150 мл. По данным послеоперационного лучевого исследования были проанализированы механические параметры оперированного тазобедренного сустава (рисунок 43).

Рисунок 43 − Рентгенограмма таза в прямой проекции через 4 дня после операции

Вертикальное смещение центра ротации составило 1 мм, горизонтальное – 1 мм в медиальном направлении, передне-заднее – 2 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 4 мм. Пациентка была выписана на амбулаторное

лечение. На амбулаторном приеме через 8 месяцев после выписки были оценены функциональные результаты. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ – 1 балл, уровень функции левого тазобедренного сустава – 82 балла по шкале Harris Hip Score.

Таким образом, анализируя результаты ретроспективного и ретроспективно-проспективного этапа, можно сделать заключение, что гипотезы о влиянии типа, характера предшествующей травмы, типа и сроков лечения, а также степени восстановления механических параметров тазобедренного сустава на результаты тотального эндопротезирования были статистически подтверждены.

Наиболее неблагоприятными с точки зрения предстоящей артропластики являются переломы задней стенки, задней колонны, а также поперечные переломы, при лечении которых в ранние сроки не была восстановлена анатомичность суставной поверхности и достигнута стабильная фиксация фрагментов.

К механическим параметрам, восстановление которых требуется при проведении тотального эндопротезирования, относятся центр ротации сустава и бедренный офсет. Определенное референтное значение в 8 мм позволяет определить необходимое пространственное положение центра ротации и величины бедренного офсета при проведении предоперационного планирования.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Эндопротезирование тазобедренного сустава требует обязательного предоперационного планирования, в ходе которого хирург подбирает наиболее подходящую геометрию эндопротеза, в частности тип и размеры бедренного и ацетабулярного компонентов, и способ их фиксации [58, 59].

Методика предоперационного планирования выполняет следующие задачи:

1. Определение анатомических ориентиров и взаимоотношений в суставе по сравнению со здоровой стороной (положение центра ротации сустава, офсета, разница длины конечностей).

2. Детальная визуализация дефекта с измерением плотности костной ткани вертлужной впадины и определением объема дефекта по сравнению со здоровой стороной.

3. Моделирование оперативного вмешательства с помощью библиотеки моделей имплантатов.

4. Определение объемов остеопластики, типа фиксации и покрытия имплантата.

Традиционно для проведения предоперационного планирования применяется использование шаблонов (так называемое «шаблонирование») – изображение на прозрачных пленках имплантатов с соответствующим увеличением предоставленных производителем протезов и проекционным совмещением шаблонов и рентгенограмм таза с тазобедренными суставами [23, 222].

Однако данный метод не лишен недостатков: наибольшие отклонения в результатах планирования отмечены у пациентов с избыточной массой тела и с выраженными контрактурами в тазобедренных суставах. У больных с ожирением в основном ошибки в определении размеров и положения имплантатов обусловлены неправильным масштабированием снимков. У пациентов с выраженными контрактурами суставов технически сложно выполнить рентгенограммы с необходимым положением таза и ротацией бедренных костей.

Закономерным развитием диагностических методов стали методики цифрового плоскостного планирования. Это усовершенствование повысило точность прогнозирования размера имплантата, положения, восстановления центра вращения и восстановления длины конечности [48, 168]. Несмотря на ряд преимуществ, данные программные продукты имеют некоторые недостатки и ограничения. Данные программные продукты можно использовать для предоперационного планирования эндопротезирования суставов только в случае сохранной анатомии сустава, отсутствия объемных дефектов и деформаций.

Рентгенограммы должны соответствовать определенным требованиям: необходимо добиваться соосности линии симфиза и середины крестца, наклон таза в сагиттальной плоскости должен быть нейтральным, бедренная кость должна быть ротирована внутри на 10–20º. У пациентов с последствиями травмы не всегда представляется возможным соблюсти данные требования по причине частого наличия стойких контрактур пораженных суставов, изменений физиологических изгибов позвоночника и, соответственно, наклона таза в сагиттальной плоскости.

Кроме того, в библиотеку шаблонов каждого из программных продуктов заложены только образцы стандартных компонентов эндопротеза, а использование индивидуальных конструкций даже простой геометрии является частным случаем и требует персонифицированного подхода.

4.1 Метод послойной визуализации

Метод послойной визуализации области дефекта костной ткани позволяет визуализировать область дефекта костной ткани при наличии металлоконструкции. Применение данного метода дает возможность более корректного моделирования индивидуального имплантата.

В предоперационном периоде, кроме рутинной рентгенографии таза в прямой и аксиальной проекции, обязательно проводится МСКТ таза с тазобедренными суставами. По данным МСКТ формируется объемная модель,

верифицируется дефект вертлужной впадины. Проводится анализ состояния костной ткани в пределах от 223 до 600 и выше единиц по HU, так как объем дефекта растет с увеличением плотности костной ткани. Это говорит о том, что опороспособной костной ткани на самом деле меньше, чем определяется на рентгенограмме или оценивается хирургом визуально во время оперативного вмешательства.

Учитывая полученные результаты моделирования и анализа плотности костной ткани, принимается решение о необходимости использования аугментов, индивидуальных компонентов, проведении остеопластики. В ходе виртуального предоперационного планирования определяется диаметр тазового компонента эндопротеза, размер фрезы для обработки внутренней поверхности дефекта, определяется длина и направление хода фиксирующих винтов.

Метод послойной визуализации дефекта костей таза с оценкой плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда дает возможность хирургу более корректно определить тактику оперативного вмешательства. В случае определения необходимости имплантации индивидуального 3D-аугмента, данный метод дает возможность скорректировать его геометрию с учетом плотности костной ткани, придав тем самым дополнительную стабильность конструкции. Данный метод также позволяет решить задачу предоперационного обоснования расположения винтов, обеспечивая их проведение в зоне опороспособной костной ткани.

Для визуализации и верификации посттравматического дефекта костной ткани вертлужной впадины были использованы два метода моделирования: скульптурной контурной пластики объемных имплантатов с применением полимерного пластика и метод математического моделирования с использованием программного обеспечения.

Суть метода скульптурной контурной пластики состоит в создании по МСКТ 3D-модели интересующей нас области, далее на 3D-принтере производим печать модели дефекта костей из пластика (PLA, ABS или любого другого). После создания 3D-модели сопоставляется интактная контралатеральная сторона,

анатомия которой не изменена, это необходимо для восстановления центра ротации в условиях отсутствия анатомических ориентиров.

Затем из полимерной глины на полученной 3D-модели вручную формируют имплантат, при этом определяют места крепления индивидуального имплантата к костной ткани, изменяют геометрию в соответствии с требованиями и указаниями хирурга. В итоге формируется имплантат из полимерной глины, соответствующий требованиям оперирующего хирурга и учитывающий индивидуальную анатомию пациента.

После того как полимерная глина затвердевает (в среднем 6 часов) следует этап сканирования: затвердевшую модель сканируют 3D-сканером, при этом получаем точную копию вылепленной из глины модели в виртуальном формате. Далее с помощью программного обеспечения проводится доработка полученной модели: выравнивание поверхности, определение углов имплантации винтов с учетом распределения векторов силовой нагрузки. После вышеперечисленных операций следует этап печати имплантата из титана LPW-TI64-GD23-TYPE5 на 3D-принтере.

Применение данного метода моделирования целесообразно в условиях ограничения времени на согласование индивидуального имплантата – формирование имплантата производится при непосредственном участии хирурга и занимает меньше времени. Однако процедура сканирования весьма специфична и имеет определенные допуски в конечной геометрии имплантата, поэтому для реализации данного метода необходимо обладать навыками работы с программным обеспечением на высоком уровне.

Данный метод моделирования дает возможность работать дистанционно: распечатанную из пластика 3D-модель костей таза можно отправить хирургу в любую точка мира, где у него будет возможность самостоятельно сформировать имплантат в соответствии с его пониманием тактики и хода оперативного вмешательства.

4.2 Математическое моделирование

Метод математического моделирования не подразумевает печать модели костей и индивидуального имплантата из пластика, соответственно, с точки зрения экономики он менее затратный.

Однако основной недостаток данного метода – необходимость ряда согласований с оперирующим хирургом (геометрия имплантата, расположение крепежных элементов, использование специализированного инструментария). Так же необходимо наличие в штате специалиста, имеющего квалификацию, позволяющую свободно работать в ряде компьютерных программ. Данные метод моделирования возможно разбить на ряд этапов, которые описаны ниже.

Первый этап − проведение мультиспиральной компьютерной томографии области предполагаемого оперативного вмешательства, преобразование формата DICOM (формат, в котором получаем стандартное МСКТ) с помощью конвертера DICOM Viever в любой сеточный формат, позволяющий работать с объемными моделями, в частности, формат STL, как наиболее распространенный.

Второй этап – полученное изображение в формате STL обрабатывается в CAD-проектировщике. В процессе выполнения этапа производится точечное удаление всех артефактов, определение и удаление металлоконструкций, визуализация области дефекта. Данный процесс в зависимости от количества артефактов, обусловленных наличием металла и опыта оператора, может занимать достаточно продолжительное время.

Третий этап – полученное изображение таза в формате STL без металлоконструкций обрабатывается в программе InVesalius 3.0 для определения плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда с использованием стандартных инструментов программного обеспечения.

Для этого вводятся параметры, соответствующие центру костного окна костей таза (от 400 до 600 единиц HU).

На полученном изображении выделяем дефект костной ткани, оцениваем геометрию и объем дефекта, определяем, в пределах каких анатомических

областей данный дефект расположен. Для оценки плотности костной ткани в программе последовательно изменяем параметры плотности кости по шкале Hounsefield. В результате чего получаем ряд изображений и по полученной информации определяем наиболее плотную костная ткань. Очевидно, что увеличение анализируемых границ плотности напрямую связано с расширением границ дефекта.

4.3 Компьютер-ассоциированный способ предоперационного планирования

Для определения тактики при оперативном вмешательстве на вертлужной впадине был разработан способ предоперационного планирования и выбора типа ацетабулярного компонента. Данный способ основан на этапной верификации патологических структурных изменений вертлужной впадины, заключающихся в определении двух параметров: степени деформации и величины дефекта вертлужной впадины.

Полученные на первом этапе результаты показали необходимость тщательного предоперационного планирования и интраоперационного восстановления механических параметров в оперируемом суставе.

В ходе проведения первого этапа исследования, по мере накопления клинического материала и промежуточного анализа результатов, для восстановления механических параметров и тщательного предоперационного планирования, а также для выбора типа оперативного вмешательства для имплантации вертлужного компонента был разработан способ предоперационного планирования, основанный на этапной верификации патологических структурных изменений вертлужной впадины. Верификация включает в себя определение двух параметров: степени деформации и величины дефекта вертлужной впадины.

Первым этапом выполняется МСКТ таза с тазобедренными суставами в формате DICOM. Обязательным условием является интактность противоположного сустава, так как механические параметры здорового

контралатерального сустава (центр ротации, бедренный офсет) при осуществлении данного способа принимаются за показатели нормы для каждого конкретного пациента. Такой подход позволяет уменьшить субъективность и повысить точность измерений.

После первичной обработки проводится переформатирование в формат STL для детализации изображения, проводится очищение от лишних шумов и артефактов и определение зон наиболее плотной костной ткани, ткани с плотностью менее 200 HU игнорируются (рисунок 44). Данная опция доступна при работе в большинстве графических редакторов для работы с DICOM-файлами. Данный формат является наиболее распространенным при моделировании трехмерных объектов.

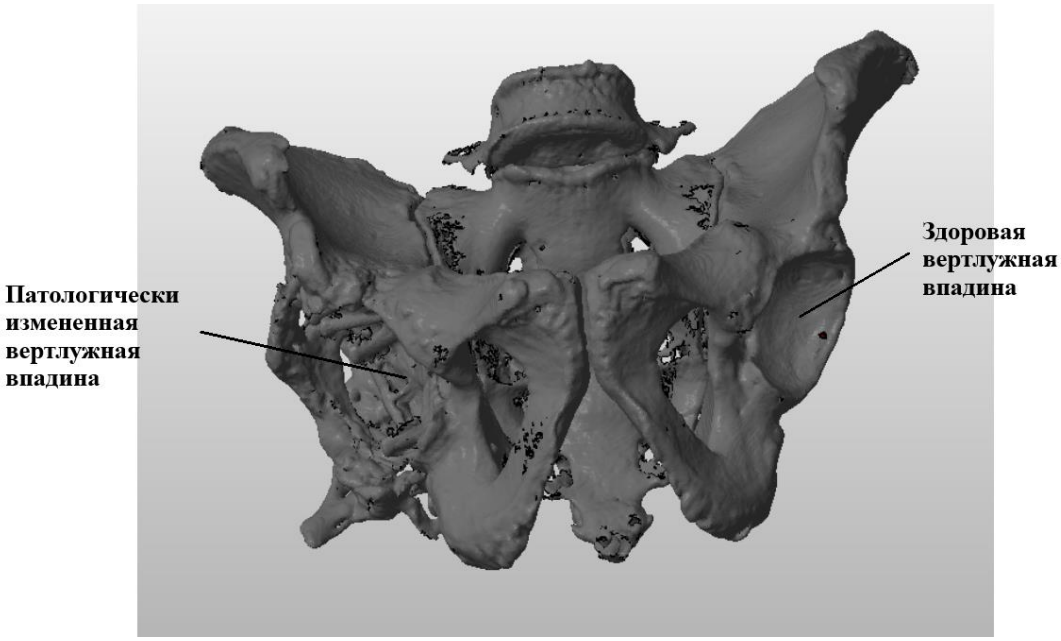


Рисунок 44 − Внешний вид виртуальной модели таза

Для правильного позиционирования и топографической ориентации проводится построение плоскостей таза – вертикальной, горизонтальной и фронтальной с пересечением их в точке «ноль», которая соответствует прохождению горизонтальной плоскости на уровне седалищных бугров и ее пересечению фронтальной и сагиттальной плоскостями на уровне середины симфиза (рисунок 45).

Порядок построения плоскостей выглядит следующим образом. Плоскость, выбранная из стандартной библиотеки элементов графического редактора, позиционируется таким образом, чтобы соединить в аксиальной проекции середину крестца, тела L5 позвонка и середину лонного сочленения. Данная плоскость называется вертикальной. Следующим этапом проводится построение горизонтальной плоскости. Она должна быть перпендикулярная вертикальной и проходить через вершины седалищных бугров и 3-й копчиковый позвонок. Фронтальная плоскость строится перпендикулярно первым двум и соединениям крестцово-подвздошных сочленений.

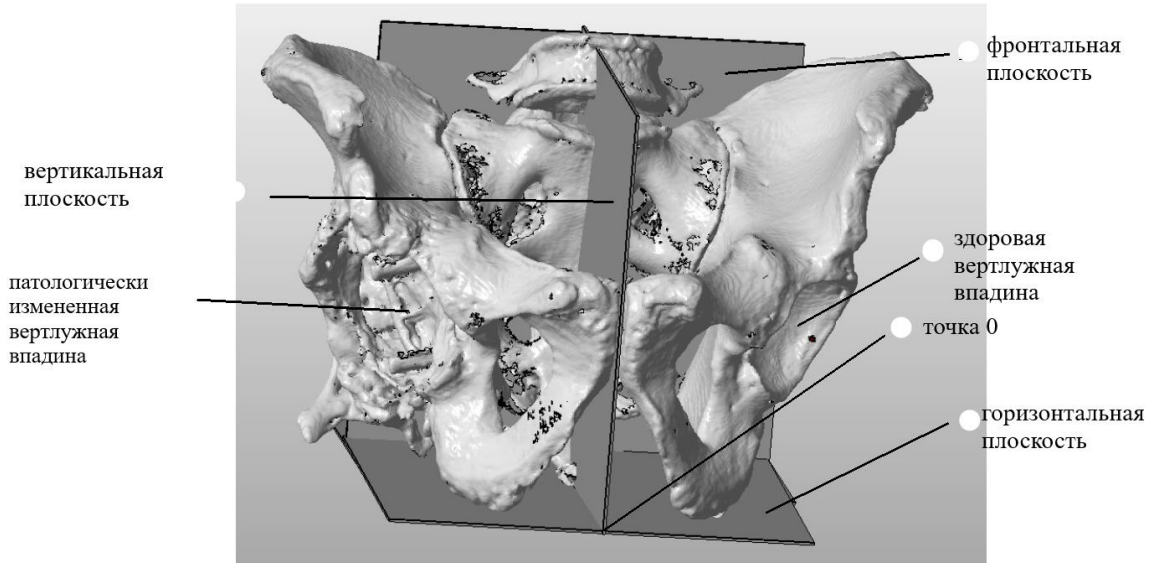


Рисунок 45 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями

Следующим этапом необходимо построение плоскости инклинации вертлужной впадины. Техника построение данной плоскости следующая: плоскость должна проходить через 2/3 самых выступающих точек входа в вертлужную впадину. Пространственно плоскость ориентируется таким образом, чтобы достичь пересечения с остальными плоскостями в точке «ноль» (рисунок 46).

После построения плоскости инклинации вертлужной впадины на здоровой стороне таза, на ней определяют центр ротации здорового тазобедренного сустава. Пространственное положение данного механического параметра

определяется с помощью рентгенограмм (вертикальное, горизонтальное положение относительно центральной оси таза и линии, соединяющей седалищные бугры, соответственно), так и с помощью измерения передне-заднего положения по данным МСКТ (расстояние от переднего и заднего краев, дна вертлужной впадины). Зная данные параметры, в выбранной точке располагается модель из стандартной библиотеки графического редактора – сфера с радиусом 5 мм. Данная фигура наглядно демонстрирует расположение центра ротации здорового тазобедренного сустава и служит для дальнейшего позиционирования и измерений.

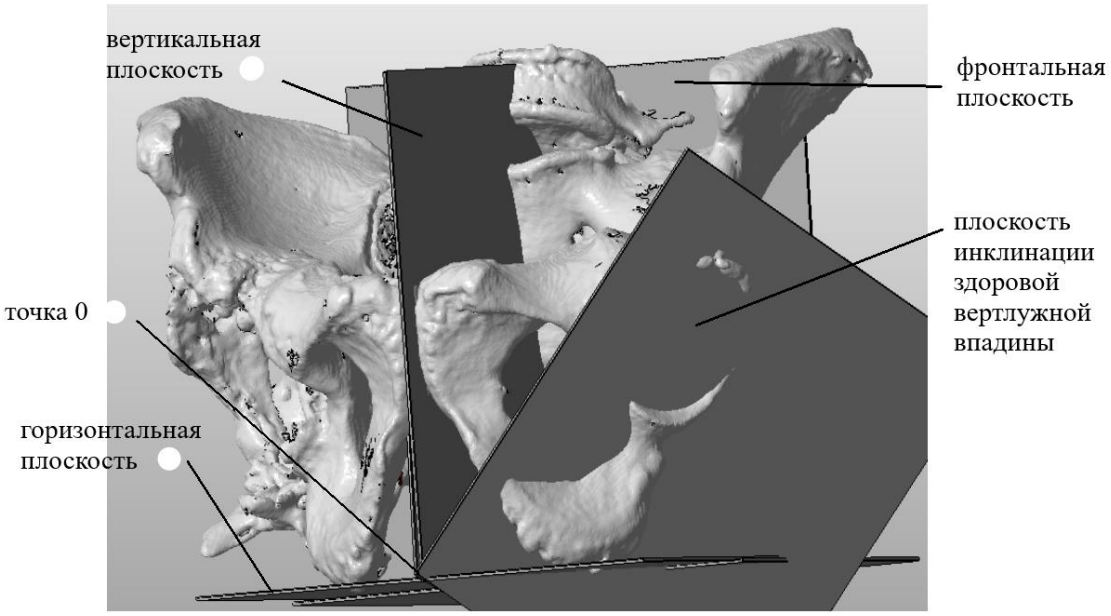


Рисунок 46 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями

Следующим этапом необходимо провести определение полусферы здорового тазобедренного сустава путем очерчивания контуров здоровой вертлужной впадины инструментами, входящими в стандартный набор графического редактора. Задаются параметры плотности модели в диапазоне от 400 до 600 HU. Визуализированная область вертлужной впадины в этом диапазоне окрашивается цветом, отличающимся от остальной модели (рисунок 47).

Полусфера делится на три сектора, соответствующие лонной, седалищной и надацетабулярной частям вертлужной впадины. Данные сектора обозначаются буквами P (pubis), Il (Ilium) и Is (Ischiaticum). Выбор именно таких геометрических фигур обусловлен анатомической формой вертлужной впадины и ее образованием из трех костей.

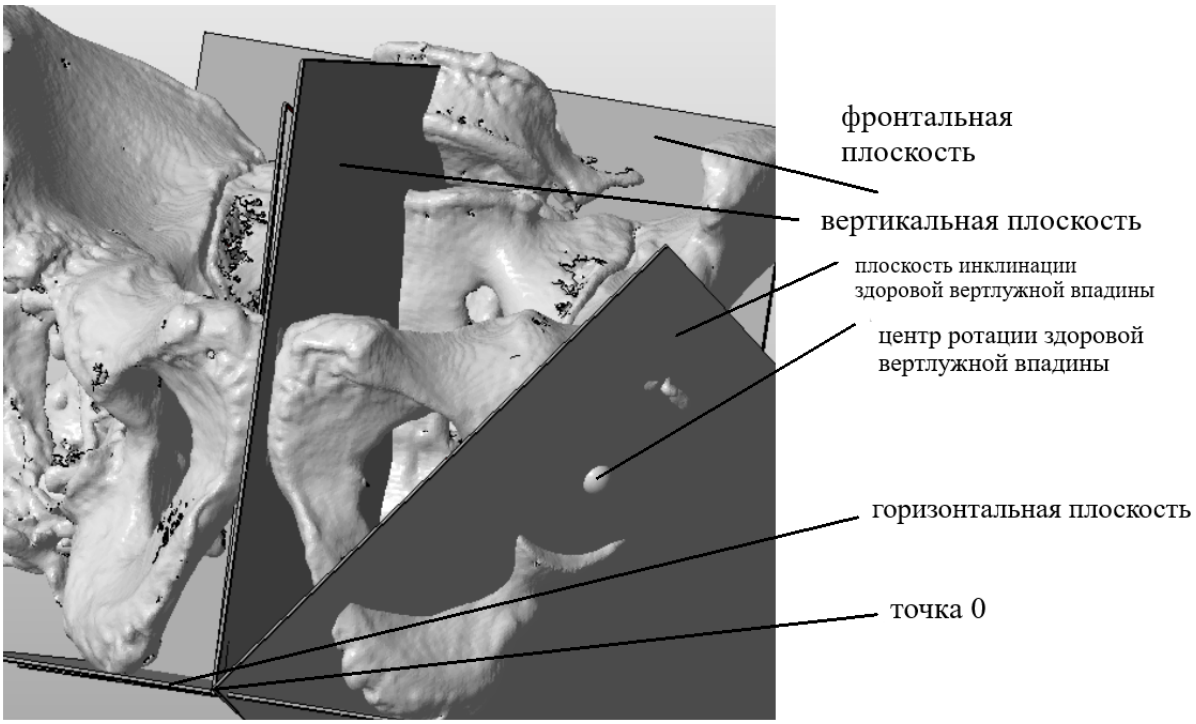


Рисунок 47 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями

Для определения сектора соответствующего размера проводится подбор геометрической фигуры из сформированной библиотеки с размерным рядом с шагом в радиусе в 1 мм тестовых фигур для каждой из костей вертлужной впадины (лонной, седалищной, подвздошной), представляющих собой 1/3 разделенной соответственно на три части, полусферы, где есть сферическое основание, три контактные грани и вершина (рисунки 48–51).

Сектор пространственно позиционируется таким образом, чтобы не менее 75% поверхности его основания находилось в контакте с опороспособной

плотной костной тканью (ранее окрашенная зона с плотностью модели от 400 до 600 HU), а вершина соответствовала центру ротации.

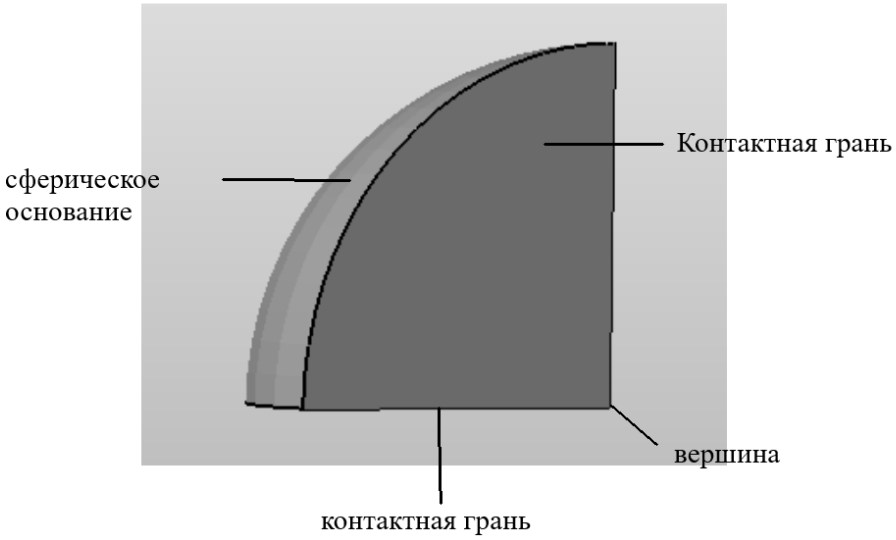


Рисунок 48 – Эскиз тестовой фигуры. Вид сбоку

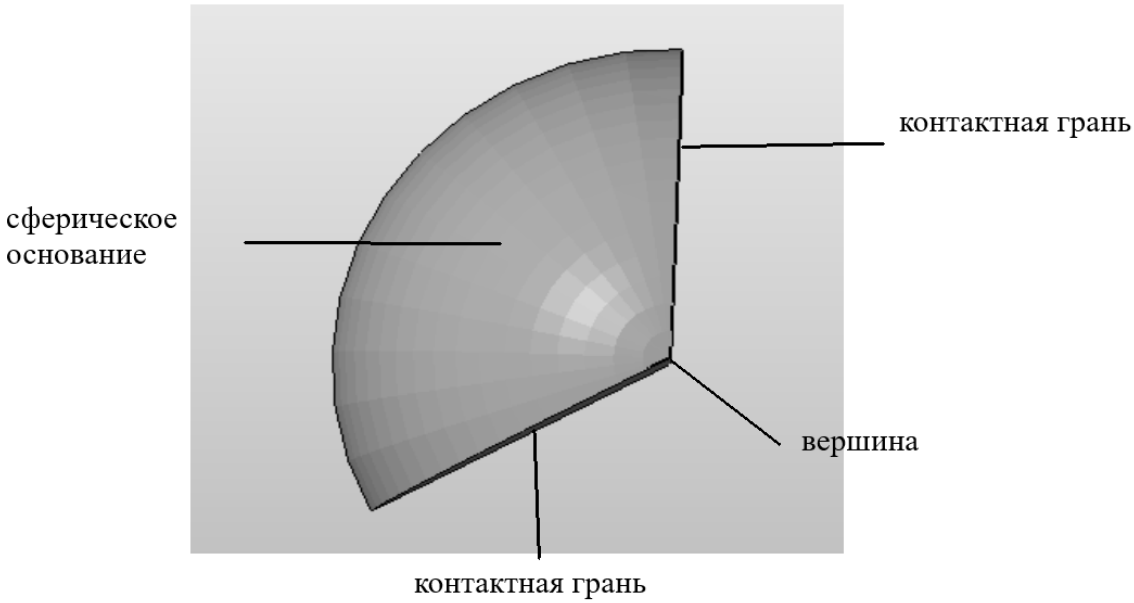


Рисунок 49 − Эскиз тестовой фигуры. Вид сверху

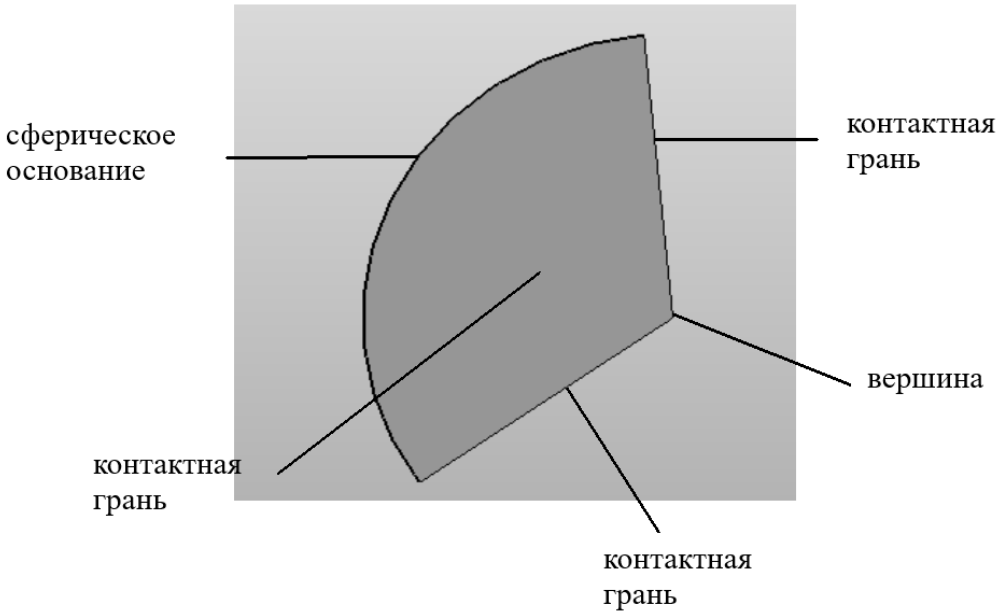


Рисунок 50 − Эскиз тестовой фигуры. Вид снизу

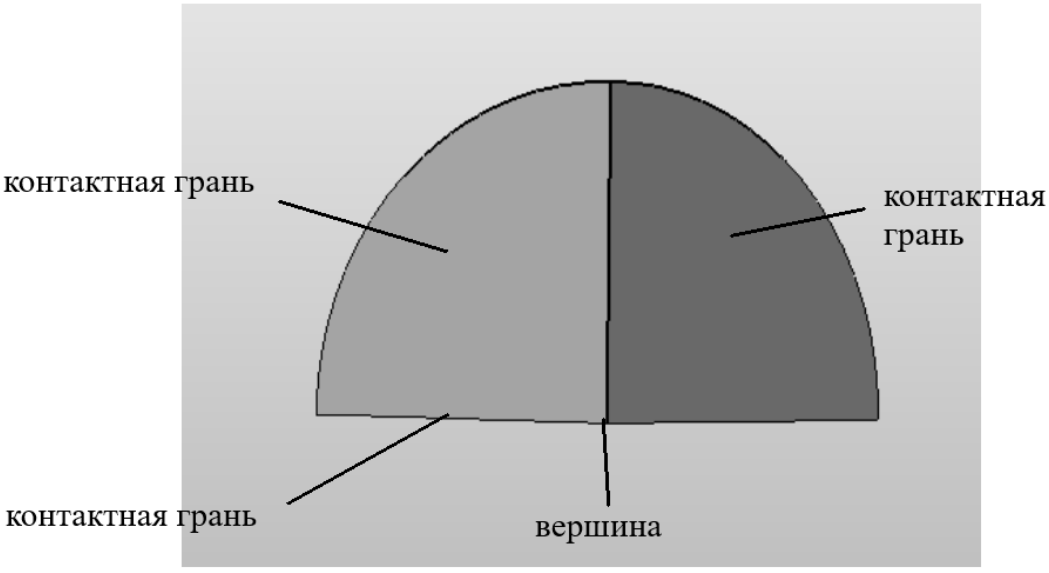


Рисунок 51 − Эскиз тестовой фигуры. Вид спереди

Контактные грани должны соприкасаться с контактными гранями других тестовых фигур и плоскостью инклинации здоровой вертлужной впадины (рисунок 52).

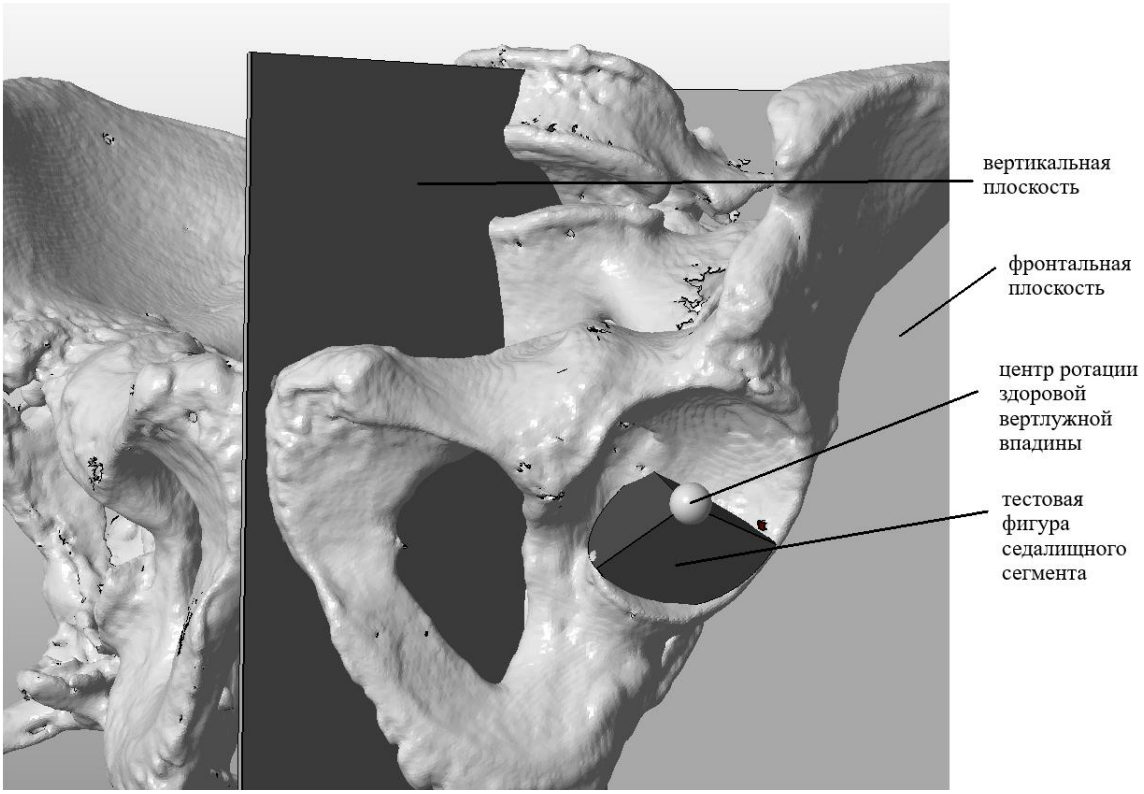


Рисунок 52 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями, центром ротации и примеркой тестовой фигуры седалищного сегмента

После подбора правильно ориентированной фигуры с известными показателями объема и площади поверхности эти параметры описываются для каждого сектора, соответствующего лонной, седалищной и подвздошной поверхностям вертлужной впадины (рисунок 53). Объем каждой фигуры определяется по формуле:

$$V=(2/3)\pi r^3/3\ . \qquad (4.1)$$

Третьим этапом плоскость инклинации зеркально переносят на сторону поврежденной вертлужной впадины, переносят зеркально центр ротации (рисунок 54).

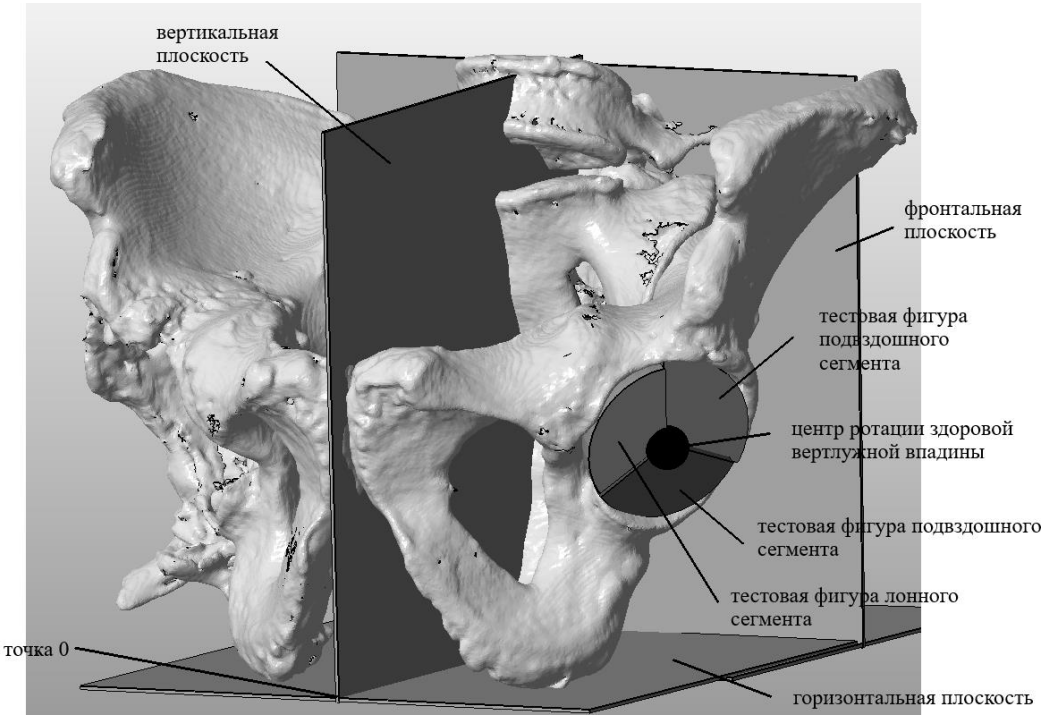


Рисунок 53 − Внешний вид виртуальной модели таза. Подобранные тестовые фигуры здоровой вертлужной впадины

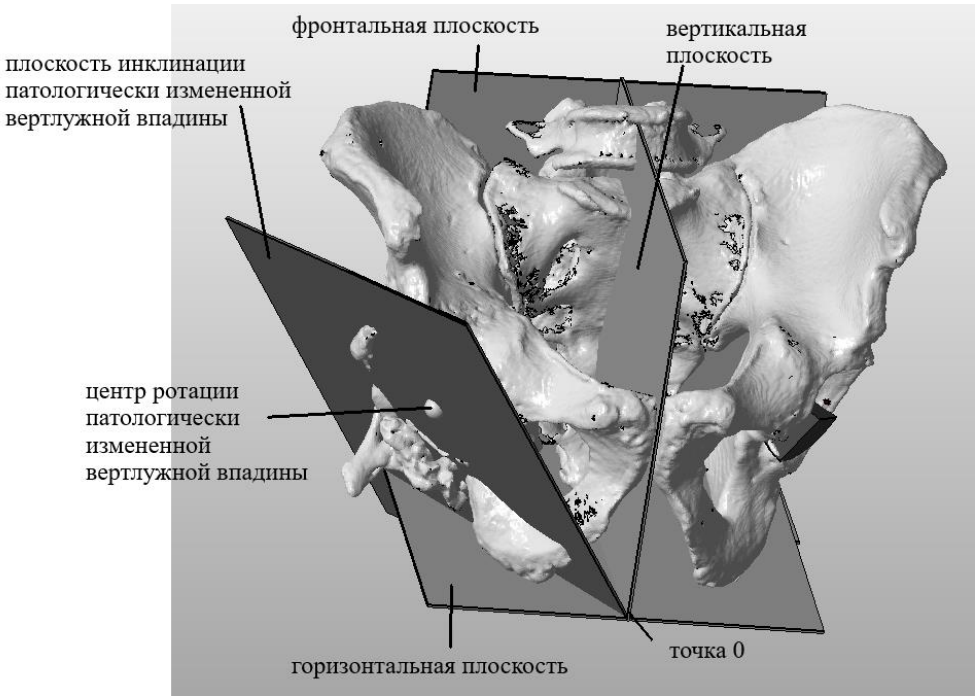


Рисунок 54 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями. Зеркальный перенос центра ротации на патологическую вертлужную впадину

Определяются границы дефекта вертлужной впадины путем очерчивания контуров в каждой отдельной кости, образующей вертлужную впадину. Затем в очерченные контуры дефекта каждой кости, формирующей вертлужную впадину, подбираем тестовые фигуры с первого этапа.

Патологические сектора определяются путем подбора виртуальных секторов из сформированной библиотеки с условием, чтобы не менее 75% поверхности фигуры контактировало с опороспособной костной тканью сегмента, а вершина соответствовала нормальному центру ротации. Так как геометрия дефекта области ацетабулярной впадины уникальна в каждом конкретном случае, для осуществления предлагаемой технологии оценки дефекта фигура может выходить за пределы сохранной костной ткани, поскольку определение объема фигуры является относительным параметром, измеряемым главным образом для сравнения с показателями здорового сустава.

Так, тестовая фигура, взятая из раздела библиотеки седалищной кости, помещается в проекцию седалищной кости, образующей вертлужную впадину (рисунок 55).

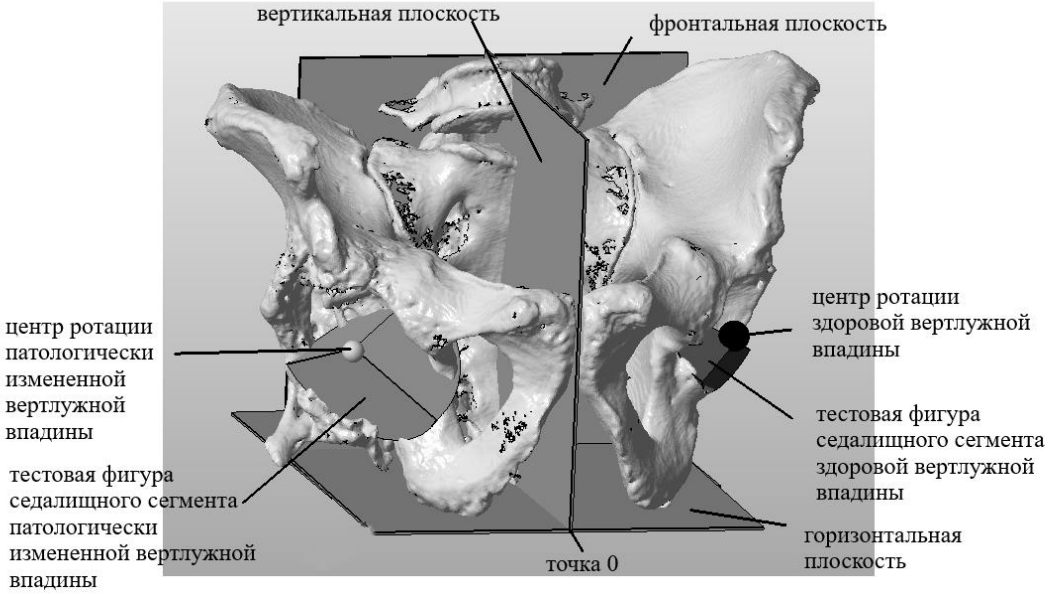


Рисунок 55 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями. Подбор тестовой фигуры седалищного сегмента

Позиционируют лонную и подвздошную тестовые фигуры, которые совмещаются между собой контактными гранями. Вершины фигур объединяются в одну точку, которая является центром ротации, расположенным на плоскости инклинации (рисунок 56).

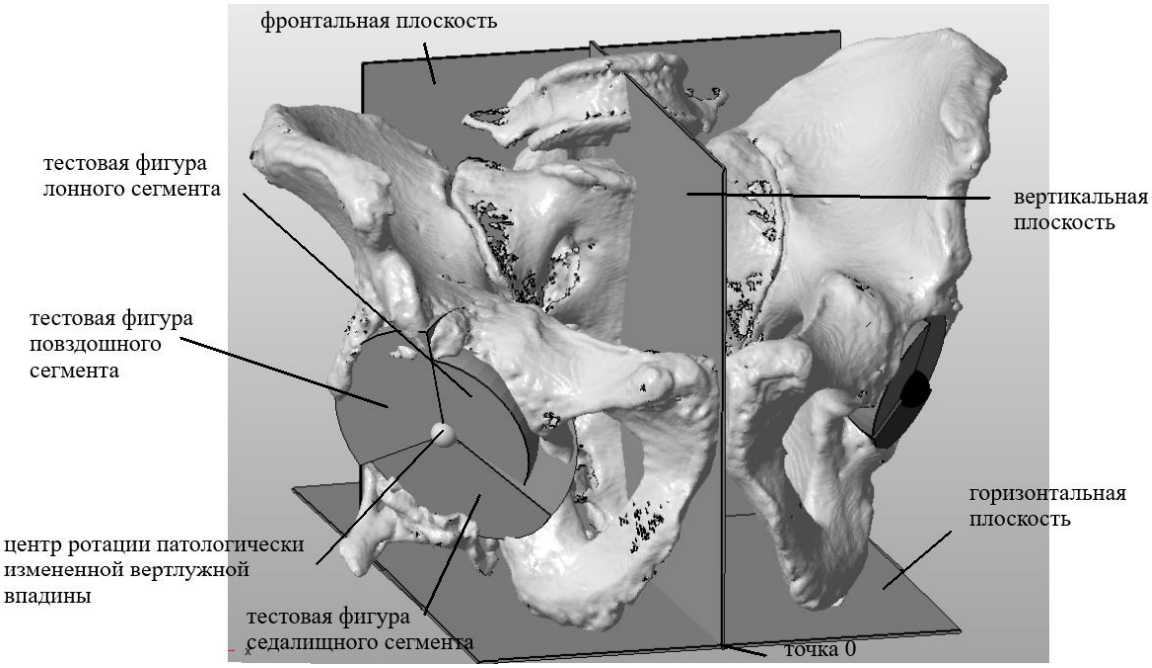


Рисунок 56 − Внешний вид виртуальной модели таза с построенными плоскостями. Подбор тестовых фигур каждого сегмента

Констатируем объем (V□) каждой отдельной фигуры.

Четвертым этапом высчитывают процент повреждения в каждой области (лонной, седалищной, подвздошной) для патологической стороны поврежденного тазобедренного сустава по формуле:

$$100\% - (V\ (\text{патологический}) / V\ (\text{Нормальный}) * 100\%), \quad (4.2)$$

где V (патологический) − объем шаблона на поврежденном тазобедренном суставе; V (нормальный) – объем шаблона на здоровом тазобедренном суставе.

Для лонного сектора:

$$100\% - (VP\ (\text{патологический}) / VP\ (\text{Нормальный}) * 100\%). \quad (4.3).$$

Для седалищного сектора:

$$2)\ 100\% - (VIs\ (\text{патологический}) / VIs\ (\text{Нормальный}) * 100\%). \quad (4.4)$$

Для подвздошного сектора:

3) 100% − (Vil (патологический) / Vil (Нормальный)*100%). (4.5)

По полученным данным определяют дефект для каждой кости, образующей вертлужную впадину (рисунок 57).

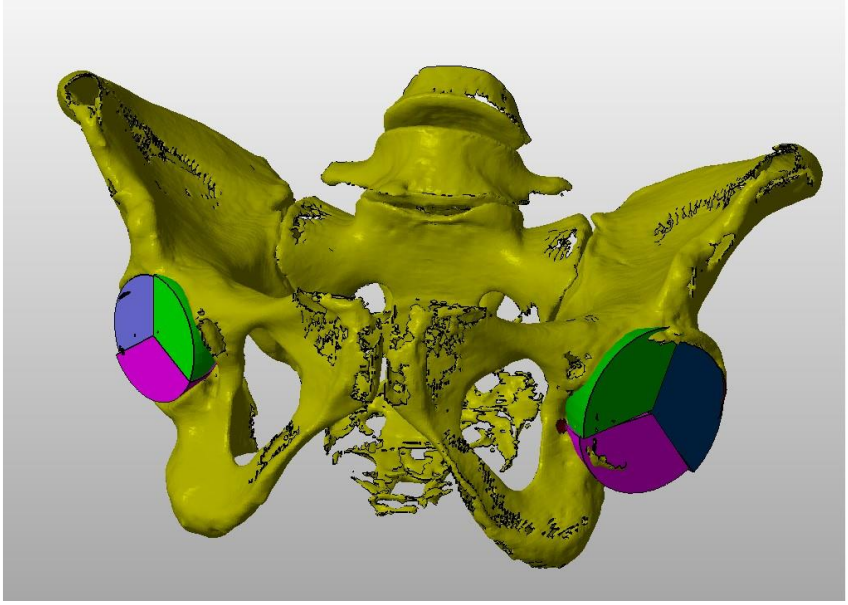


Рисунок 57 − Виртуальная модель после проведения подбора секторов для проведения измерения

Технология применения фигур заданного размера и объема для оценки дефекта костей таза, а именно области ацетабулярной впадины, не требует специфических знаний и доступна для применения на любой платформе, совместимой с форматом файла STL. Главным преимуществом наличия такой библиотеки является простота обработки и получения данных о дефекте.

Полученные количественные данные сравниваются с нормальными параметрами. Разность объемов определяется как дефект патологического сегмента. Для определения данного показателя используется формула:

100% – (V (патологический) / V (Нормальный) * 100%), (4.6)

где V (патологический) – это объем определенного сектора, полученного методом подбора; V (нормальный) – это объем сектора здорового сустава, также полученный методом подбора из библиотеки фигур.

Для каждого из сегментов (лонного, седалищного и подвздошного) формула будет выглядеть следующим образом:

для лонного: 100% – (VP (патологический) / VP (Нормальный) * 100%). (4.7)

для седалищного: 100% – (VIs (патологический) / VIs (Нормальный) * 100%). (4.8)

для подвздошного: 100% – (VIl (патологический) / VIl (Нормальный) * 100%). (4.9)

По степени выраженности дефекта, по полученной процентной разнице между патологическим и здоровым сегментами изменения делятся на пять типов: до 25%, от 26% до 40%, от 41% до 60%, от 61% до 80% и свыше 80%. Данные процентные изменения соответствуют типам 1, 2, 3, 4 и 5.

После определения параметров составляется описание дефекта в виде количественного цифрового выражения параметров отдельно для каждого сегмента вертлужной впадины: для лонного сегмента – P, седалищного – Is, подвздошного – Il. Например, P1, Is2, Il2.

Таким образом, диагностический алгоритм компьютер-ассоциированного предоперационного планирования тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины представлен на рисунке 58.

Рисунок 58 – Алгоритм компьютер-ассоциированного предоперационного планирования тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины

4.4 Выбор хирургической тактики при реконструкции вертлужной впадины

На основании клинического опыта учреждения и отечественных и зарубежных публикаций была сформирована система алгоритмов определения тактики оперативного лечения, с определением различных типов и способов фиксации вертлужных компонентов в зависимости от степени деформации и дефекта вертлужной впадины.

Основополагающим принципом при проведении эндопротезирования мы считаем восстановление механических параметров тазобедренного сустава: центра ротации, бедренного офсета путем достижения стабильной фиксации компонента с опорой на три опорные точки вертлужной впадины и замещением костного дефекта. Общая схема тактики выбора хирургической техники представлена в таблице 21.

При дефекте типа P I, учитывая незначительную потерю костной ткани и сохранность опороспособности передней колонны вертлужной впадины, возможно достижение press-fit фиксации и использование стандартных серийных вертлужных компонентов бесцементной фиксации.

Костная пластика выполняется при наличии дефицита костной ткани в области основания лонной кости, возможно использование костной крошки как из головки бедренной кости, так и использование аллопластики. Использование фиксирующих винтов остается на усмотрение хирурга в случаях сопутствующих дефектов остальных отделов вертлужной впадины.

Дефекты типа Is I также относятся к незначительным, возможна опциональная костная пластика либо аутокостью при сохранной головке бедренной кости, либо путем аллоостеопластики. Учитывая достаточный объем опороспособной костной ткани задней колонны, необходимо стремиться к достижению press-fit фиксации с использованием вертлужного компонента бесцементной фиксации.

При наличии дефекта типа Il I структура вертлужной впадины сохранна, замещение дефекта такого типа не требует использования костной пластики,

показано использование вертлужного компонента бесцементной фиксации, при необходимости хирург может использовать винты для достижения лучшей стабильности, однако достижение press-fit фиксации является предпочтительной. Возможна имплантация вертлужных компонентов с любым типом покрытия.

Таблица 21 – Выбор тактики хирургического лечения в зависимости от типа дефекта

№	P	IS	Il
I	Стандартный вертлужный компонент бесцементной фиксации + костная пластика	Стандартный вертлужный компонент бесцементной фиксации + костная пластика	Стандартный вертлужный компонент бесцементной фиксации
II	Вертлужный компонент бесцементной фиксации + костная пластика + винтовая фиксация / Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами	Вертлужный компонент бесцементной фиксации/ Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами / Вертлужный компонент бесцементной фиксации + аугмент опорный	Вертлужный компонент бесцементной фиксации + костная пластика + аугмент полусферический / Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами
III	Индивидуальный вертлужный компонент + костная пластика / Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами	Индивидуальный вертлужный компонент + костная пластика / Вертлужный компонент бесцементной фиксации + опорный аугмент + полусферический аугмент / Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами	Индивидуальный вертлужный компонент + костная пластика / Вертлужный компонент бесцементной фиксации+ + полусферический аугмент / Вертлужный компонент большого размера с полиакисальной фиксацией винтами
IV	Индивидуальный вертлужный компонент простой геометрии + реконструкция передней колонны / Индивидуальный вертлужный компонент сложной геометрии	Индивидуальный вертлужный компонент простой геометрии + реконструкция задней колонны / Индивидуальный вертлужный компонент сложной геометрии	Индивидуальный вертлужный компонент простой геометрии + +полусферический аугмент / Индивидуальный вертлужный компонент сложной геометрии
V	Индивидуальный вертлужный компонент внеацетабулярной фиксации	Индивидуальный вертлужный компонент внеацетабулярной фиксации	Индивидуальный вертлужный компонент внеацетабулярной фиксации

Соответственно, I тип соответствует незначительным изменениям, количество сохранной опороспособной костной ткани вертлужной впадины является достаточным для того, чтобы достичь press-fit фиксацию, костная пластика используется опционально, только при локализации дефекта в области передней или задней колонны. Проведение оперативного вмешательства не вызывает технических трудностей, возможно использование стандартных вертлужных компонентов бесцементной фиксации с любым типом покрытия (рисунок 59).

Рисунок 59 − Блок-схема алгоритма выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа I

При визуализации дефекта типа P II потеря костной ткани относится к умеренной, однако при сочетании потери костной ткани передней и задней колонны возможна фиксация винтами с проведением последних не только секторально в надвертлужную область, но и в лонную и седалищные кости с целью профилактики kikstand эффекта. Однако при достаточной обработке вертлужной впадины риммером и достижении расклинивания в направлении «седалищная кость – передне-нижняя ость подвздошной кости» возможно

проведение винтов только в надацетабулярный массив. То есть требуется использование вертлужных компонентов бесцементной фиксации с наличием большого количества отверстий с возможностью полиаксиального введения винтов. При наличии сочетания умеренного дефекта передней колонны и незначительных дефектов других секторов возможно достижение press-fit фиксации путем имплантации стандартного вертлужного компонента большого размера.

Дефект типа Is II также относится к умеренным, при отсутствии дефектов других секторов используется вертлужный компонент большого размера либо вертлужный компонент с возможностью полиаксиального введения винтов. Однако при сочетании умеренного дефекта всех областей необходима реконструкция задней колонны путем замещения дефекта задней колонны опорным аугментом для достижения эффекта расклинивания. Костная пластика является опциональной, так как использование структурного трансплантата не позволит достичь стабильной press-fit фиксации.

При выявлении дефекта типа Il II обязательно необходимо замещение дефекта надацетабулярного массива либо опорным трансплантатом из головки бедренной кости, либо при ее неудовлетворительном качестве – полусферическим аугментом. В случае сохранной задней колонны рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением фиксирующих винтов.

Дефекты типа II относятся к умеренным, при их наличии возможно проведение оперативного вмешательства с использованием стандартных конструкций, однако дефекты надацетабулярного массива и задней колонны требуют замещения для достижения расклинивающего эффекта (рисунок 60). Костная пластика рекомендована только в случаях дефекта надацетабулярного массива. Во всех случаях невозможно использование компонентов цементной фиксации, так как наличие умеренных дефектов приведет к нарушению техники цементного эндопротезирования, невозможности создания полноценной цементной мантии и отсутствию стабильной фиксации вертлужного компонента.

Рисунок 60 − Блок-схема алгоритма выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа II

Дефект типа P III относится к значительным вследствие выраженного отсутствия опороспособной кости в области передней колонны вертлужной впадины. При изолированном дефекте P III возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением в седалищную кость и надацетабулярный массив. Введение винтов в горизонтальную ветвь лонной кости является опциональным, проводится только для профилактики вторичного смещения вертлужного компонента – так называемого «kikstand» эффекта. При сочетании с значительными дефектами других секторов рекомендовано использование индивидуального вертлужного компонента, по возможности простой геометрии для упрощения обработки ацетабулярной впадины и повышения вариативности его позиционирования интраоперационно. Костная пластика используется только в виде костной крошки, так как использование структурного трансплантата не позволит добиться опороспособности передней колонны.

Дефект Is III является значительным и при сочетании значительного дефекта задней колонны и незначительных либо умеренных дефектов других

секторов обязательно требует реконструкции задней колонны опорным аугментом либо сочетанием опорного и полусферического аугмента. При наличии изолированного дефекта типа Is III показано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением во все сегменты вертлужной впадины для достижения стабильной фиксации. Фиксация в горизонтальную ветвь лонной кости может быть провизорной для профилактики вторичного смещения вертлужного компонента, и после проведения винтов в остальные сегменты вертлужной впадины винт из лонной кости может быть удален. При сочетании значительных дефектов всех трех секторов рекомендована имплантация индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии. Костная пластика структурными трансплантатами не используется.

Дефект Il III относится к значительным дефектам, при которых процент опороспособной кости составляет до 60 процентов. В данной ситуации в случае изолированного дефекта надацетабулярного массива обязательным условием достижения стабильной фиксации является замещение дефекта полусферическим аугментом либо костной пластикой, либо их сочетанием. Рекомендуется использование вертлужного компонента бесцементной фиксации. При сочетании значительного дефекта надацетабулярного массива и умеренных дефектов передней и задней колонн рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов во все зоны впадины. При необходимости дефект надацетабулярного массива замещается полусферическим аугментом в сочетании с костной аутопластикой. При сочетании значительных дефектов всех секторов предлагается использование индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии с обязательным предоперационным планированием направления и длины фиксирующих винтов (рисунок 61).

Дефекты типа P IV относятся к субтотальным; при наличии изолированного либо сочетанного дефицита опороспособной кости в области передней колонны рекомендуется использование индивидуального вертлужного компонента с

замещением дефекта лонного сектора и обязательной винтовой фиксацией за другие сектора. Главным требованием к такому компоненту является наличие отверстий для полиаксиального введения винтов в участки наиболее плотной костной ткани, так как стандартные компоненты не позволят гарантировано добиться стабильной фиксации.

Рисунок 61 − Блок-схема алгоритма выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа III

Предпочтение отдается компонентам простой геометрии, так как сложные конструкции при наличии даже небольшой технической погрешности потребует значительной доработки костного ложа, что может привести к позиционированию компонента, отличному от предоперационного планирования.

Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с проведением реконструкции передней колонны внутритазовым доступом с фиксацией передней колонны пластинами и костной аутопластикой. Выбор метода оперативного лечения остается за хирургом, однако особое внимание

необходимо уделять степени подвижности фрагментов: при формировании ложного сустава со значительной подвижностью в сочетании с ложными суставами других частей таза требуется фиксация нестабильных ложных суставов костей таза.

В случае наличия дефекта типа Is IV использование стандартных вертлужных компонентов весьма затруднительно. Методом выбора является использование индивидуальных компонентов с замещением дефекта задней колонны и достижением полиаксиальной винтовой фиксации за другие сектора.

В таком случае обязательным является тщательное предоперационное планирование и моделирование направления проведения винтов, рекомендовано использование не только индивидуального компонента, но и индивидуального направителя для формирования канала для проведения винтов. Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с реконструкцией задней колонны пластинами. Как и в случаях субтотальных дефектов передней колонны, необходимо обращать внимание на степень подвижности фрагментов ложного сустава и общую целостность тазового кольца.

Дефекты типа Il IV требуют обязательного замещения субтотального дефекта надацетабулярного массива, при изолированном дефекте возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов, однако такой способ потребует использования системы аугментов, как опорных, так и полусферических аугментов большой толщины.

При наличии дефицита костной ткани в области надацетабулярного массива в сочетании со значительными или субтотальными дефектами других областей ацетабулярной впадины предпочтение должно отдаваться индивидуальным вертлужным компонентам различной геометрии с полиаксиальным введением винтов. Использование костной пластики рекомендовано, однако предпочтение необходимо отдавать костной крошке, а не структурным трансплантатам, по причине их маловероятной полной перестройки и необходимости их фиксации винтами.

Алгоритм выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа IV представлен на рисунке 62.

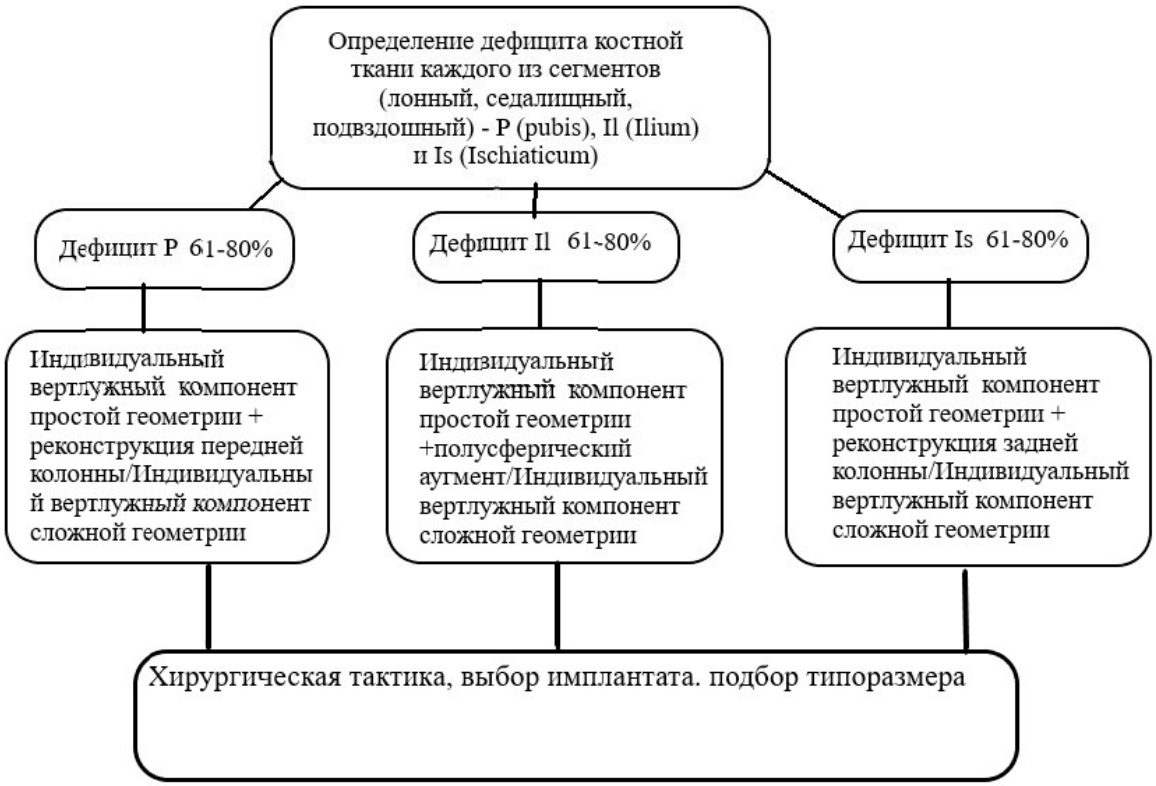


Рисунок 62 − Блок-схема алгоритма выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа IV

Дефекты типа V относятся к тотальным; при наличии такого дефекта нарушается целостность вертлужной впадины, и в одном, либо во всех секторах отсутствует возможность фиксации стандартного вертлужного компонента. Основным патологическим нарушением при дефектах такого типа является разрушение запирательного отверстия либо тотальное разрушение подвздошной кости, что приводит к нарушению стабильности тазового кольца.

Единственным вариантом эндопротезирования в случае наличия таких дефектов является использование индивидуальных вертлужных компонентов сложной геометрии с внеацетабулярной фиксацией за сохранные части таза. Индивидуальные вертлужные компоненты сложной геометрии требуют наличия больших фланцев. Например, использование компонентов с фиксацией за

крестец, контралатеральную лонную кость и прочее. Решение об использовании такого типа индивидуальных компонентов требует тщательного предоперационного планирования.

Альтернативным методом является многоэтапная реконструкция таза с восстановлением передней и задней колонн и последующим эндопротезированием с использованием индивидуальных вертлужных компонентов (рисунок 63).

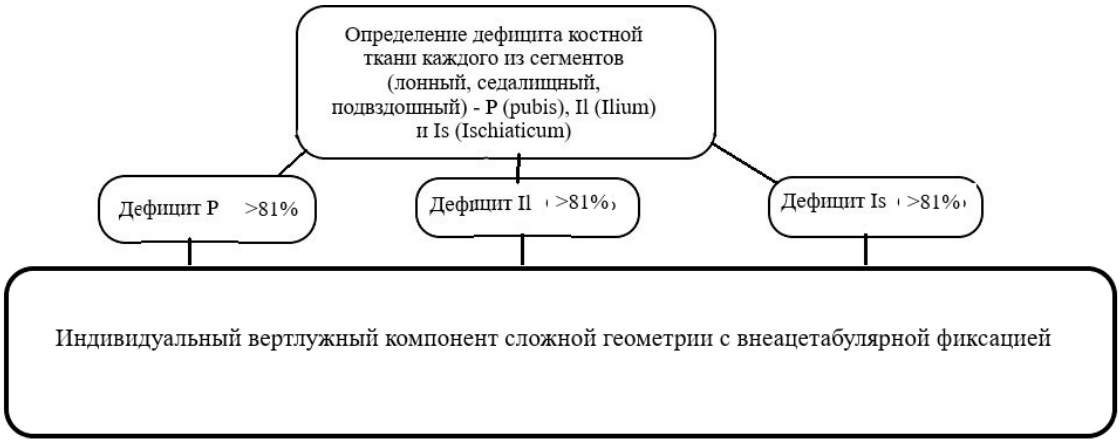


Рисунок 63 − Блок-схема алгоритма выбора тактики оперативного вмешательства при дефектах типа V

Клинический пример № 4

Пациентка Д., 46 лет, обратилась в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО в 2019 г. с жалобами на боли, ограничение движений в области левого тазобедренного сустава. Из анамнеза: в 2005 г. автодорожная травма − перелом задней стенки вертлужной впадины слева, вывих головки левой бедренной кости. Проводилось закрытое вправление лечебным вытяжением. С течением времени стали прогрессировать боли в области левого тазобедренного сустава, хромота.

Данные клинического осмотра при поступлении пациентки в стационар. Походка: ходит небольшими шагами, хромает на левую ногу. Общий осмотр. Спереди: не изменен; сбоку: не изменен; сзади: не изменен. Область левого тазобедренного сустава: правильной формы, не деформирована. Послеоперационные рубцы: нет.

Положение левой нижней конечности: сгибание − 10 градусов; приведение − 0 гр.; наружная ротация − 0 гр. 6. Нагрузка по оси бедра: болезненна слева. Пальпация области тазобедренных суставов: болезненная по передней поверхности слева.

Объем движений в тазобедренных суставах: сгибание справа − 110 гр.; слева − 90 гр.; разгибание: справа – 0 гр., слева − 10 гр.; отведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; приведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; внутр. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр.; наружн. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр. Сгибательная контрактура: слева. Приводящая контрактура: слева. Движения болезненны: слева. Симптом Тренделенбурга: отрицательный.

Пациентке проведено лучевое исследование − рентгенография таза с тазобедренными суставами, МСКТ таза (рисунки 64–65).

Рисунок 64 − Рентгенография таза пациентки в прямой в проекции на этапе госпитализации в стационар

Рисунок 65 − МСКТ тазобедренного сустава на момент предоперационного планирования

Механические параметры патологически измененного левого тазобедренного сустава до операции: вертикальное смещение центра ротации составило 7 мм в краниальном направлении, горизонтальное – 12 мм в латеральном направлении, передне-заднее – 11 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 4 мм. Определены функциональные показатели: уровень болевого синдрома по шкале ВАШ до операции – 8 баллов, уровень функции левого тазобедренного сустава – 34 балла по шкале Harris Hip Score.

Согласно предложенному способу, было проведено предоперационное планирование (рисунок 66).

Данные, полученные после переноса на поврежденную сторону: дефицит лонного сегмента – 14% P I. Дефицит подвздошного сегмента – 26% IL II. Дефицит седалищного сегмента – 28% IS II.

После проведенной предоперационной подготовки было проведено оперативное вмешательство – тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава, костная аутопластика (рисунок 67).

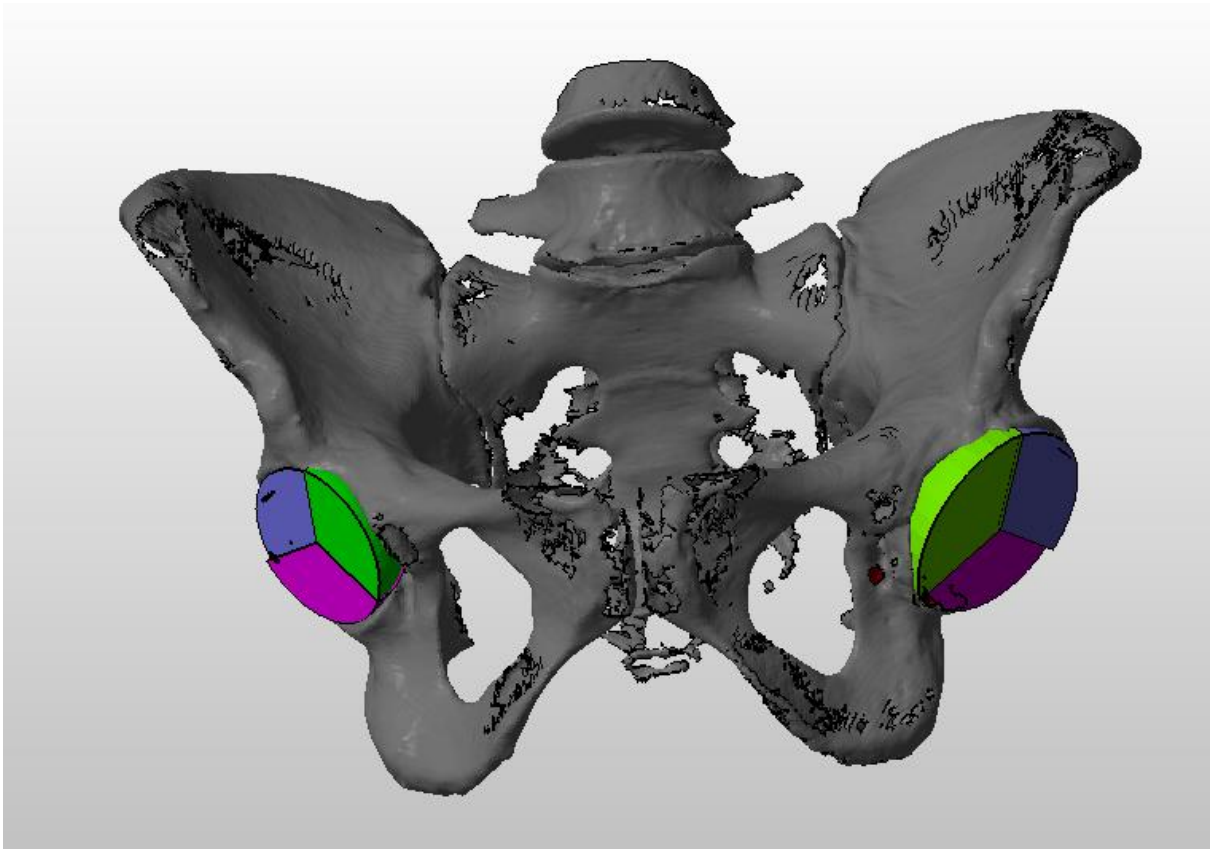


Рисунок 66 − Виртуальная модель таза с определением количественных показателей (площадь, объем сектора) интактного и патологически измененного тазобедренного суставов

Время оперативного вмешательства – 55 минут, кровопотеря – 100 мл. Механические параметры патологически измененного левого тазобедренного сустава после операции: вертикальное смещение центра ротации составило 4 мм в краниальном направлении, горизонтальное – 2 мм в латеральном направлении, передне-заднее – 2 мм в каудальном направлении. Разность бедренного офсета – 2 мм. Через 6 месяцев на контрольном осмотре пациентка ходит без средств внешней опоры. Жалоб не предъявляет. Определены функциональные показатели: уровень болевого синдрома по шкале ВАШ после операции – 1 балл, уровень функции левого тазобедренного сустава – 92 балла по шкале Harris Hip Score.

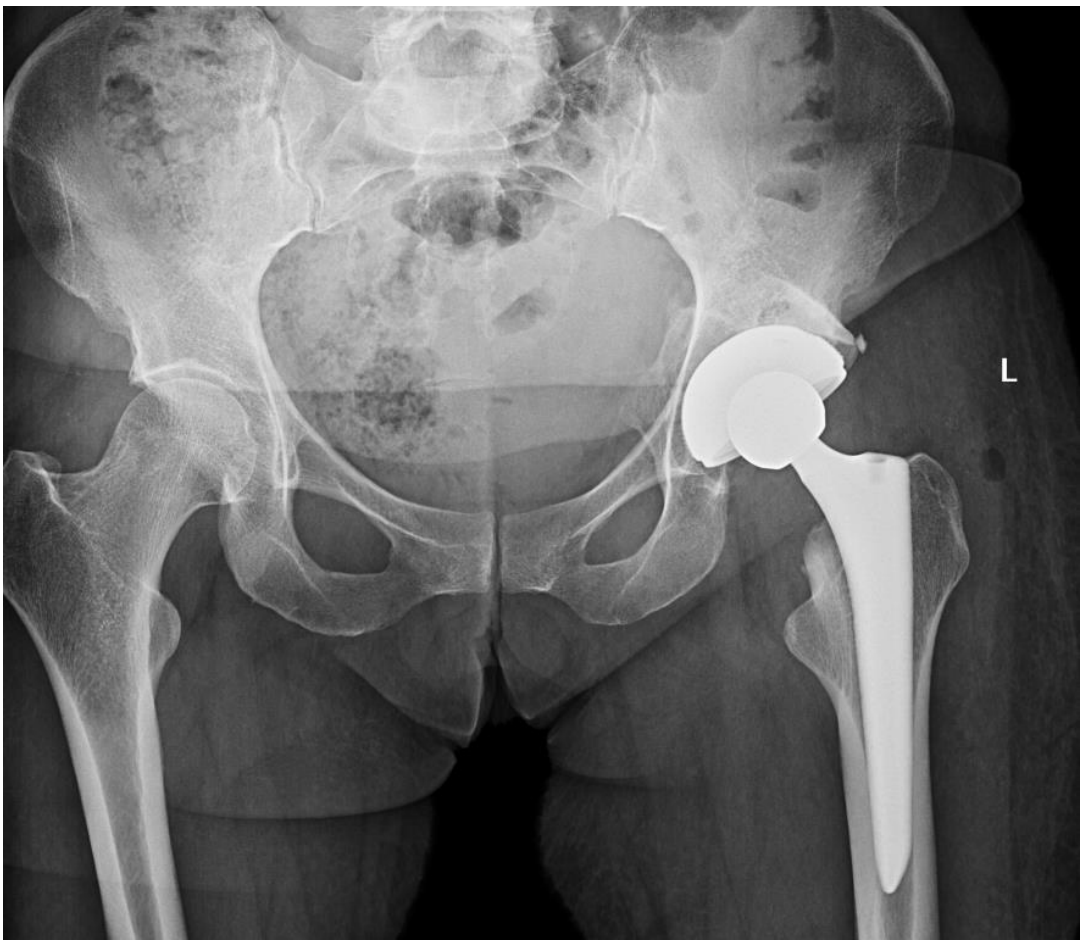


Рисунок 67 – Рентгенография таза в прямой проекции на 4 сутки после операции, проведенной на основе предложенного способа предоперационного планирования

Клинический пример № 5

Пациент З., 1972 г.р., поступил в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в октябре 2020 г. При сборе анамнеза установлено, что пациенту в 2016 году диагностирован центральный вывих левого бедра, перелом вертлужной впадины и перелом большого вертела бедренной кости. При поступлении предъявлял жалобы на боль, укорочение конечности 6 см, ограничение движений в левом тазобедренном суставе. Больной оперирован в 2016 году, выполнен остеосинтез вертлужной впадины пластиной, остеосинтез большого вертела винтами после проведенной остеотомии при осуществлении хирургического доступа.

На основании жалоб, анамнеза болезни, оценки клинических анализов и проведения физикального осмотра, а также после рентгенологического

обследования тазобедренных суставов в прямой проекции (рисунок 68), МСКТ тазобедренных суставов (рисунки 69–73) пациенту поставлен диагноз: левосторонний посттравматический коксартроз 3 стадии. Аваскулярный некроз головки левой бедренной кости. НФС 3 степени. Синдром левосторонней коксалгии. Консолидированный в условиях МОС перелом вертлужной впадины.

Рисунок 68 − Рентгенография таза пациента в прямой в проекции на этапе госпитализации в стационар

Данные, полученные после переноса на поврежденную сторону: дефицит лонного сегмента – 47% P III. Дефицит подвздошного сегмента – 62% IL IV. Дефицит седалищного сегмента – 63% IS IV.

Согласно описанной методике выполнен выбор вертлужного компонента: индивидуальный вертлужный компонент с полиаксиальным проведением винтов, реконструкция задней колонны пластиной, костная пластика. Учитывая наличие стабильного остеосинтеза задней стенки, было принято решение не удалять накостную пластину, а использовать ее в качестве армирующей конструкции.

Индивидуальный вертлужной компонент был спроектирован и изготовлен с учетом направления фиксирующих винтов. Винты были проведены таким образом, чтобы обеспечить стабильную фиксацию компонента, избежать контакта с имеющимися металлоконструкциями и обеспечить направление винтов вне воздействия срезывающих нагрузочных сил.

Рисунок 69 − МСКТ тазобедренного сустава на момент предоперационного планирования

Рисунок 70 − МСКТ тазобедренного сустава сагиттальной плоскости на момент предоперационного планирования

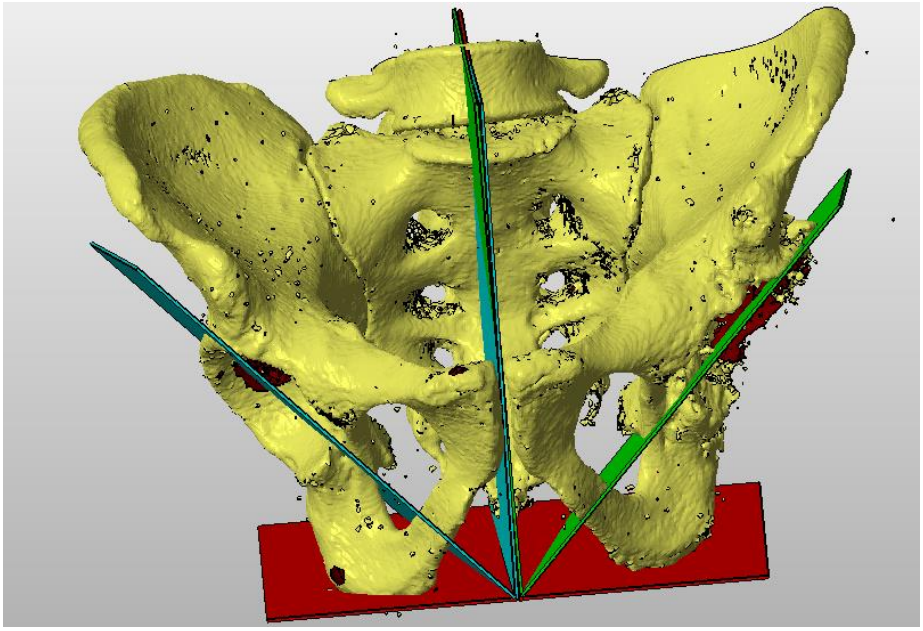


Рисунок 71 − Внешний вид виртуальной модели с построенными плоскостями и осями для проведения количественных измерений

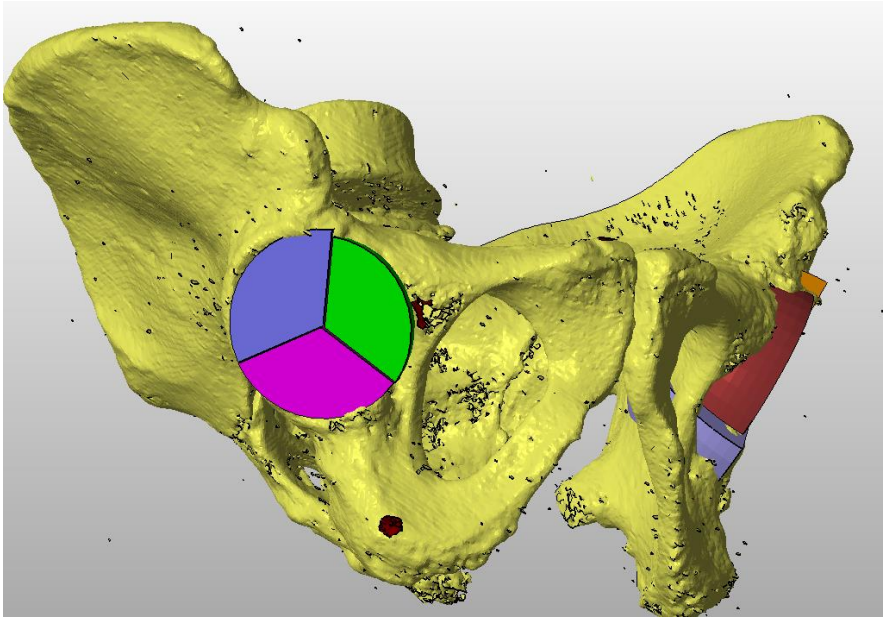


Рисунок 72 − Виртуальная модель таза с определением количественных показателей (площадь, объем сектора) интактного тазобедренного сустава

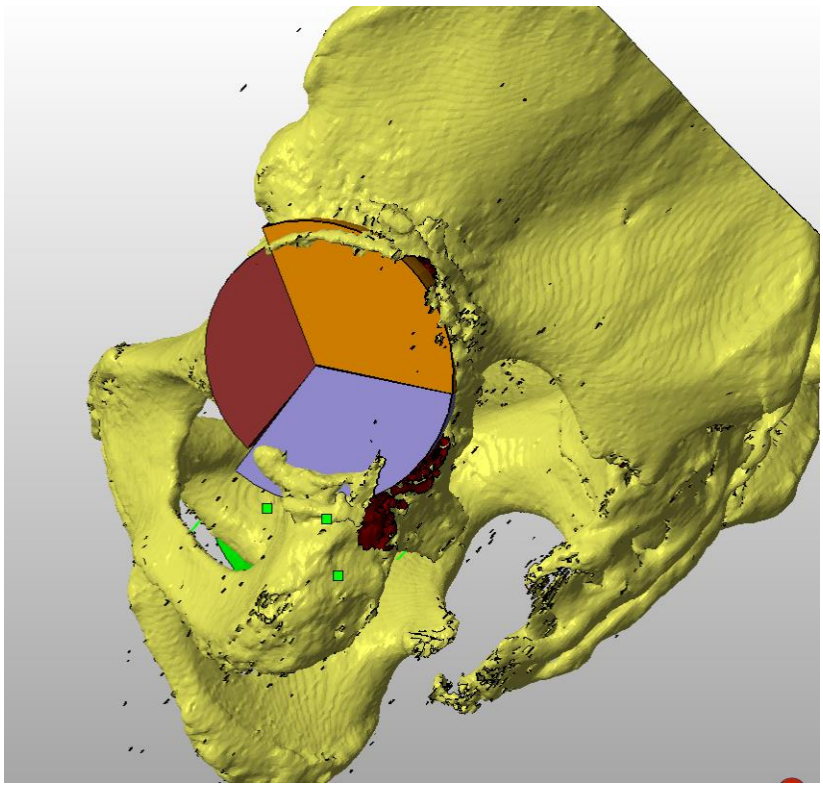


Рисунок 73 − Виртуальная модель таза. Зеркальный перенос полученных параметров на патологическую сторону

Было проведено хирургическое лечение с учетом полученных данных на этапе предоперационного планирования. Время оперативного вмешательства составило 86 минут, кровопотеря – 320 мл.

Пациент активизирован на 2-е сутки с дозированной нагрузкой на оперированную левую конечность. Осложнений в раннем и позднем послеоперационном периодах не выявлено. На момент осмотра через 6 месяцев жалоб пациент не предъявляет. Отмечает значительно снижение болевого синдрома (ВАШ – 1 балл, Harris – 82 балла), увеличение объема движений в левом тазобедренном суставе, восстановление опороспособности левой нижней конечности (рисунок 74).

Через 6 месяцев на контрольных рентгенограммах и МСКТ определены механические параметры оперированного сустава. Определена разница между параметрами здорового и оперированного суставов: разница бедренного офсета − 5 мм, вертикальное смещение центра ротации – 2 мм, горизонтальное смещение –

1 мм, передне-заднее смещение – 2 мм, что позволяет говорить о том, что предоперационное планирование было выполнено корректно.

Рисунок 74 − Рентгенография таза в прямой проекции после операции, проведенной на основе предложенного способа предоперационного планирования

Клинический пример № 6

Пациент А., 1965 г.р., поступил в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. При сборе анамнеза и изучении архивной документации установлено, что за 6 месяцев до госпитализации в результате ДТП получил травму – двухколонный поперечный перелом правой вертлужной впадины, перелом задней стенки правой вертлужной впадины, вывих правого бедра. Пациенту было проведено открытое вправление вывиха, остеосинтез задней стенки вертлужной впадины винтами. В послеоперационном периоде сохранялся выраженный болевой синдром, неопорность правой нижней конечности. В связи с чем пациент обратился на прием в клинику эндопротезирования ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. При поступлении предъявлял

жалобы на боль, укорочение конечности 4 см, ограничение движений в правом тазобедренном суставе, неопорность правой нижней конечности.

На основании жалоб, анамнеза болезни, оценки клинических анализов и проведения физикального осмотра, а также после рентгенологического обследования тазобедренных суставов в прямой и аксиальной проекциях, МСКТ таза (рисунки 75–76) пациенту поставлен диагноз: посттравматический правосторонний коксартроз 3 ст. НФС. Коксалгия справа. Ложный сустав дна, задней стенки вертлужной впадины справа. Наличие металлоконструкции области правого тазобедренного сустава. Неопорность правой нижней конечности.

Для определения тактики оперативного лечения пациенту было проведено предоперационное планирование согласно разработанному способу, была сформирована трехмерная модель (рисунок 77).

Рисунок 75 − Рентгенография таза пациента в прямой проекции на этапе госпитализации в стационар

Рисунок 76 − Рентгенография правого тазобедренного сустава пациента в аксиальной проекции на этапе госпитализации в стационар

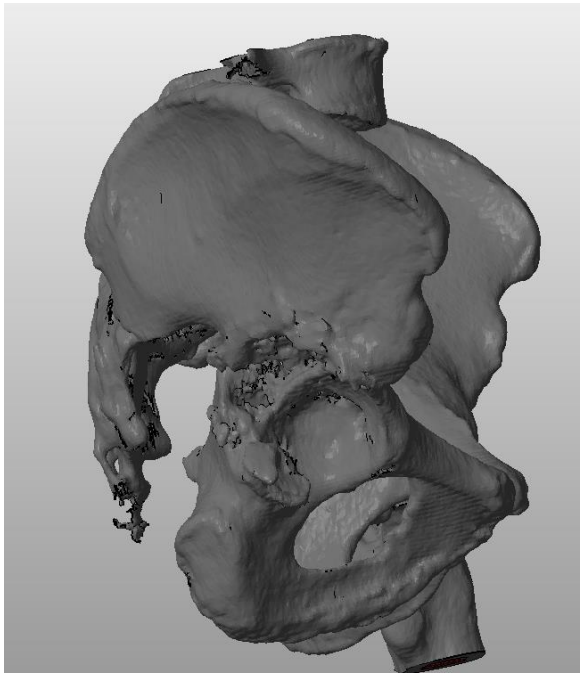


Рисунок 77 – Трехмерная реконструкция таза пациента на основе МСКТ на момент предоперационного планирования, сконструированная с определением плотности костной ткани от 400 HU

Определен объем каждого из секторов здоровой и патологически измененной вертлужных впадин (рисунок 78).

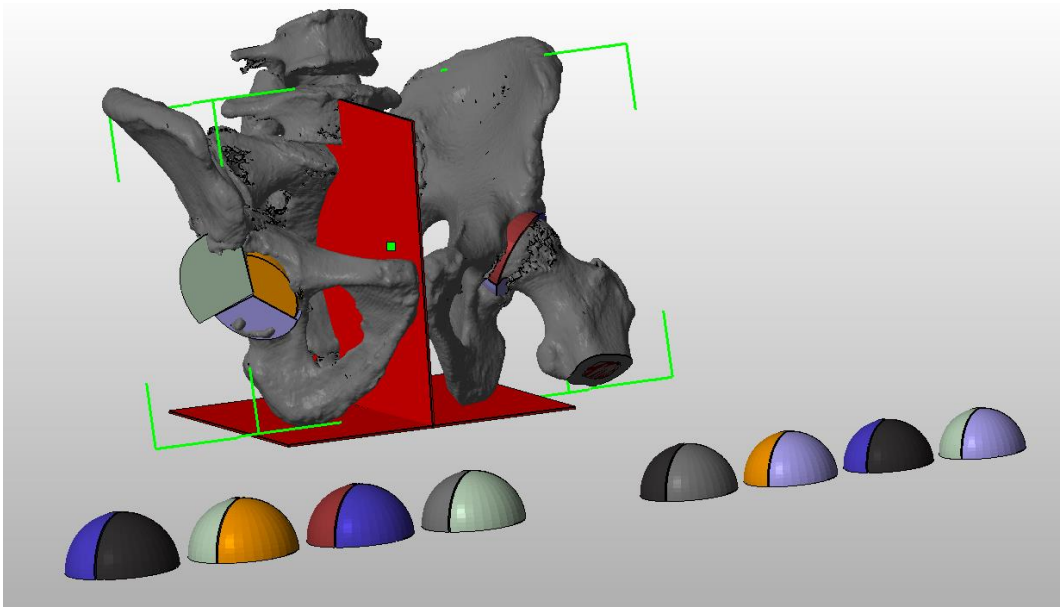


Рисунок 78 − Виртуальная модель таза с определением количественных показателей (площадь, объем сектора) интактного и патологически измененного тазобедренного суставов

Данные, полученные после переноса на поврежденную сторону: дефицит лонного сегмента – 14% P I. Дефицит подвздошного сегмента – 79% IL IV. Дефицит седалищного сегмента – 22% IS I.

Согласно описанной методике выполнен выбор хирургической тактики: индивидуальный вертлужный компонент с полиаксиальным проведением винтов, замещение дефекта подвздошной кости индивидуальным аугментом с внеацетабулярной фиксацией, костная пластика. Индивидуальный вертлужной компонент был спроектирован и изготовлен с учетом направления фиксирующих винтов. Винты были проведены таким образом, чтобы обеспечить стабильную фиксацию компонента, добиться максимального контакта поверхностей ацетабулярного компонента и аугмента и обеспечить направление винтов вне воздействия срезывающих нагрузочных сил (рисунок 79).

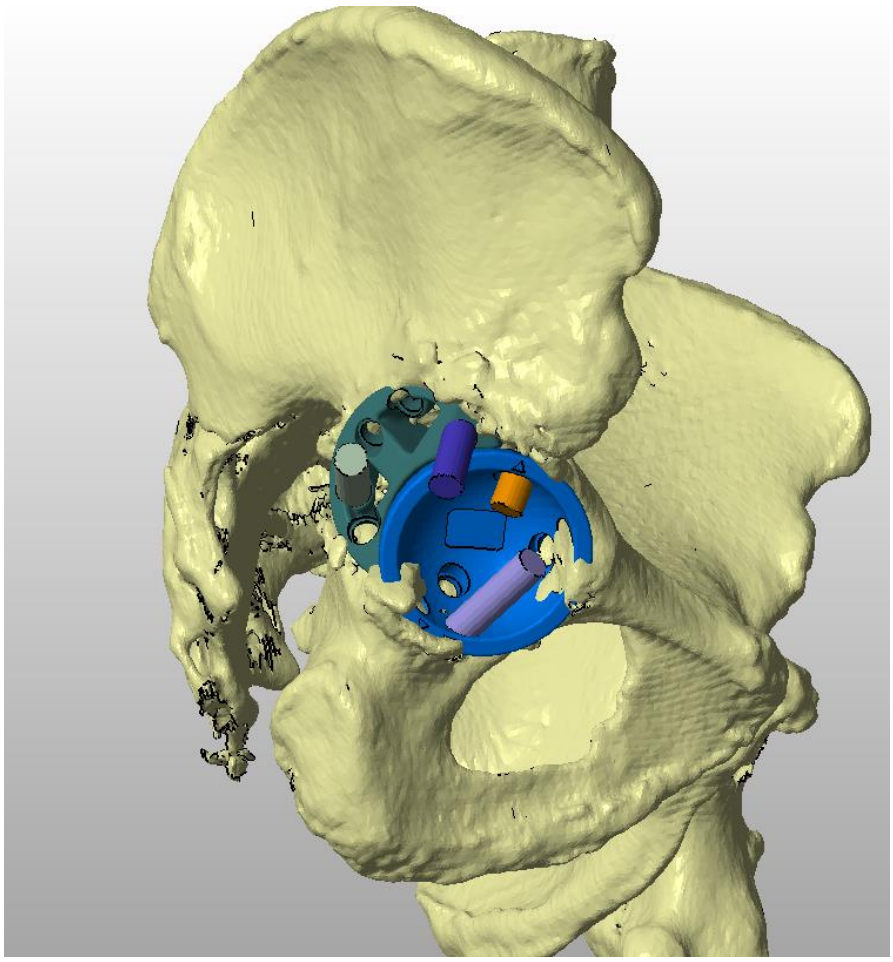


Рисунок 79 − Виртуальная модель таза, спроектированный двухкомпонентный индивидуальный имплантат с определением длины и направлением винтов

Было проведено хирургическое лечение с учетом полученных данных на этапе предоперационного планирования. Время оперативного вмешательства составило 130 минут, кровопотеря – 400 мл.

Пациент активизирован на 1-е сутки с дозированной нагрузкой на оперированную левую конечность. Осложнений в раннем и позднем послеоперационном периодах не выявлено. На момент осмотра через 6 месяцев жалоб пациент не предъявляет. Отмечает значительное снижение болевого синдрома с 9 баллов ВАШ до операции до 3 баллов, улучшение функции сустава – с 27 баллов по шкале HHS до 86 баллов, восстановление опороспособности правой нижней конечности.

Через 6 месяцев на контрольных рентгенограммах и МСКТ определены механические параметры оперированного сустава (рисунок 80). Определена разница между параметрами здорового и оперированного суставов: разница

бедренного офсета − 7 мм, вертикальное смещение центра ротации – 3 мм, горизонтальное смещение – 4 мм, передне-заднее смещение − 2 мм, что позволяет говорить о том, что предоперационное планирование было выполнено корректно.

Таким образом, предложенный способ позволяет качественно и количественно описать патологические изменения костной ткани вертлужной впадины. В зависимости от степени смещения центра ротации, стенок вертлужной впадины и характера дефекта опороспособной костной ткани, хирург может определять тактику оперативного лечения.

Рисунок 80 − Рентгенография таза в прямой проекции через 6 месяцев после операции, проведенной на основе предложенного способа предоперационного планирования

ГЛАВА 5. ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

5.1 Анестезиологическое обеспечение

Применение новых технологий как в травматологии, так и в анестезиологии-реаниматологии при проведении тотального эндопротезирования тазобедренного сустава снижает количество неблагоприятных исходов, сокращает сроки пребывания в стационаре, интенсифицирует процесс реабилитации пациентов [23].

Эта тенденция привела к появлению концепции программы ускоренного восстановления (ПУВ) в хирургии. Востребованность ПУВ очевидна и важна в современных реалиях в связи с увеличением длительности жизни населения. В последние десятилетия происходит неуклонный рост частоты плановых оперативных вмешательств по поводу патологии суставов у пациентов старше 70 лет на фоне сочетанной полиморбидной патологии, длительно принимающих нестероидные противовоспалительные средства (НПВС). Особую актуальность необходимость быстрого восстановления приобретает у пациентов с последствиями вертлужной впадины пожилого и старческого возраста. Доля пациентов пожилого возраста с переломами обеих колонн вертлужной впадины в структуре общего количества пострадавших с переломами составляет до 30% и в связи с общим увеличением продолжительности жизни продолжает увеличиваться [80, 95, 204]. У пациентов данной возрастной категории последствия переломов и патологические изменения в тазобедренном суставе сочетаются с другими соматическими заболеваниями, и одной из таких лидирующих комбинаций является коксартроз и сахарный диабет. Полиорганность поражений характеризуется такими осложнениями, как диабетическая нейропатия, ретинопатия, нефропатия, диабетическая автономная нейропатия и др. В основе этих осложнений лежат нарушения углеводного обмена – гипергликемия. Но пациенты старческого возраста, нуждающиеся в

оперативных вмешательствах, как правило, не включаются в общеклинические исследования, схемы или программы фармакотерапии вследствие их нестабильности, уязвимости из-за высокого индекса коморбидности. Поэтому очень важны следующие этапы: персонифицированное определение показаний к эндопротезированию, тщательное предоперационное планирование с обязательной оценкой сопутствующей патологии и полное представление о периоперационной тактике при лечении таких пациентов. Выраженный болевой синдром при заболеваниях суставов характеризуется длительным приемом НПВП. НПВП оказывают токсическое действие на слизистую ЖКТ и индуцируют развитие гастро-энтеро-колонопатий. Токсические действии, нарушения моторно-эвакуаторной функции (МЭФ) ЖКТ на фоне инволютивных изменений и диабетической автономной нейропатии приводят к скрытой хронической кишечной недостаточности (СХКН).

Для профилактики данных соматических патологий и наиболее безопасного интра- и послеоперационного сопровождения пациента в клинике ФГБУ ННИИТО используется следующий комплекс мероприятий. Кроме стандартного (включенных в перечень анализов и обследований согласно клиническим рекомендациям МЗ РФ 2021 г.) обследования перед операцией, у пациентов пожилого и старческого возраста проводили оценку нутритивного статуса по шкале субъективной общей оценки (SubjectiveGlobalAssesment – SGA). На этапе предоперационной подготовки, учитывая высокую степень коморбидности, соблюдались принципы мультидисциплинарного подхода в тактике ведения пациентов; все пациенты были консультированы эндокринологом, неврологом, терапевтом, гастроэнтерологом, анестезиологом-реаниматологом.

Нутритивная поддержка проводилась методом сипинга специализированными смесями в период между основными приемами пищи с момента поступления в клинику и продолжена в ближайшие 4–6 ч. после операции – раннее энтеральное питание. Нутритивная поддержка осуществлялась в течение всего периода пребывания в стационаре при контроле показателей данных основного обмена, направленности динамики белкового профиля, оценке

показателей уровня глюкозы. Использовался метод непрямой калориметрии для оценки суточных энергетических потребностей и уравнение Харриса-Бенедикта.

Исследования основного обмена методом непрямой калориметрии выполнялись на системе анализа газообмена CCM Express компании MedGraphics, США. Анестезиологическая защита реализована в виде комбинированной спинно-эпидуральной, сочетанной анестезии и продленной эпидуральной аналгезии, с поддержанием интраоперационной нормотермии. Значительное увеличение показателей основного обмена имелось через 24 ч после операции при обоих методах констатации и составило 2200±152 ккал. Показатели дыхательного коэффициента составили 0,9±0,09. Полученные результаты исследования RQ и интерпретация данных указывает, что окисление и получение энергии в первые сутки после операции осуществляется за счет жиров.

Величина ОО была увеличена на 30% в послеоперационном периоде со вторых суток и оставалась повышенной до десятых суток. RQ указывал, что окисление и получение энергии осуществляется за счет белков. Мониторинг показателей и анализ динамики основного обмена позволил на этапах до- и послеоперационного периодов гарантированно обеспечивать в малом объеме дополнительную дотацию белков и калорий к общей диете. В 400 мл данной смеси больные получили 800 ккал.

Применение методики раннего энтерального питания убедительно и достоверно доказало эффективность нутритивной поддержки по динамике маркеров белкового спектра (показатели общего белка, альбумина, преальбумина, *IgA* и *IgG*). Динамика направленности показателей СРБ характеризовалась их увеличением с первых суток, максимальные величины показателей фигурировали на 3-е и 10-е сутки: 150,0±5,8 мг/л, и 46,0±2,2 мг/л соответственно.

Однако необходимо отметить явную тенденцию к снижению показателей воспаления при применении нутритивной поддержки на основе раннего энтерального питания. Это позволяет рассматривать подобный алгоритм нутритивной поддержки не только для нормализации питательного статуса, но и

как способ немедикаментозной коррекции системного воспаления у пациентов пожилого и старческого возраста на фоне СД в послеоперационном периоде.

5.2 Хирургическая техника

Хирургическая техника во время проведения тотального эндопротезирования зависит от посттравматических особенностей измененной вертлужной впадины. Предпочтительное положение пациента – на боку, чтобы иметь возможность комбинировать различные оперативные доступы при необходимости удаления металлоконструкций либо проведения реконструктивных операций на костях таза.

Выбор оперативного доступа (задний, переднелатеральный, передний) определяется типом и характером посттравматических изменений, наличием и локализацией металлоконструкций от предыдущих оперативных вмешательств, опытом хирурга и оснащением клиники. Предпочтительно использование такого типа доступа, который обеспечит максимальную визуализацию и которым лучше всего владеет хирург [16].

В случае отсутствия дефекта и нормальной центрации головки бедренной кости в вертлужной впадине, после вскрытия капсулы и удаления рубцовых тканей выполняется остеотомия шейки бедренной кости. Интраоперационный вывих головки бедренной кости не выполняли вследствие того, что данной категории пациентов приложение физической силы при наличии выраженных остеофитов, рубцовых изменений либо анатомическое расположение седалищного нерва может привести к интраоперационным осложнениям [145].

Остеотомию шейки выполняли субкапитально, непосредственно в ране, удаляя головку бедренной кости либо фрагментируя ее. При экстракции головки и отсутствии асептического некроза необходимо максимально щадяще относиться к костной ткани, так как она является основным костно-пластическим материалом для замещения дефектов вертлужной впадины. Также необходимо максимально сохранять костную ткань бедра, при необходимости выполняя корригирующий

опил после тщательной мобилизации проксимального отдела бедренной кости. После установки ретракторов необходимо провести тщательную визуализацию вертлужной впадины. Иссечению подлежат рубцовые ткани, мешающие определению анатомических ориентиров и последующей обработке полусферическими фрезами.

Поперечную связку вертлужной впадины не иссекали с целью использования ее как ориентира для определения корректной версии вертлужного компонента. Основными анатомическими ориентирами в ситуациях, когда отсутствует выраженная деформация и/или дефект костной ткани, являются основание горизонтальной ветви лонной кости, основание седалищной кости, передне-нижняя ость подвздошной кости.

Данные анатомические образования выбраны в качестве ориентиров по причине хорошей визуализации, отсутствия выраженного смещения даже в случае выраженных деформаций, а также тем, что для достижения стабильной press-fit фиксации вертлужного компонента необходимо расклинивание в этих векторах. В случаях последствий поперечных, т-образных переломов вертлужной впадины, если сохраняется патологическая подвижность, для достижения стабильной фиксации ацетабулярного компонента необходимо восстановить целостность тазового кольца, прочно соединив передне-верхнюю и задне-нижнюю части в направлении от передне-нижней ости подвздошной кости до основания седалищной кости.

Вертлужную впадину тщательно осматривают на предмет наличия кавитарных или распространенных сегментарных дефектов. Медиальную стенку ацетабулярной впадины осматривают на наличие любого центрального дефекта дна. Разобщение тазового кольца диагностируется, когда верхняя часть таза (зона надацетабулярного массива) больше не является одним целым с нижней частью.

В случаях формирования ложных суставов следует избегать агрессивной обработки фрагментов, чтобы избежать смещения фрагментов и появления нестабильности в области вертлужной впадины. Ряд авторов рекомендуют экономно удалять только те рубцовые ткани, которые препятствуют

риммированию впадины, даже если рубцы не позволяют достичь контакта имплантата и кости.

Свободнолежащие фрагменты без каких-либо прикреплений к мягким тканям и/или слишком маленькие для фиксации могут быть удалены и использованы в качестве аутотрансплантата [39, 57]. При удалении оссификатов области деформированной впадины необходимо придерживаться максимально щадящей тактики: резекции подлежат только те остеофиты, которые затрудняют визуализацию, препятствуют правильной ориентации вертлужного компонента либо могут привести к импиджменту шейки бедренного компонента.

После удаления рубцовой ткани и удаления оссификатов, согласно предоперационному планированию, проводится риммирование вертлужной впадины. В случае наличия металлоконструкций, имплантированных в ходе предыдущих оперативных вмешательств, удалению подлежат только те имплантаты, которые препятствуют корректной обработке ацетабулярной впадины и установке вертлужного компонента.

Удаления проводили либо через отдельные контрапертуры-проколы под контролем электрооптического преобразователя (ЭОПа), либо непосредственно из интраоперационной раны. Отдельные доступы, особенно расширенные и травматичные доступы Кохера-Лангенбека, подвздошно-паховые доступы не использовали.

Обязательным условием проведения тотального эндопротезирования у пациентов данной категории является достаточное техническое обеспечение. Для удаления металлоконструкций использовали сверла и высокоскоростные буры, фрагментируя пластины и винты для интраоперационного удаления.

Те имплантаты, которые не мешают имплантации вертлужного компонента, не подлежат удалению, наоборот, зачастую накостные фиксаторы обладают армирующим свойством. В таких случаях предшествующее оперативное лечение выполняет роль реконструктивного вмешательства для фиксации и колонн вертлужной впадины, и создания условий для прочной фиксации вертлужного

компонента даже в случаях формирования несращений переломов и формирования ложных суставов (рисунки 81–82).

Рисунок 81 − Рентгенограмма левого тазобедренного сустава в боковой проекции до проведения тотального эндопротезирования. Накостный фиксатор-пластина выполняет армирующую роль задней колонны вертлужной впадины

Накостный фиксатор-пластина выполняет армирующую роль задней колонны вертлужной впадины, в ходе операции была интактна и удалению не подлежала. Обработка вертлужной впадины полусферическими фрезами проводится только до формирования ложа для ацетабулярного компонента в месте предоперационного планирования.

Избыточного риммирования до появления «кровавой росы» необходимо избегать, чтобы не вызвать нестабильность тазового кольца и формирования обширного ятрогенного дефекта. Подбор диаметра фрезы осуществляли следующим образом: начальную обработку проводили фрезой малого (40–44 мм)

размера для точной ориентации фрезы в планируемом центре ротации. Последующая обработка проводилась фрезами на 4 мм меньше планируемого, чтобы избежать излишней потери костной ткани.

Рисунок 82 − Рентгенограмма тазобедренного сустава в прямой проекции после проведения тотального эндопротезирования

Во всех случаях использовали компоненты бесцементной фиксации, чтобы обеспечить не только первичную механическую стабильность компонента, но и последующую биологическую фиксацию, то есть создание прочной связи на границе имплантат–кость.

Кроме того, в случаях наличия выраженной деформации и дефекта костной ткани имплантация компонентов цементной фиксации невозможна по причине того, что нет возможности создать полноценную цементную мантию. Для обеспечения первичной механической стабильности применяли дополнительную винтовую фиксацию компонентов.

Основными зонами проведения винтов являются надацетабулярный массив и седалищная кость. Проведение винтов в горизонтальную ветвь лонной кости использовали только в случаях профилактики так называемого «kickstand» эффекта, когда после введения винта в надацетабулярный массив происходит вертикальное смещение вертлужного компонента [148].

Использовали винты небольшой длины, чтобы избежать повреждения сосудисто-нервных образований. Введение винта большой длины не приведет к значительному увеличению степени жесткости фиксации вследствие уменьшения плотности костной ткани. Как было указано выше, для обеспечения фиксации в случаях формирования поперечных или т-образных ложных суставов вертлужной впадины, винты проводили в седалищную кость и надацетабулярный массив.

Для избежания эффекта вторичного смещения вертлужного компонента, в первую очередь, проводили винт в седалищную кость, затем – в надацетабулярный массив, всегда использовали динамическую отвертку, чтобы не деформировать винты. Известен способ винтовой фиксации вертлужного компонента, основанный на основных направлениях для формирования канала для проведения винтов [148]. Данный способ основан на определении интактной зоны вертлужной впадины и определении нестабильных повреждений остальных зон.

В своей клинической практике мы используем те же направления для формирования каналов для проведения винтов, однако, при проведении винтов в переднемедиальном квадранте следует избегать использовать сверла большой длины в связи с риском повреждения сосудов.

Современные методы объемной визуализации и предоперационного планирования позволяют достаточно точно рассчитать место и направление винтового канала, а также необходимую длину винта. В случаях использования стандартных вертлужных компонентов с заранее известным расположением и направлением отверстий планирование проводили как по данным рентгенографии тазобедренного сустава в двух проекциях, так и по данным МСКТ.

После проведения МСКТ и предварительной обработки, изображение переводится из DICOM формата в STL с созданием объемной модели таза. Обязательным условием, по нашему мнению, является определение стабильных участков вертлужной впадины, пригодных для проведения винтов. Под этим термином понимается интактна сохранная костная ткань вне зон деформации и формирования ложного сустава или дефекта.

Для точного определения возможности проведения винтов объемная модель строится на основании применения фильтра плотности костной ткани в диапазоне от 400 HU. Данная плотность является достаточной для прочной фиксации винта. После определения интактных зон надацетабулярного массива планируется направление и расположение предполагаемого канала для проведения винта в надацетабулярном массиве (рисунок 83).

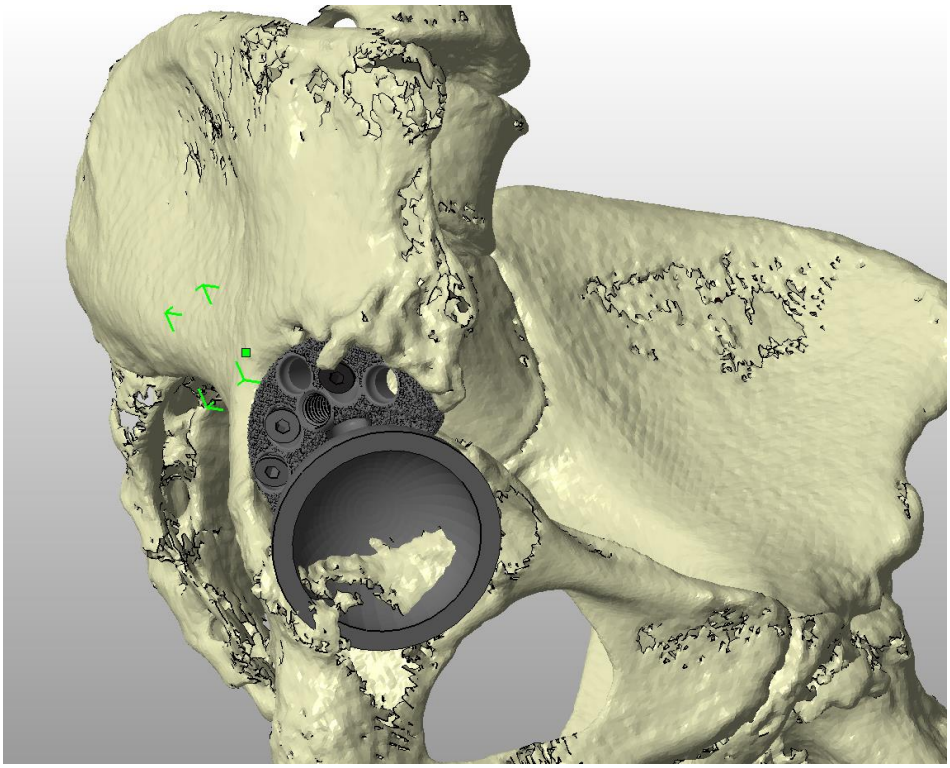


Рисунок 83 − Внешний вид 3D-модели с планируемым направлением проведения фиксирующих винтов

В тех случаях, когда возможно использование стандартного вертлужного компонента, для планирования использовали 3D-модель предполагаемого

компонента, измеряя направление канала и длину винта. Для интраоперационной навигации использовали стерильную пластиковую модель половины таза и предполагаемого вертлужного компонента, распечатанную на 3D-принтере.

На этапе предоперационного планирования, после определения локализации и направления каналов для проведения винтов, на объемной модели отмечали ориентиры для интраоперационной навигации – сохранные участки вертлужной впадины, которые легко можно найти в операционной ране и которые не подлежат ятрогенному воздействию при обработке впадины. От данных ориентиров проводили измерение до предполагаемого канала.

В ходе операции, после удаления оссификатов, рубцовой ткани и проведения обработки вертлужной впадины для имплантации вертлужного компонента находили заранее определенные ориентиры и, соблюдая запланированные размеры, осуществляли рассверливание на глубину 5–10 мм. Данные отверстия служат для дополнительного интраоперационного позиционирования вертлужного компонента. После установки имплантата проводили дальнейшее рассверливание и формирование канала.

Методом, позволяющим повысить точность формирования канала, является использование пластиковых направителей. Направители изготовляются на 3D-принтере под планируемый вертлужный компонент. Особенностями использования направителей являются их ограничения – возможность проведения винтов в диапазоне до 60 мм, так как доступ к горизонтальнее направленным отверстиям ограничивается длиной сверла, внутренним размером чашки и операционным доступом.

При предоперационном планировании необходимо учитывать, что длина винта может быть ограничена внутренним диаметром впадины. Данная проблема частично решается за счет использования сверла на кардане небольшой длины и последующего введения самонарезающих винтов. Наибольшую актуальность приобретает использование пластиковых индивидуальных направителей в ситуациях имплантации индивидуально изготовленных вертлужных компонентов и аугментов. В случаях наличия обширных дефектов и деформаций, когда

использование стандартных компонентов не позволит достичь прочной фиксации, требуется тщательное планирование направления каналов для проведения винтов. В таких ситуациях используются индивидуальные конструкции различной геометрии.

Одним из основных требований при планировании направления винта является не только безопасность при рассверливании, но и выбор такого направления, чтобы при вертикальной нагрузке и ходьбе винт не попадал под срезывающие силы. Под данным термином понимается перпендикулярное воздействие вектора нагрузки (рисунок 84).

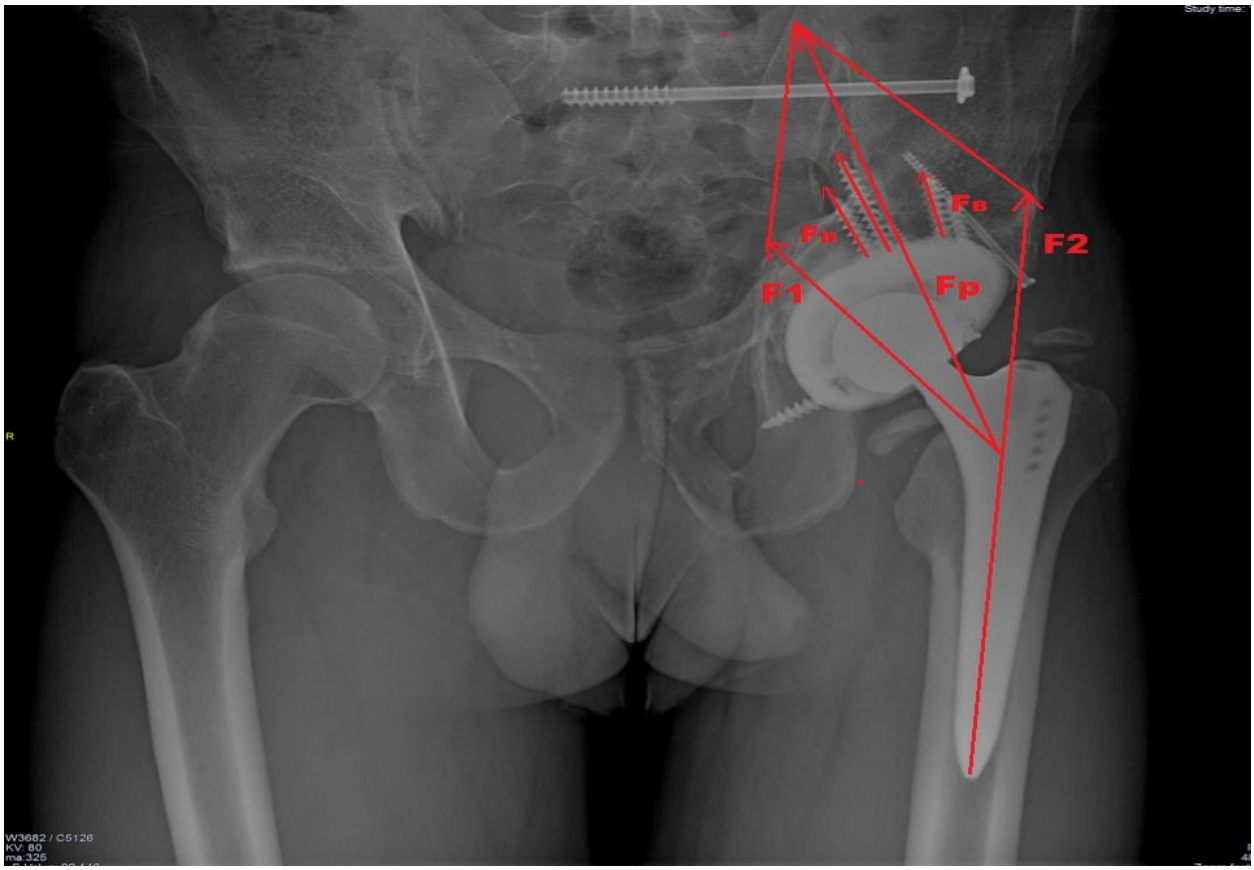


Рисунок 84 − Распределение векторов нагрузки на вертлужный компонент и фиксирующие винты

Выбор типа имплантата и способ костной пластики подробно изложен в главе 4.

Операцию заканчивают стандартно: выполняется контроль гемостаза, счет салфеток и послойное ушивание хирургической раны. При ушивании мышечной ткани особое внимание уделяется восстановлению волокон средней ягодичной мышцы и прочной фиксации ее к точкам крепления. В случаях необходимости выполняли дупликатуру мышечной ткани и дополнительную фиксации части волокон к m.tensor fascia latae.

Необходимость восстановления механических качеств средней ягодичной мышцы, даже в ситуации ее значительного рубцового изменения, обусловлена профилактикой вывиха бедренного компонента и максимально возможного сохранения мышечного послеоперационного баланса. Рубцовые ткани в области внутренней поверхности бедренной кости и нижнего края вертлужной впадины старались не удалять и в дальнейшем фиксировать к сохранным мышечным волокнам, чтобы минимизировать объем послеоперационной полости и не допустить формирования значительной послеоперационной парапротезной гематомы. Дренирование раны выполняли опционально. В случае установки дренажа во всех случаях использовали дренажные системы пассивной аспирации (дренаж по Редону).

5.3 Хирургическая тактика у пациентов с деформациями бедренной кости

Переломы вертлужной впадины в большом проценте случаев встречаются в структуре сочетанной и политравмы. Часто встречаемым повреждением, сопутствующим травме вертлужной впадины, являются переломы бедренной кости. Исходом таких повреждений становятся несращения бедренной кости, формирование ложных суставов и консолидация в порочном положении, приводящая к развитию посттравматических деформаций. В рамках данного исследования не рассматривались вопросы лечения пациентов с ложными суставами проксимального отдела бедренной кости, анализировали только тех пациентов, у которых сопутствующий перелом бедренной кости был консолидирован.

В случае наличия посттравматической деформации меняется тактика имплантации бедренного компонента. Для восстановления анатомических показателей и тщательного предоперационного планирования, а также для выбора типа оперативного вмешательства в клинике ФГБУ ННИИТО был разработан способ в виде алгоритма хирургического лечения больных с посттравматическим коксартрозом 3 стадии, сочетающийся с деформацией оси нижней конечности.

На этапе предоперационного планирования всем пациентам с последствиями травмы вертлужной впадины и бедренной кости выполняют не только рентгенограммы в прямой и боковой проекциях, но и телерентгенограммы нижних конечностей в положении стоя для того, чтобы выявить деформацию оси нижней конечности. Деформацией называется смещение механических или анатомических точек в пространстве.

В повседневной практике травматолога-ортопеда выявление деформации нижних конечностей заключается в определении общей механической оси конечности (линии, соединяющей центр ротации головки бедренной кости, а также центры коленного и голеностопных суставов). При выявлении отклонения данной оси ставится вопрос о наличии деформации. Для определения характера, типа и локализации деформации в обязательном порядке исследуют референтные линии и углы (РЛУ): анатомические, механические оси длинных костей, линии суставов, анатомические и механические углы. В норме референтные линии должны пересекаться между собой под определенными углами в определенных точках. РЛУ нижней конечности приведены на рисунках 85–86 и таблице 22.

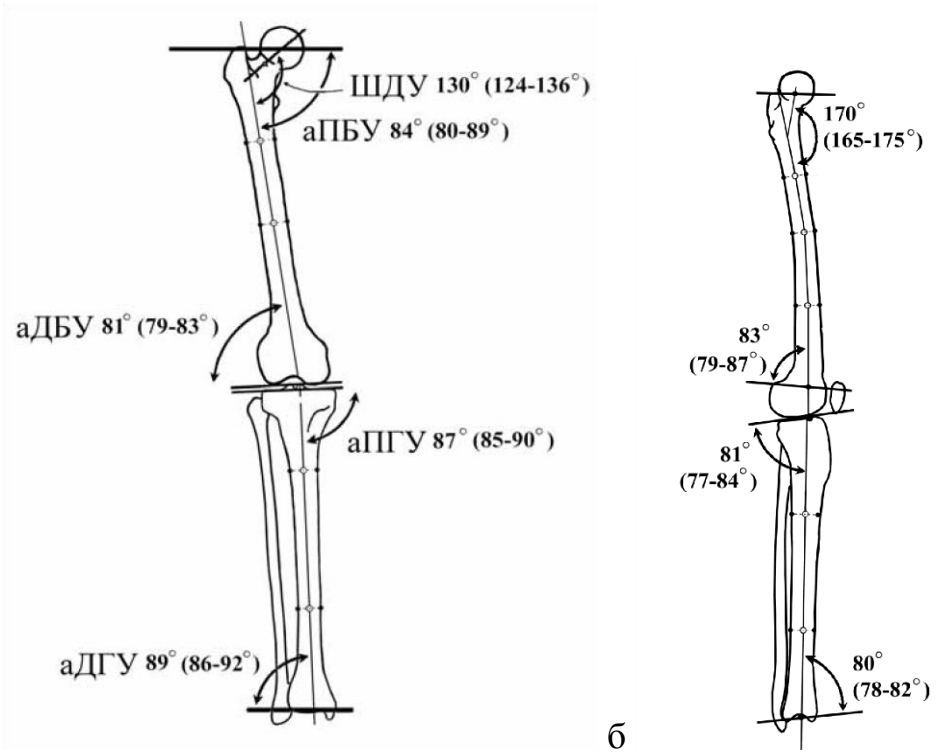


Рисунок 85 – Анатомические углы во фронтальной (а) и сагиттальной (б) плоскостях

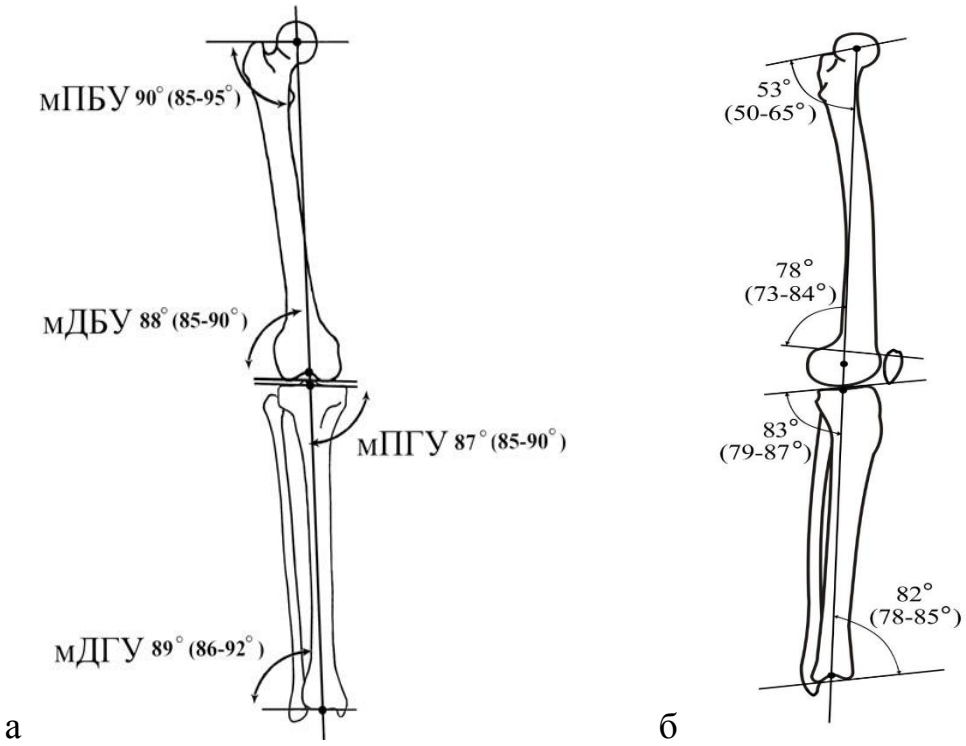


Рисунок 86 − Механические углы во фронтальной (а) и сагиттальной (б) плоскостях

Таблица 22 – Механические и анатомические углы костей нижней конечности, их названия и англоязычные аналоги

Сокращенное и полное названия	Аналог в англоязычной литературе
Механические углы бедренной кости	
мЛПрБУ – механический наружный проксимальный бедренный угол	LPFA – lateral proximal femoral angle
мЛДБУ – механический латеральный дистальный бедренный угол	mLDFA – mechanical lateral distal femoral angle
мЗПрБУ – механический задний проксимальный бедренный угол	mPPFA – mechanical posterior proximal femoral angle
мЗДБУ – механический задний дистальный бедренный угол	mPDFA – mechanical posterior distal femoral angle
Механические углы большеберцовой кости	
мМПрББУ – механический медиальный проксимальный большеберцовый угол	MPTA – medial proximal tibial angle
мЛДББУ – механический латеральный дистальный большеберцовый угол	LDTA – lateral distal tibial angle
мЗПрББУ – механический задний проксимальный большеберцовый угол	mPPTA – mechanical posterior proximal tibial angle
мПДББУ – механический передний дистальный большеберцовый угол	mADTA – mechanical anterior distal tibial angle
Анатомические углы бедренной кости	
ШДУ – шеечно-диафизарный угол	MNSA – medial neck shaft angle

Продолжение таблицы 22

аМПБУ – анатомический медиальный проксимальный бедренный угол	MPFA – medial proximal femoral angle
аЛДБУ – анатомический латеральный дистальный бедренный угол	aLDFA – anatomic lateral distal femoral
аППрБУ – анатомический передний проксимальный бедренный угол	ANSA – anterior neck shaft angle
аПЗБУ – анатомический задний проксимальный бедренный угол	PPFA – posterior proximal femoral angle
аЗДБУ – анатомический задний дистальный бедренный угол	PDFA – posterior distal femoral angle

При наличии показателей, отличных от принятых за норму, судят о наличии той или иной деформации [31, 32, 33, 82]. В данном исследовании использовали классификацию деформаций, предложенную Л.Н. Соломиным (рисунок 87).

	One-plane	Two-plane	Three-plane
One-component	Translation in one standard plane Angulation in one standard plane Axial translation Rotation		
Two-component	Axial translation + rotation Translation in one standard plane + rotation Angulation in one standard plane + rotation	Translation in two standard planes Angulation in two standard planes Translation in one standard plane + angulation in one standard plane Angulation in one standard plane + axial translation Translation in one standard plane + axial translation	
Three-component		Translation in two standard planes + rotation Angulation in two standard planes + rotation Translation in two standard planes + angulation in one standard plane Angulation in two planes + translation in one standard plane Translation in one standard plane + angulation in one standard plane + rotation	Angulation in two standard planes + axial translation Translation in two standard planes + axial translation Translation in one standard plane + angulation in one standard + axial translation
Four-component		Translation in two planes + angulation in one standard plane + rotation Translation in two planes + angulation in two planes Angulation in two planes + translation in one standard plane + rotation	Angulation in two standard planes + axial translation + rotation Translation in two planes + angulation in one standard plane + axial translation Translation in one standard plane + angulation in one standard plane + axial translation + rotation Angulation in two standard planes + translation in one standard plane + axial translation Angulation in two standard planes + axial
Five-component		Translation in two standard planes + angulation in two planes + rotation	Translation in two standard planes + Angulation in one standard plane + Axial translation + rotation Translation in two standard planes + angulation in two standard planes + axial translation Translation in one standard plane + angulation in one standard plane + axial translation + rotation
Six-component			Translation in two standard planes + angulation in two standard planes + axial translation + rotation

Рисунок 87 − Классификация деформаций в зависимости от типа и количества компонентов деформации [31]

Если деформации не выявлено, то проводится стандартное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава с имплантацией бедренных компонентов любого типа фиксации и покрытия. При выявлении деформации оси нижней конечности необходимо тщательно определить вершину деформации или CORA. В случаях, когда вершина деформации расположена в эпифизарном отделе бедренной кости, выполняется резекция шейки бедренной кости и стандартное эндопротезирование тазобедренного сустава. При метафизарной деформации

выполняется одноэтапная корригирующая остеотомия любого типа (клиновидная, шарнирная или поперечная). Главными задачами остеотомий на этом уровне являются восстановление механической оси бедренной кости и создание условий для беспрепятственной обработки бедренного канала и последующей имплантации бедренного компонента.

Выбор типа и локализации остеотомии определяется типом, характером и локализацией деформации. Обязательным условием является проведение оперативного вмешательства по первому правилу остеотомии: линия остеотомии должна быть выполнена на вершине деформации, иначе при восстановлении механической оси бедренной кости возникнет смещение по ширине, которое не позволит имплантировать бедренный компонент.

Также обязательным условием становится перекрытие зоны остеотомии бедренным компонентом: ножка эндопротеза должна проходить в костномозговой канал дистальнее места остеотомии на глубину не менее величины 2–2,5 кортикальных диаметров.

При необходимости возможна дополнительная накостная фиксация зоны остеотомии. В случаях любых типов деформации, сложных, многокомпонентных, оперативное лечение выполняется в один этап – остеотомия сочетается с тотальным эндопротезированием. Используются только бедренные компоненты бесцементной фиксации, так как имплантация цементных ножек, особенно полированных, не позволит достичь стабильной фиксации компонента из-за невозможности создать полноценную стабильную цементную мантию.

При проведении данного типа оперативных вмешательств предпочтение отдается компонентам, обеспечивающим максимальную первичную механическую стабильность, – коническим ножкам типа Wagner, прямым ножкам с четырехугольным сечением (компоненты типа Zweymuller) либо компонентам с гидроксиапатитным покрытием. Бедренные компоненты проксимальной фиксации не использовались.

При выявлении вершины деформации на уровне диафиза бедренной кости тактика оперативного лечения зависит от типа деформации. Если деформация

является простой, то есть одно- или двухкомпонентной в двух проекциях и угол деформации менее 30 градусов, показана одномоментная коррекция деформации. В таком случае выполняется одноэтапное оперативное вмешательство – коррекция деформации с накостной фиксацией и тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Если возможно обеспечить стабильную фиксацию фрагментов кости после выполнения остеотомии за счет имплантации бедренного компонента длинного размера, то дополнительная накостная фиксация не применяется.

Если по каким-либо причинам выполнить одноэтапное оперативное лечение не представляется возможным, то пациенту показано двухэтапное вмешательство. Первым этапом проводится одномоментная коррекция деформации и после консолидации зоны остеотомии – тотальное эндопротезирование.

В случае диафизарных сложных деформаций, требующих коррекции во времени, проводится этапное хирургическое лечение: первым этапом – корригирующая остеотомия, коррекция деформации во времени с использованием внеочагового чрескостного или комбинированного и последовательного остеосинтеза. После восстановления РЛУ нижней конечности, консолидации зоны остеотомии возможно проведение второго этапа – тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Обязательное условие, чтобы снизить вероятность развития септических осложнений: на момент проведения эндопротезирования у пациентов не должно быть никаких признаков имплант-ассоциированной инфекции, даже в виде малых форм (воспалительная реакция в местах выхода чрескостных элементов – спиц и стержней-шурупов).

Также выбор метода остеосинтеза зоны остеотомии обусловлен предполагаемым типом и размером бедренного компонента. В случае накостной фиксации полного удаления фиксатора перед проведением эндопротезирования не требуется, достаточно удаления только тех фиксирующих винтов, которые могут препятствовать имплантации ножки эндопротеза. В случаях интрамедуллярного остеосинтеза интрамедуллярный штифт следует обязательно удалять, а также рассверливать канал перед имплантацией бедренного

компонента. Очередность выполнения операций – в одну хирургическую сессию с эндопротезированием или одномоментно – остается на усмотрение хирурга (рисунок 88).

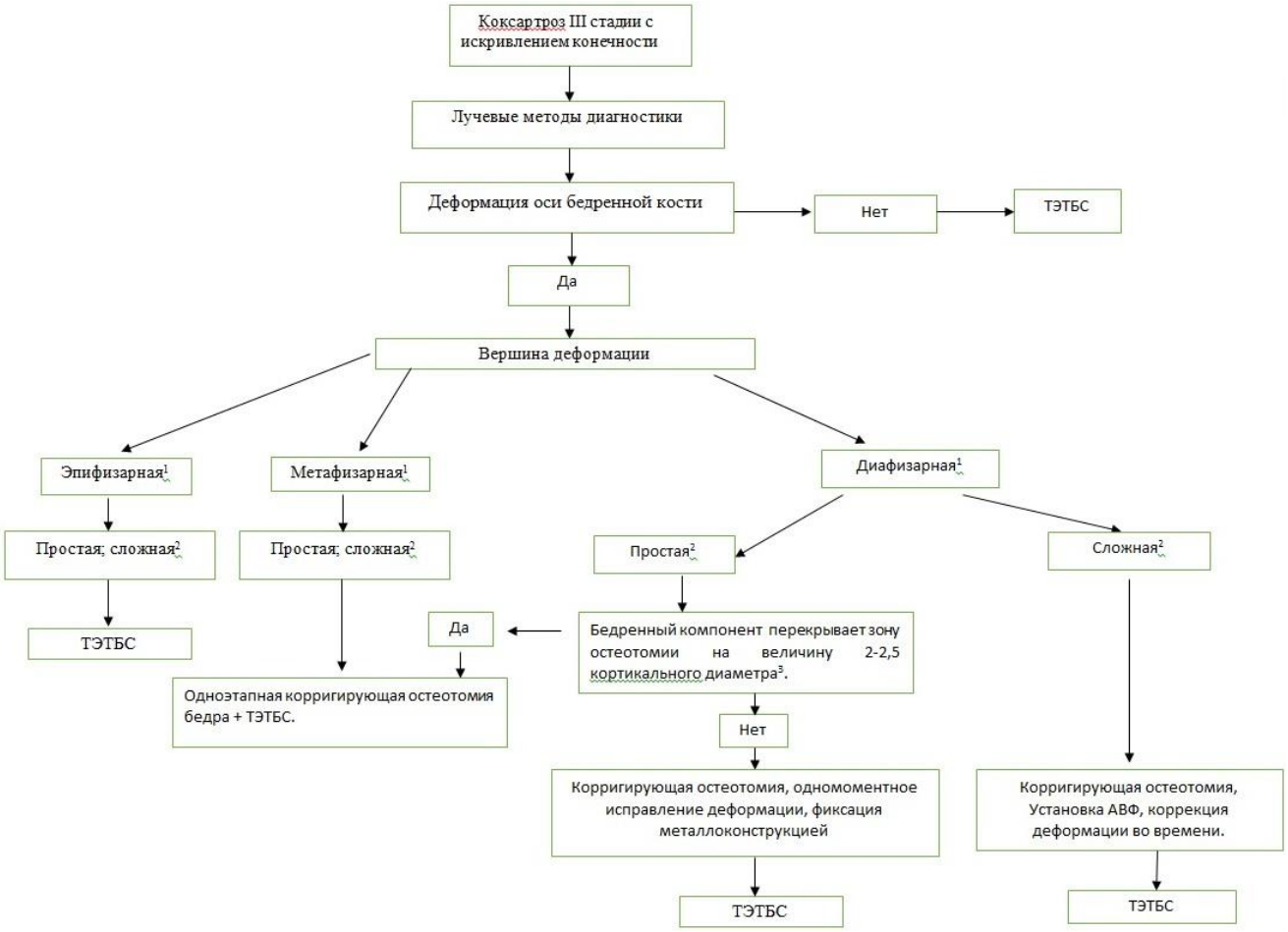


Рисунок 88 – Алгоритм выбора хирургической тактики у пациентов с посттравматической деформацией бедренной кости

В случае многоплоскостных и многоуровневых деформаций тактика оперативного лечения определяется следующим образом: не обязательна коррекция на каждом уровне деформации, если остеотомия позволит восстановить РЛУ нижней конечности и обеспечить отсутствие значительного смещения по ширине (второе правило остеотомии), позволяющее имплантировать бедренный компонент, то следует стремиться к минимизации количества хирургических сессий.

Данное утверждение подтверждается многочисленными исследованиями, в которых подчеркивается, что моносегментарные остеотомии являются практичным и эффективным методом лечения. В отличие от моносегментарной, мультисегментарная остеотомия является более сложным методом, которая значительно усложняет, а иногда и делает невозможной имплантацию бедренного компонента эндопротеза и негативно влияет на сращение кости в области остеотомии, приводя к формированию ложных суставов [87, 163, 209].

В ситуациях значительного укорочения первым этапом рекомендуется выполнить операцию, направленную на коррекцию разницы длины конечностей, а потом проводить тотальное эндопротезирование. Первично выполненное тотальное эндопротезирование усложняет выполнение моно- или билокальных удлиняющих остеотомий бедренной кости по причине ограниченного количества позиций и уровней для проведения чрескостных элементов, а также в связи с увеличением риска тракционного вывиха бедренного компонента.

Удлинение другого сегмента нижней конечности является альтернативным методом коррекции неравенства длины конечностей, однако ограниченно пропорциями тела (разница между уровнями суставных линий коленных суставов не должна превышать 8 см), и может привести к стойкому ухудшению функции конечностей.

Целью одноэтапных и многоэтапных вмешательств является восстановление нормальной функции и биомеханики не только сустава, но и конечности. У пациентов с сочетанием выраженного артроза и деформациями нижних конечностей первоочередное восстановление функции сустава и купирование болевого синдрома путем тотального эндопротезирования тазобедренного сустава не позволит в должной мере обеспечить нормальную функцию конечности.

Клинический пример № 7

Пациентка Ш., 1965 г.р., обратилась в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО с жалобами на боли в области левого тазобедренного сустава, наличие

деформации левой нижней конечности, нарушение походки. Из данных анамнеза: автодорожная травма в 1976 году, доставлена в краевую больницу г. Абакана, диагностирован открытый перелом обеих костей левой голени, открытый перелом диафиза левой бедренной кости, перелом костей таза, закрытый вывих головки левой бедренной кости, ЧМТ.

Выполнено: первичная хирургическая обработка раны, открытая репозиция отломков, закрытое вправление вывиха левого бедра, ушивание раны. Скелетное вытяжение на 3 месяца. В послеоперационном периоде отмечает улучшение состояния. С 2009 года отмечает появление болей в области левого тазобедренного сустава, ограничение движений. С течением времени боли усиливались, прогрессировало нарушение походки. Настоящее ухудшение в течение 2 лет. Консультирована травматологом по месту жительства, диагностирован левосторонний посттравматический коксартроз 3 степени, рекомендовано оперативное лечение.

При проведении клинического осмотра локальный статус − травматолого-ортопедический статус. Походка: ходит небольшими шагами, хромает на левую ногу. Общий осмотр. спереди: не изменен; сбоку: не изменен; сзади: не изменен. Область левого тазобедренного сустава: правильной формы, не деформирована. Послеоперационные рубцы: нет.

Положение левой нижней конечности: сгибание − 10 градусов; приведение − 0 гр.; наружная ротация − 0 гр. 6. Нагрузка по оси бедра: болезненна слева. Пальпация области тазобедренных суставов: болезненная по передней поверхности слева. Объем движений в тазобедренных суставах: сгибание справа − 110 гр.; слева − 90 гр.; разгибание: справа – 0 гр., слева − 10 гр.; отведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; приведение: справа − 20 гр., слева − 0 гр.; внутр. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр.; наружн. ротация: справа − 30 гр., слева − 0 гр.

Сгибательная контрактура: слева.

Приводящая контрактура: слева. Движения болезненны: слева.

Симптом Тренделенбурга: отрицательный.

Линия Шумахера: справа − на уровне пупка; слева – на 2 см ниже уровня пупка.

Большой вертел расположен выше линии Розер-Нелатона: справа − на 0 см; слева − на 2 см.

Большой вертел расположен выше линии Куслика: справа − на 0 см, слева − на 2 см.

Вертикальный катет треугольника Бриана: справа − на 4 см, слева – на 2 см. Относительная длина левой нижней конечности – 86 см.

Функциональное укорочение – 2 см слева.

Коленный сустав: сгибание справа − 90 гр., слева − 90 гр.

Объем мягких тканей: правое бедро: прокс. треть − 50 см, средняя треть − 47 см, дист. треть − 44 см; левое бедро: прокс. треть − 50 см, средняя треть − 47 см, дист. треть − 44 см.

Поясничный отдел позвоночника: сгибание кпереди − не достает до пола; сгибание вправо − не достает до пола; сгибание влево − не достает до пола. Вазомоторные расстройства: нет.

Объем движений в суставах верхних конечностей: полный. На момент осмотра уровень болевого синдрома – 8 баллов по шкале ВАШ, уровень функции тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score – 42 балла.

При поступлении в стационар проведено дообследование – рентгенография таза с тазобедренными суставами, теле рентгенограммы оси нижних конечностей (рисунки 89–90).

При анализе рентгенограмм было выявлено, что приобретенная посттравматическая деформация является двухкомпонентной (угловая и торсионная) и двухуровневой. После проведенного предоперационного планирования коррекции деформации, учитывая, что величина деформации менее 30 градусов, вершина более значимой деформации располагается диафизарно, согласно разработанному алгоритму, было принято решение о проведении одномоментной коррекции деформации и тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава.

Рисунок 89 – Рентгенограмма левого тазобедренного сустава в прямой проекции до операции тотального эндопротезирования

Была выполнена фигурная остеотомия на вершине деформации, фиксация осуществлена на бедренном компоненте дистальной фиксации, для дополнительной стабильности выполнен остеосинтез серкляжной канатной проволокой. Время операции – 170 минут, кровопотеря – 500 мл. На 7 сутки после операции пациент был выписан на амбулаторное лечение (рисунок 91).

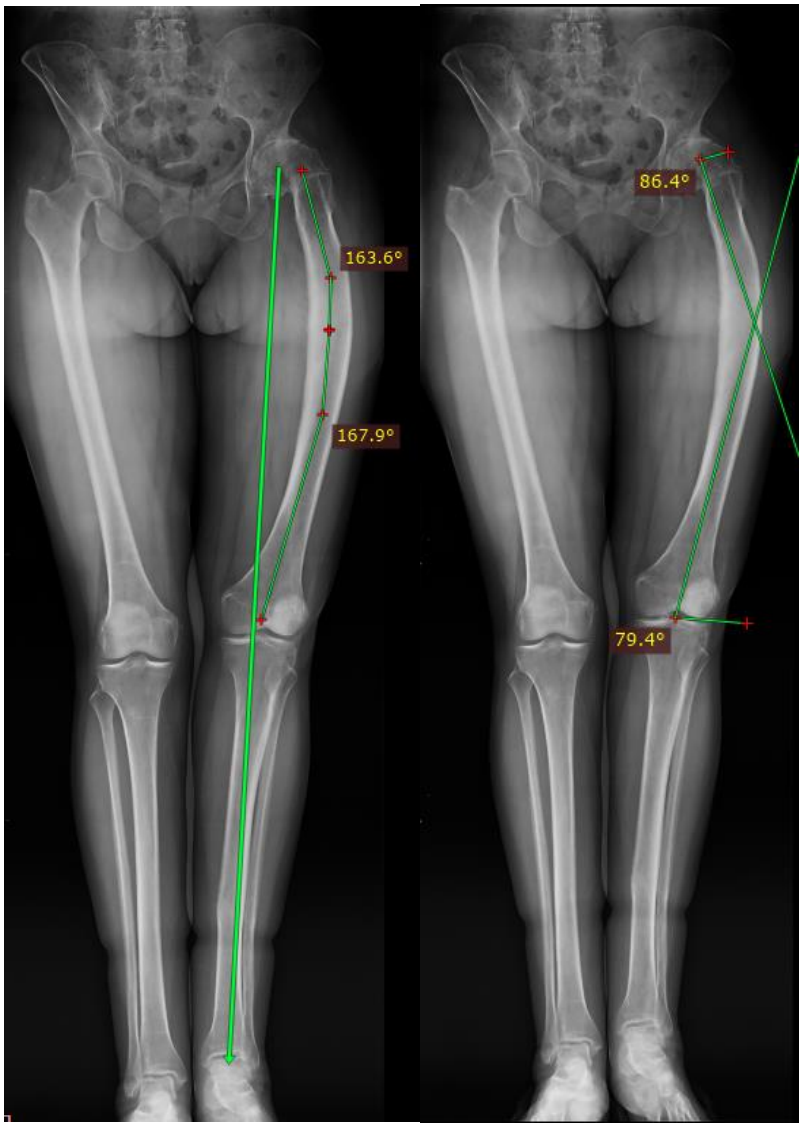


Рисунок 90 – Телерентгенограмма оси нижних конечностей до проведения тотального эндопротезирования. Зеленой линией отмечена общая механическая ось левой нижней конечности, отмечены две вершины диафизарных одноплоскостных деформаций, анатомический медиальный проксимальный бедренный угол (аМПБУ), анатомический латеральный дистальный бедренный угол (аЛДБУ)

Рисунок 91 – Рентгенограммы таза пациентки на 5 сутки после оперативного лечения

На контрольном осмотре через 6 месяцев: передвигается без средств внешней опоры, уровень болевого синдрома – 1 балл по шкале ВАШ, уровень функции тазобедренного сустава Harris Hip Score – 86 баллов.

5.3 Материально-техническое обеспечение

Проведение тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, переломов бедренной кости относится к категории сложного первичного эндопротезирования. При выполнении данного вида вмешательств необходимо восстанавливать биомеханические параметры сустава, замещать дефекты костной ткани, добиваться коррекции посттравматических

деформаций. Проведение такого типа операций требует не только квалификации и навыков хирургической бригады и медицинского персонала, но и материально-технического обеспечения клиники.

Обязательным условием для проведения предоперационной диагностики и планирования оперативного вмешательства является наличие в клинике МСКТ-аппарата с разрешением 1,5 Тесла и возможностью формирования срезов с шагом в 1 мм, созданием 3D-модели. Необходимость применения такого аппарата обусловлена потребностью в максимально полной визуализации не только области патологически измененной впадины, но потребностью в визуализации всех костей таза и особенно в определении механических параметров здорового контралатерального сустава.

Для оптимального описания изменений поврежденной вертлужной впадины, то есть определения деформации и дефекта, необходимо программное обеспечение, позволяющее формировать объемную 3D-модель с визуализацией плотности костной ткани и возможностью применения библиотеки различных геометрических фигур, таких как плоскость, полусфера. Такая опция позволяет не только детально определить наклон таза, механические показатели здорового и патологически измененного сустава, но и спланировать оперативное вмешательство. При необходимости возможно даже планировать геометрию, положение и размер индивидуального имплантата.

Для проведения оперативного вмешательства необходимо наличие в клинике не только стандартных общехирургических инструментов, но и инструментов для возможного удаления металлоконструкций после предшествующего остеосинтеза. Кроме отверток необходимого размера, в ходе оперативного вмешательства может потребоваться высокоскоростной бур для деструкции винта или пластины в пределах хирургического доступа.

Для повышения точности имплантации компонентов эндопротеза возникает потребность в использовании различных методов интраоперационного ориентирования, контроля и сопровождения. Так, в ситуациях значительно измененных анатомических ориентиров хирургу требуется использование либо

активной компьютерной навигации, либо наличие в операционной стерильной пластиковой модели таза, изготовленной для конкретного пациента и воспроизводящей деформацию и дефект костной ткани. Применение устройств компьютерной навигации ограничено случаями значительных деформаций и дефектов, когда применение стандартных компонентов невозможно. Кроме того, программное обеспечение большинства устройств навигации использует для планирования двухмерные изображения, что не может в полной мере визуализировать деформацию и дефект.

Возможным перспективным направлением развития интраоперационной навигации становятся роботизированные ассистирующие системы, так как их программное обеспечение позволяет на основе МСКТ построить трехмерную модель и проводить оперативное вмешательство, ориентируясь именно на результаты такого планирования, а не стандартизированные положения.

Для достижения прочной фиксации компонентов в клинике необходимо иметь широкий спектр различных конструкций, таких как вертлужные компоненты разного профиля, типа покрытия, возможности полиаксиального проведения фиксирующих винтов. Обязательным условием для проведения сложного первичного эндопротезирования является наличие так называемого банка эндопротезов – постоянного наличия в операционной стерильных компонентов широкого размерного ряда. Тот же принцип соблюдается и при замещении дефектов аугментами.

Наличие в интраоперационной доступности широкого размерного ряда различных типов имплантатов становится обязательным условием при проведении тотального эндопротезирования пациентам с последствиями переломов вертлужной впадины. В ходе проведения таких оперативных вмешательств высока потребность в проведении костной пластики. Сопутствующий асептический некроз или посттравматические изменения головки бедренной кости не всегда позволяют применять аутоостеопластику в больших объемах. В связи с этим необходимость наличия лаборатории заготовки и консервации тканей в клиниках, осуществляющих помощь пациентам с такой

патологией, не вызывает сомнений. Как и в ситуациях с использованием аугментов потребность в доступности костного «банка» – стерильных запасов предизготовленного донорского костного материала – весьма высока.

Немаловажным фактором, влияющим на результат лечения, является опыт и квалификации не только хирургической бригады, но и всего медицинского персонала клиники. Пациентам с последствиями травм вертлужной впадины требуется сложное предоперационное планирование, вероятно, проектировка индивидуальных конструкций, что требует привлечения биоинженера.

Хирург, выполняющий тотальное эндопротезирование, должен владеть различными хирургическими доступами к тазобедренному суставу, методиками остеосинтеза вертлужной впадины, замещения дефектов. В послеоперационном периоде, вследствие мышечного дисбаланса и длительно существующих нарушений походки, данной категории пациентов требуется более сложная реабилитация с использованием различных тренажеров и дополнительных средств.

Все вышеперечисленное позволяет сделать заключение, что лечение пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины относится к категории сложного первичного эндопротезирования и требует соблюдения большого количества условий и обширного материально-технического обеспечения. Таким образом, проведение данной категории операций необходимо проводить в специализированных хирургических стационарах.

ГЛАВА 6. ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Широкое применение технологии объемной печати нашли в эндопротезировании ТБС (ЭТБС) при замещении дефектов области вертлужной впадины.

Технологии объемной (3D) печати представляют собой послойное создание физического объекта на базе виртуальной трехмерной модели, при этом существуют принципиально разные методики 3D-печати, позволяющие работать как с пластмассами, так и с порошком титана марки LPW-TI64-GD23-TYPE5.

Применение аддитивных технологий в травматологии и ортопедии не ограничивается лишь изготовлением индивидуальных имплантатов, объемная визуализация используется в предоперационном планировании оперативных вмешательств для контроля имплантации металлоконструкций, а также в ряде других направлений. 3D-печать стала незаменимым инструментом для создания анатомических моделей, используемых в моделировании операционных вмешательств и обучении врачей травматологов-ортопедов.

Техника и технология выполнения 3D-визуализации в предоперационном планирование стандартна и зачастую не требует специализированного программного обеспечения. Пациенту в предоперационном периоде выполняется мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) пораженного ТБС с целью формирования 3D-модели. Далее происходит обработка изображения, в ходе которой проводится выделение костной ткани, удаление артефактов и шумов. С помощью различных инструментов программного обеспечения удаляются мягкие ткани и все имеющиеся металлоконструкции (при их наличии). Из полученных изображений создается компьютерная 3D-модель костей таза. Для этого проводится переформатирование исходного DICOM-файла в STL совместимый формат. Данный формат является наиболее распространенным для работы с объемными моделями в травматологии и ортопедии. Далее на основании компьютерной модели на 3D-принтере распечатывается пластиковая модель

вертлужной впадины в натуральную величину. Она представляет собой точную копию кости пациента, и на ней возможно планирование реконструкции вертлужной впадины и коррекция геометрии индивидуальных имплантатов. После моделирования индивидуального имплантата идет этап его непосредственной печати на 3D-принтере с использованием метода селективного лазерного спекания − Selective Laser Sintering (SLS).

SLS подразумевает использование одной или нескольких лазерных установок (как правило, углекислотных) для спекания частиц порошкообразного материала до образования заданного объекта. В качестве расходных материалов используются пластик, металл, керамика или стекло. Спекание производится за счет вычерчивания контуров, заложенных в цифровой модели, с помощью направленного лазерного луча. По завершении спекания нанесенного слоя наносится новый слой материала. Процесс повторяется до образования объемной модели. В отличие от таких методов аддитивного производства, как стереолитография или послойное наплавление при SLS-печати, навесные части модели поддерживаются неизрасходованным материалом. Такой подход позволяет добиться практически неограниченной геометрической сложности изготовляемых моделей. Данный метод печати допускает использование сплава EMI титана (LPW-TI64-GD23-TYPE5), разрешенного к имплантации системой сертификации ISO.

6.1 Показания и противопоказания к эндопротезированию с использованием индивидуального имплантата

ЭТБС с использованием индивидуальных имплантатов возможно применять при достаточно широком спектре патологии ЭТБС. Однако принципиально стоит различать показания для оперативного вмешательства при посттравматическом коксартрозе, когда наличие изменений суставного хряща сопровождается дефектами и деформациями вертлужной впадины.

Показаниями к использованию индивидуальных имплантатов являются:

– одно- или двусторонний посттравматический коксартроз III степени с дефектом вертлужной впадины типа III-IV по AAOS;

– посттравматический коксартроз III степени с деформацией вертлужной впадины, приводящий к смещению центра ротации сустава более чем на 18 мм по сравнению со здоровым контралатеральным суставом;

– необходимость массивной костной пластики дефекта вертлужной впадины при посттравматическом коксартрозе III степени у пациентов молодого возраста.

Приведенные показания к операции являются устоявшимися и по сути не отличаются от показаний при стандартном эндопротезировании. Однако индивидуальные имплантаты значительно упрощают хирургическую технику, расширяют возможности фиксации компонентов. Если возможно эндопротезирование с применением стандартных конструкций для достижения стабильной фиксации с восстановлением анатомических взаимоотношений, то использование индивидуальных имплантатов нецелесообразно.

Специфических противопоказаний к применению индивидуальных имплантатов не существуют, противопоказания являются общими для всех типов оперативных вмешательств:

– невозможность самостоятельного передвижения;

– несанированные очаги хронической инфекции, острый воспалительный процесс в области оперативного вмешательства;

– наличие генерализованного воспаления, сепсиса;

– тяжелое неврологическое нарушение функции конечности (гемипарез) на стороне планируемой операции;

– тяжелая степень остеопороза (отсутствие возможности фиксации металлических компонентов в костной ткани);

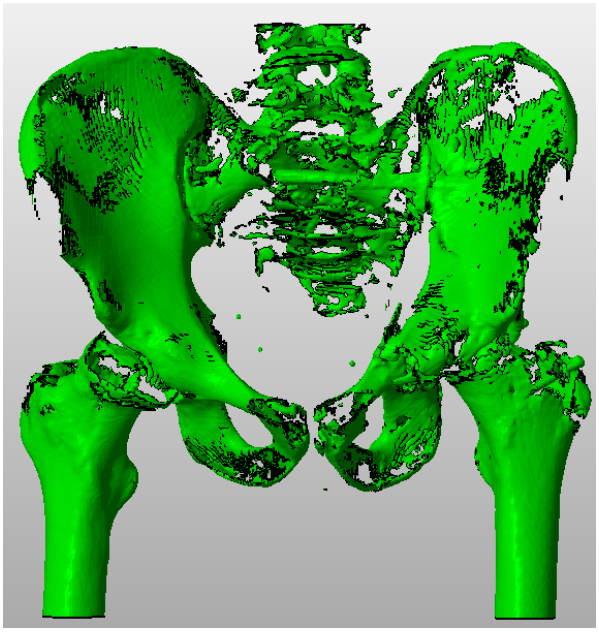
– аллергия на материал, из которого изготовлен имплантат.

Процесс предоперационного планирования с использованием объемной визуализации начинается с построения 3D-модели на основе проведенной МСКТ. Конвертация или преобразование серии снимков МСКТ (DICOM) в единичный

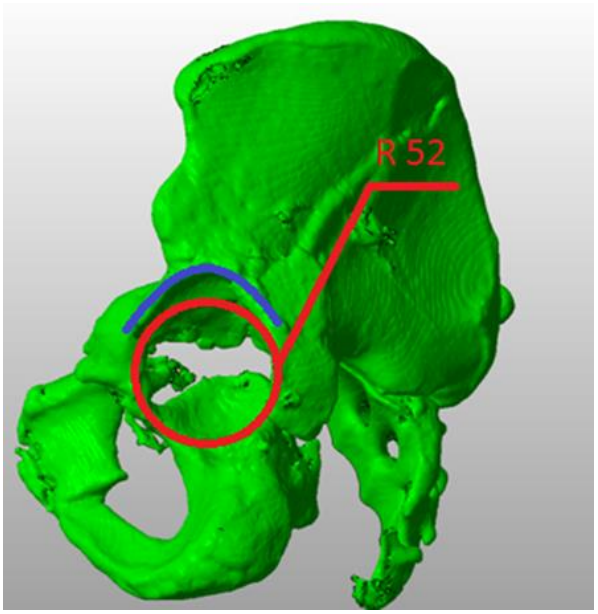
файл 3D-формата (*.stl) осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer, как правило, в один этап. Далее полученная 3D-модель обрабатывается в программе In Vesalius или RadiAnt DICOM Viewer (наиболее доступное программное обеспечение), как правило, в один этап. Далее полученная 3D-модель обрабатывается в программе In Vesalius, с помощью которой можно оценить плотность костной ткани интересующей области по шкале Hounsefield − это зона основного предполагаемого контакта кость–имплантат. Используя стандартные инструменты Autodesk 3ds Max или более простого графического программного обеспечения, для дальнейшего получения «рабочей модели» визуализируются кости таза. На рисунке 92 а представлена модель в режиме 650 HU, в пределах плотности 400–600 HU, что считается относительной нормой для костной ткани данной анатомической области.

Следующий этап представляет из себя непосредственное планирование оперативной тактики на полученной «рабочей модели» (далее по тексту – 3D-модель костей таза). Для этого используется специализированное программное обеспечение Autodesk Netfabb, для которого нами была создана база стандартных компонентов путем 3D-сканирования. Часть компонентов эндопротеза была выполнена самостоятельно по принципу соответствия геометрических фигур, например, полусферический компонент, соответствующий стандартному вертлужному компоненту эндопротеза Zimmer (рисунок 92 в).

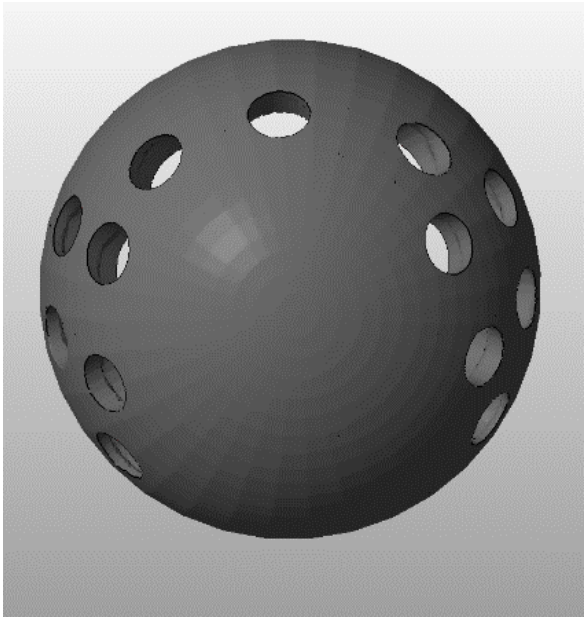
Возможности Autodesk Netfabb позволяют провести предоперационное планирование на имеющейся объемной модели таза путем компоновки шаблонов в области вертлужной впадины.



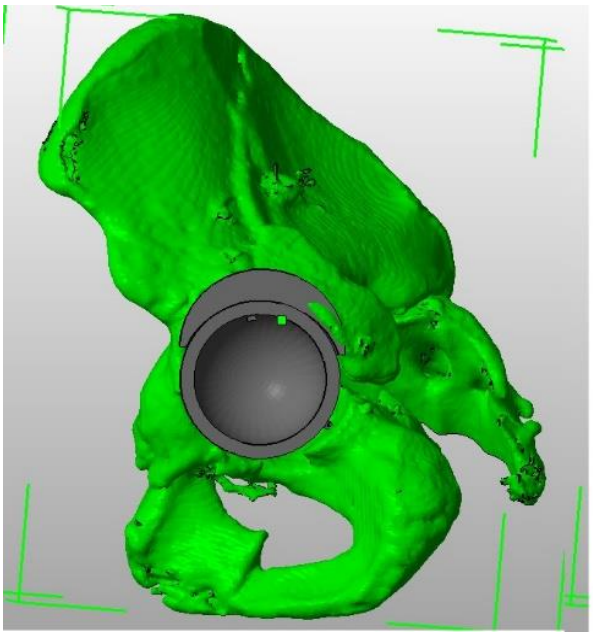
а



б



в



г

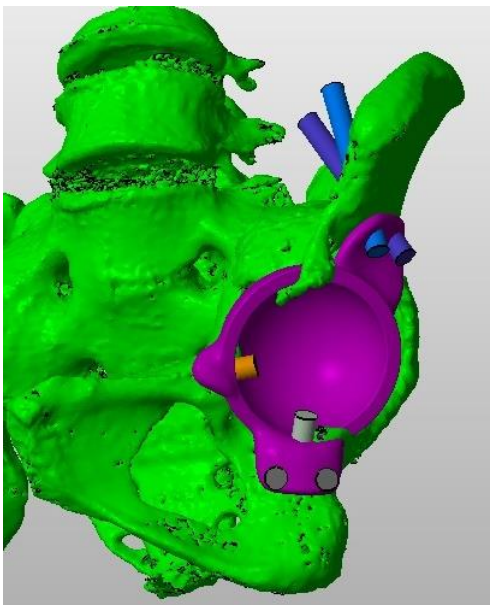
Рисунок 92 – 3D-модель: а) обработанная в программе In Vesalius (оценивается плотность костной ткани интересующей области по шкале Hounsefield); б) «рабочая модель» (визуализируются кости таза в пределах плотности 400–600 HU); в) полусферический индивидуальный компонент эндопротеза ТБС, соответствующий стандартному вертлужному компоненту эндопротеза ТБС; г) предоперационное планирование эндопротезирования ТБС с использованием индивидуальных компонентов

Таким образом, в заданной клинической ситуации можно определить, какой компонент целесообразнее использовать с точки зрения максимального сохранения костной ткани и оптимизации хода оперативного лечения. Например, при дефекте надацетабулярного массива вертлужной впадины (кавитарный дефект) можно использовать костную пластику и стандартный компонент эндопротеза или не проводить костную пластику и имплантировать вертлужный компонент большого размера. В этой же ситуации также можно провести максимальный объем костной пластики, установить индивидуальный аугмент, тем самым создавая опорный блок по контуру дефекта и имплантировать стандартный вертлужный компонент минимально возможного размера (рисунок 92 г).

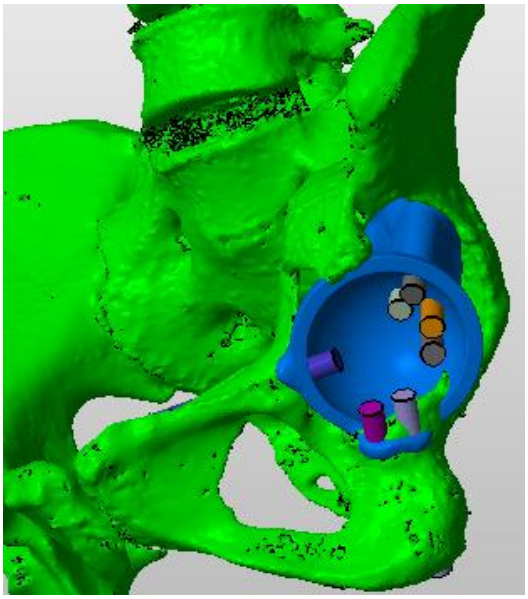
Данный подход дает возможность сохранить интактную костную ткань, максимально использовать костную пластику и с определенной вероятностью прогнозировать надежную первичную фиксацию компонентов эндопротеза. При работе с индивидуальными конструкциями стандартные инструменты Autodesk Netfabb позволяют хирургу задать требуемую версию и инклинацию вертлужного компонента, определить возможные места костной пластики, а также правильно сориентировать направление фиксирующих винтов. Это значительно облегчит дальнейшее моделирование имплантата инженеру, который, как правило, не является оперирующим хирургом и не знаком с тонкостями эндопротезирования крупных суставов.

Выбор геометрии имплантата, безусловно, совместная работа инженера и хирурга, в результате которой необходимо сделать имплантат достаточным с точки зрения объема и, если позволяет дефект, простоты геометрии, при этом важно не увеличить имеющийся дефекта вертлужной впадины. Первично инженером проводится предоперационное планирование имплантата, как показано на рисунке 93 а. Так, группой разработчиков было предложено использовать трехфланцевую конструкцию, при этом краниальный фланец предполагалось расположить с опорой на поверхность подвздошной кости.

а



б



в

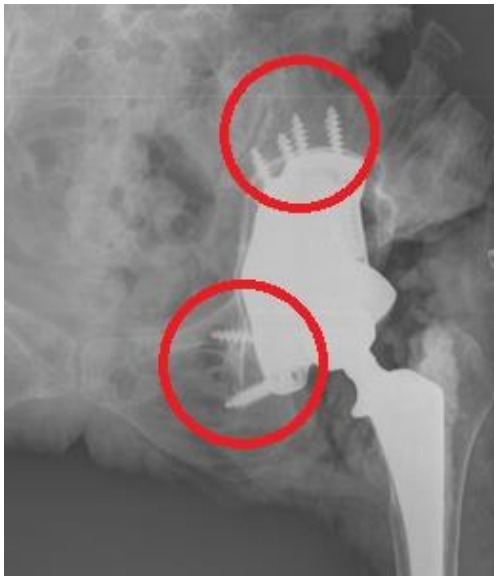


Рисунок 93 – Визуализация данных МСКТ таза: а) 3D-модель костей таза; дефект области вертлужной впадины замещен индивидуальным 3-фланцевым имплантатом; б) 3D-модель костей таза; фланец на подвздошную кость полностью убран, фланцы на седалищную и лобковую кость минимальны; в) фрагмент контрольной рентгенограммы костей таза в переднезадней проекции с центрацией на лонное сочленение; замещена индивидуальным имплантатом левая вертлужная впадина, точность проведения винтов говорит о правильно позиционированном индивидуальном имплантате (выделены красным)

Однако после согласования с оперирующим хирургом принято решение в пользу конструкции без фланца, с опорой на подвздошную кость, как показано на рисунке 93 б.

Планировалось, что предложенная конструкция потребует меньшего оперативного доступа, а сохранившийся надацетабулярный массив позволит провести больше, не 2, а 4, более длинных винтов в передне-заднем направлении, что увеличит первичную фиксацию имплантата.

Такой подход позволил снизить объем индивидуального имплантата, уменьшить объем операционной раны и не скелетировать избыточно скомпрометированную кость, за счет наличия импактора сделать его более управляемым интраоперационно при установке, что дает определенную свободу в отношении позиционирования имплантата. При этом соблюдается следующая последовательность установки: надежно фиксированный на импакторе индивидуальный имплантат сначала заводят с сопоставлением подвздошной кости, а затем без значительных усилий импактируют дистальную часть конструкции (рисунок 93 в).

6.2 Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием индивидуальных имплантатов

Установка индивидуального имплантата требует значительного удаления рубцовой ткани области вертлужной впадины и дефекта, что связано с рисками повреждения крупных сосудов. Поэтому в случае дефекта передней стенки или колонны вертлужной впадины имеет смысл проведения МСКТ с контрастированием сосудов. Это позволяет окончательно верифицировать дефект вертлужной впадины, определить классификационные признаки, протяженность дефекта, качество костной ткани и учитывать близость важных анатомических образований.

Необходимо отметить последовательность этапов выделения дефекта от рубцов:

– визуализируется седалищная кость в месте соединения с вертлужной впадиной, оценивается ее дефект и состояние костной ткани;

– затем выделяется верхняя ветвь лонной кости и оценивается зона перехода между лонной и седалищной костями в зоне вертлужной впадины;

– выделение заднего края удобнее выполнять сверху операционного доступа по часовой стрелке; затем передний край выделяется против часовой стрелки;

– верифицируя дно вертлужной впадины, определяется ограниченность дефекта, что важно с точки зрения возможности проведения импакционной костной пластики.

Большое значение имеет наличие стерильной пластиковой модели костей таза с дефектом, распечатанной на 3D-принтере, которая поставляется вместе с имплантатом (рисунок 94). Это позволяет сравнить верифицированный дефект на модели с картиной, которая предстанет интраоперационно. Таким образом, можно корректировать геометрию дефекта области вертлужной впадины под индивидуальный имплантат, а также планировать костную пластику.

Таким образом, мы добиваемся установки индивидуального имплантата в соответствии с предоперационным планом. Однако при неограниченных и протяженных ограниченных дефектах применение конструкций без фланцев невозможно; как правило, это бывает при неоднократной ревизии в сочетании с тяжелым остеопорозом у пациентов пожилого возраста. В этом случае мы проводили значительную костную аллопластику области вертлужной впадины (рисунок 95).

При первичном ЭТБС с применением индивидуальных имплантатов, как правило, проблем с позиционированием имплантата не возникало, так как в большинстве случаев они имели простую геометрию и необходимость в проектировании фланцев отсутствовала.

Рисунок 94 − Фотография пластиковой модели костей таза. Видны посттравматический дефект области надацетабулярного массива, винты и пластина. При планировании пластина использовалась как навигационный ориентир

Рисунок 95 − Фрагмент рентгенограммы таза пациента в передне-задней проекции с центрацией на лонное сочленение; замещенный эндопротезом левый тазобедренный сустав с использованием индивидуального имплантата; объем костной аллопластики (выделено красным кругом) более 130 $см^{3.}$

При первичном ЭТБС возможно применять имплантаты, состоящие из двух компонентов; отдельно замещается дефект области вертлужной впадины предложенным Новосибирским НИИТО имплантатом (патент № 2713519 «Устройство для замещения дефектов костей вертлужной впадины», заяв. № 2018128064) в сочетании с многодырчатой индивидуальной сферической чашкой (рисунок 96).

В ряде клинических случаев не требовалось отдельного замещения дефекта вертлужной впадины; была возможность спроектировать имплантаты простой сферической геометрии с заданным направлением винтов, как правило, при этом имеется дефект дна вертлужной впадины в сочетании с дефектом типа III по AAOS, который замещали остеопластикой (рисунок 97).

При первичном ЭТБС используются имплантаты с фланцами, если ранее на вертлужной впадине проводились хирургические манипуляции, такие как синтез вертлужной впадины винтами и пластинами на фоне тяжелого остеопороза. При этом мы рекомендуем не удалять металлоконструкции из области вертлужной впадины, а принять их в качестве навигационного ориентира при установке индивидуального имплантата. Проектирование индивидуального имплантата рекомендуем проводить с выемками под имеющиеся металлоконструкции таким образом, чтобы был соблюден принцип комплементарности. Направление проведения винтов рекомендуем определить на этапе предоперационной подготовки с использованием заранее спланированных индивидуальных направителей (рисунки 98–99).

Наиболее удобными являются направители с заданным углом не менее 45° по отношению к горизонтальной плоскости (плоскости операционного стола), так как доступ к горизонтальнее направленным отверстиям ограничивается длиной сверла, внутренним размером чашки и операционным доступом. При предоперационном планировании необходимо учитывать, что длина винта может быть ограничена внутренним диаметром впадины. Данная проблема частично решается за счет использования сверла на кардане или отказа от индивидуальных направителей. При этом рекомендуется фиксировать сначала наиболее доступные

винты, а затем осуществлять фиксацию в наиболее труднодоступных направлениях, при которых можно нарушить первичную стабильность конструкции.

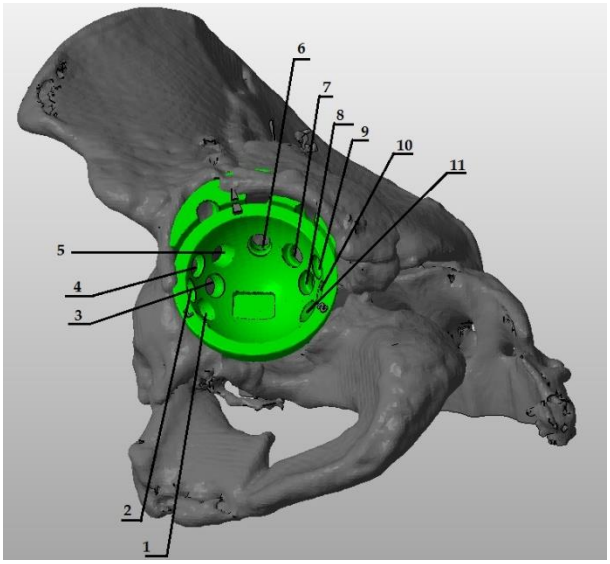


Рисунок 96 − 3D-модель костей таза с посттравматическим дефектом области вертлужной впадины: индивидуальный имплантат состоит из двух компонентов; первым этапом замещен дефект надацетабулярного массива, вертлужная впадина замещена индивидуальной многодырчатой чашкой

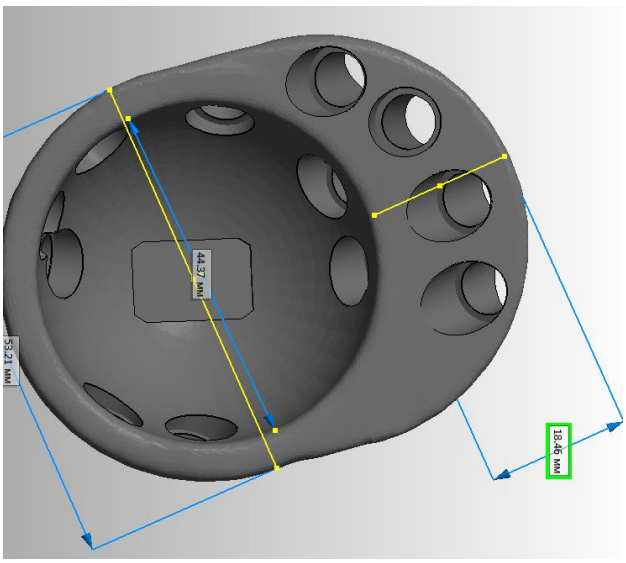


Рисунок 97 – 3D-модель индивидуального имплантата простой геометрической формы без фланцев

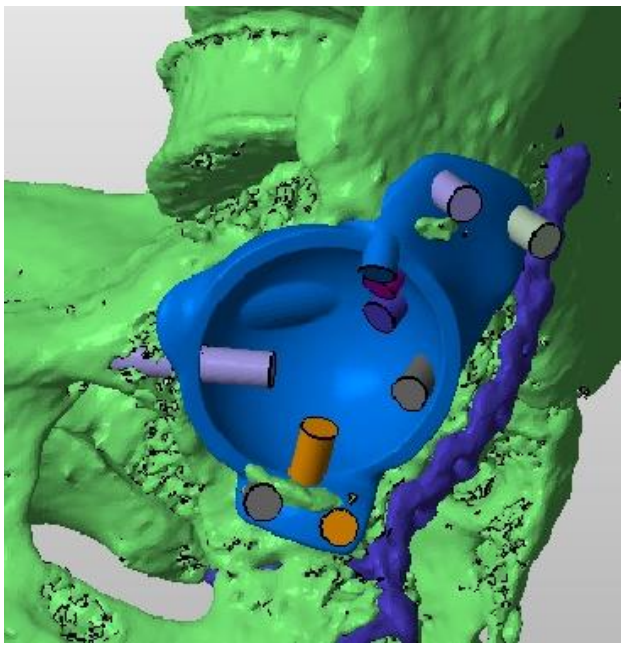


Рисунок 98 − 3D-модель костей таза. Задний край вертлужной впадины слева синтезирован пластиной. Попытка устранить разобщение костей таза имплантатом с фланцами с проведением трех винтов от лобкового симфиза по направлению к подвздошной кости

Рисунок 99 − Фотография пластиковой модели костей таза: внутри индивидуального имплантата располагаются индивидуальные пластиковые направители для проведения винтов

Зачастую первые индивидуальные имплантаты устанавливали по принципу «свободная рука», имплантацию осуществляли костными насадками, при этом манипуляции с индивидуальной конструкцией были затруднены. В ФГБУ ННИИТО было предложено выполнять в индивидуальном имплантате технологическое отверстие с резьбой под стандартный импактор (рисунок 100), что значительно повысило удобство в установке индивидуального имплантата и свело к минимуму контакты рук хирурга с имплантатом. Необходимо отметить невозможность вращательной установки имплантата против часовой стрелки. В этом случае происходило раскручивание правого резьбового соединения, что можно рассматривать как недостаток этого технического решения.

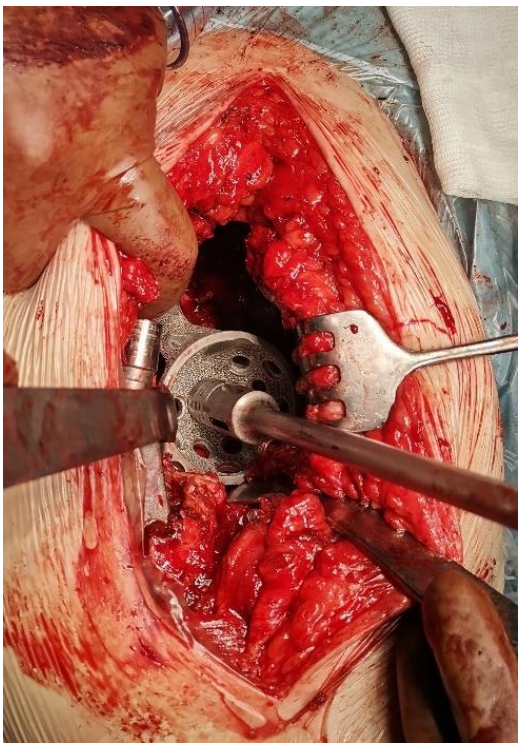


Рисунок 100 − Интраоперационная фотография. Индивидуальный имплантат, закрепленный на стандартном импакторе, устанавливается в дефект вертлужной впадины

Одним из важнейших условий формирования поверхности индивидуального имплантата является возможность врастания костной ткани в пористую структуру индивидуального импланта. Размер и структура поры поверхности индивидуального имплантат являются определяющими при взаимодействии с костной тканью с точки зрения первичной и последующей биологической фиксации индивидуального имплантат [233].

Отсутствие единого подхода к определению размера и геометрии пористой структуры имплантата, в первую очередь, связано с исследованием костной ткани различных анатомических зон – нижняя и верхняя конечности, кости лицевого и мозгового черепа – поскольку костная ткань в зависимости от органоспецифичности отличается по своей макро- и микроархитектонике [213]. Кроме обеспечения стабильной биологической фиксации вертлужного компонента, важным условием для достижения хорошего функционального результата является восстановление механических параметров оперированного сустава, близких к здоровой контралатеральной стороне.

Для анализа результатов лечения пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины, у которых применялись индивидуальные имплантаты, было предпринято следующее исследование.

В ФГБУ «ННИИТО им Я.Л. Цивьяна» было предпринято двухэтапное исследование, в ходе которого была определена оптимальная структура и размер поры на поверхности индивидуальных имплантатов. Первым этапом был проведен эксперимент для определения оптимального размера и формы пор титанового покрытия для имплантатов. Образцы пористых имплантатов с различным размером поры поверхности получали методом прямого лазерного спекания из порошка титанового сплава Ti-6Al-4V.

Для экспериментальной работы были изготовлены 20 образцов с различным размером пористой поверхности: 4 серии, состоящих из 5 пластинок (10 мм × 10 мм × 5 мм) (таблица 23). Проведен эксперимент in vitro по определению способности проникновения живых фибробластов в структуру поры различной величины, эксперимент проведен совместно с Федеральным исследовательским центром фундаментальной и трансляционной медицины г. Новосибирска.

Образцы металлоконструкций, напечатанные на 3D-принтере, заселяли фибробластами (культура живых фибробластов человека), затем окрашивали флуоресцентными красителями Hoechst 33342 (окрашивает ядра), DiOC6 (окрашивает митохондрии) и Propidium Iodide (PI, окрашивает ядра некротических клеток). Интенсивность флуоресценции фиксировали с помощью конфокального микроскопа LSM710 (Carl Zeiss), оценивали среднюю интенсивность флуоресценции (Mean RFU) для каждого среза по оси Z (глубине, мкм), глубина исследования – до 2 мм. По окончании срока инкубации среду в ячейках камеры заменяли на FluoroBrite DMEM Media (Gibco, США), содержащую флуоресцентные красители: 5 мкг/мл DiOC6, 5 мкг/мл Hoechst 33342, 1 мкг/мл Propidium Iodide (производитель: Sigma, Германия). Инкубировали 30 минут. Заменяли среду на свежую FluoroBrite DMEM Media (Gibco, США) и анализировали на конфокальном микроскопе LSM710 (Carl Zeiss)

в режиме z-stack. Обработку фотографий проводили с использованием алгоритмов программы Fiji ImageJ software (NIH, USA).

Таблица 23 – Характеристика исследуемых образцов

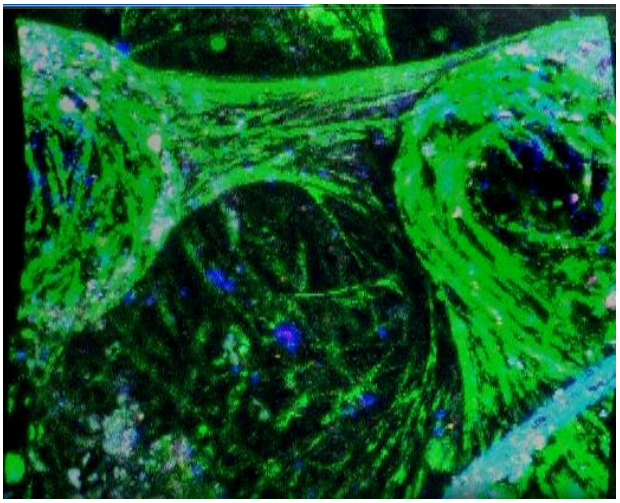
Номер образца	Размер поры, микрон (мкм)	Глубина пористости	Размер образца (длина × ширина × высота)
1	200-299	4 мм	10 мм × 10 мм × 5 мм
2	300-399	4 мм	10 мм × 10 мм × 5 мм
3	400-499	4 мм	10 мм × 10 мм × 5 мм
4	500-599	4 мм	10 мм × 10 мм × 5 мм
5	600-699	4 мм	10 мм × 10 мм × 5 мм

Совместно с НИИЭКМ (г. Новосибирск) проведен эксперимент in vitro по изучению способности проникновения живых фибробластов в структуру поры различной величины. Полученные результаты подвергнуты статистическому анализу (таблица 24).

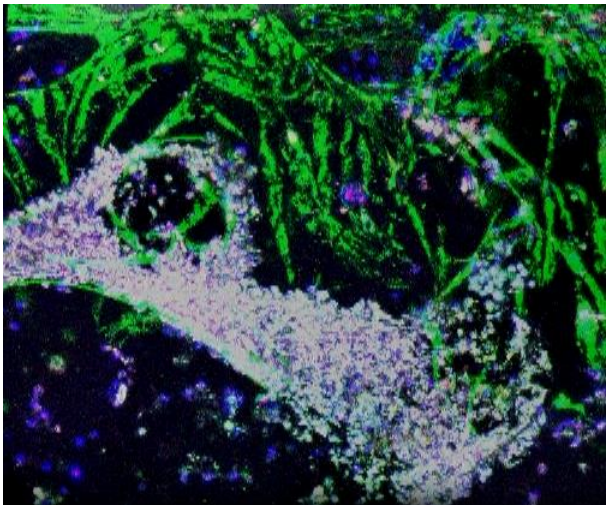
На рисунке 101 а представлены данные конфокальной микроскопии поверхности имплантата в объемном варианте визуализации: образец № 3 (400–499 мкм) – отмечается равномерно, однородное расположение живых фибробластов на глубине до 2 мм, при этом на рисунке 101 б представлены данные конфокальной микроскопии образца № 2 (300–399 мкм) – наблюдаем неравномерное, преимущественно по краям поры, распределение живых фибробластов на глубине до 2 мм в структур поверхности образца.

Таблица 24 − Результаты эксперимента по изучению способности проникновения живых фибробластов в структуру поры различной величины

Номер образца	Размер поры, мкм	Максимальная глубина заселения имплантата культурой, мкм	Равномерность заселения на глубине 200 мкм	Окраска митохондрий DiOC6, условная единица	Условное соотношение живых / некротических клеток (Hoechst / Propidium Iodide)
1	100-299	50	равномерное	1	½
2	300-399	50	неравномерное	1	1/1,8
3	400-499	до 250	равномерное	Интенсивность флуоресценции в 2 раза выше	1/1,3
4	500-599	300	равномерное	1	1/1,6
5	600-699	до 400	неравномерное	1	1/1,7



а) образец № 3 – 400–499 мкм предлагаемый вариант; зеленым цветом прокрашены живые фибробласты



б) образец № 2 – 300–399 мкм; зеленым цветом прокрашены живые фибробласты

Рисунок 101 – Данные конфокальной микроскопии в объемном варианте исполнения

Учитывая полученные в эксперименте in vitro результаты, отмечаем наилучшую проникающую способность для живых фибробластов человека в образце № 4 с размером поры 400–499 мкм. Данный образец в эксперименте равномерно заселяется живыми фибробластами на глубине до 2 миллиметров, при этом клетки остаются жизнеспособными с вероятностью в 2 раза выше в сравнении с другими образцами.

Для оценки результатов применения индивидуальных имплантатов с вышеописанными свойствами покрытия был предпринят второй этап исследования. В клинической части исследования был применен описанный в главе 5 подход к способу замещения посттравматического дефекта, предоперационному планированию и восстановлению механических параметров оперированного сустава.

Группа исследования составила 30 клинических случаев при замещении индивидуальными имплантатами посттравматических дефектов вертлужной впадины типа III и IV по AAOS. Всем пациентам были имплантированы индивидуальные конструкции, изготовленные методом прямого лазерного

спекания из порошка титанового сплава Ti-6Al-4V, с заданной структурой поры и размерами пор 400–499 мкм.

Среднее время оперативного вмешательства составило 96,74±43,57 минут, интраоперационная кровопотеря – 392,39±198,6 мл. В течение 6 месяцев после оперативного вмешательства ревизионных вмешательств по поводу расшатывания компонентов или рецидивирующего вывиха не потребовалось.

Через 6 месяцев после проведения оперативного лечения оценивались признаки биологической фиксации индивидуального имплантата по методике Milan S. Moore и соавт. (2006) [161].

Данная методика оценки биологической фиксации вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава подразумевает проведение анализа по пяти рентгенологическим признакам (таблица 25).

Таблица 25 − Распределение количества рентгенологических признаков изменения костной ткани области вертлужной впадины, соответствующих биологической фиксации индивидуального имплантата в выборке

Количество Rg-признаков биологической фиксации костной ткани	Пациенты (n=30)	% соотношение
5	4	13,2%
4	10	33%
3	12	39,6%
2	2	6,6%
1	2	6,6%

Таким образом, по истечении года после оперативного вмешательства 86,8% пациентов имели 3 и более рентгенологических признаков, что говорит об отсутствии расшатывания индивидуальных компонентов области вертлужной впадины.

Milan S. Moore и соавт. в свой работе доказали, что имплантаты с наличием трех и более критериев биологической фиксации не имеют признаков расшатывания.

Динамику восстановления анатомических взаимоотношений проводили по данным рентгенограмм и данных МСКТ до операции и через 6 месяцев после оперативного лечения (таблица 26).

Таблица 26 − Смещение анатомических показателей по сравнению со здоровым контралатеральным суставом в мм

Показатель	Значение до операции	Значение через 6 месяцев после операции
Вертикальное смещение	12,89±12,42	3,72± 3,69
Горизонтальное смещение	11,09±12,93	5,87 ±3,96
Переднезаднее смещение	8,41±7,81	2,09 ± 1,21
Офсет	7,37±8,54	4,2 ±2,85

Полученные результаты доказывают, что благодаря рациональному предоперационному планированию и использованию индивидуальных имплантатов было достигнуто максимально точное восстановление механических параметром оперированного сустава относительно здорового контралатерального сустава.

В исследуемой группе (n=30) оценивали показатели ВАШ, результаты опросников Harris, SF-36 в динамике – до оперативного лечения, и через 6 месяцев после оперативного вмешательства, результаты приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Функциональные результаты лечения пациентов с имплантацией индивидуальных конструкций

Показатель		До операции	Через 6 мес. после операции	Внутригрупповое сравнение, U-критерий Манна – Уитни	
		Me [Q1; Q3]	Me [Q1; Q3]	различие [95% ДИ]	p-уровень
ВАШ, баллы		8 [7; 8]	2,5 [2; 3]	0-1: -3,5 [-4; -3] 0-2: -5 [-5,5; -4,5] 1-2: -1,5 [-2; -1]	0-1:<0,001* 0-2:<0,001* 1-2:<0,001*
Harris, баллы		48[38,25; 52]	75 [73,25; 78]	0-1: 57[48;61,5] 0-2: 56,5[46;60,5] 1-2: -1,5[-6;4,5]	0-1:<0,001* 0-2:<0,001* 1-2:<0,469
SF-36, %	РН	27,5 [24; 29,75]	65,5[61;71]	0-1: 26 [22; 29] 0-2: 39,5 [32; 43] 1-2: 12,5 [8,5; 15,5]	0-1:<0,001* 0-2:<0,001* 1-2:<0,001*
	МН	31,5 [29,25; 35]	67 [65; 69,75]	0-1: 27,5 [25; 30] 0-2: 33,5 [28; 39] 1-2: 8,5 [4,5; 11,5]	0-1:<0,001* 0-2:<0,001* 1-2:<0,001*

В исследуемой группе (n=30) отмечено значительное снижение показателей ВАШ с 7,4 до 2,7 через 6 месяцев после оперативного лечения с применением индивидуальных имплантатов (в среднем на 47%), что говорит об эффективном снижении болевого синдрома. Оценка данных в динамике шкалы Harris показала, что за 6 месяцев среднее значение увеличилось с 48 до 75 баллов (в среднем на 23%), что характеризуется как отличные и хорошие результаты. Опросник SF-36 также показал значительный рост качества физического и психического здоровья: средние показатели РН увеличились на 46,7%, МН – на 38%.

При планировании индивидуальных конструкций следует придерживаться следующих рекомендаций:

- при технической возможности планировать три точки опоры (лонная кость, седалищная кость, подвздошная кость);
- вводить винты под углом не менее 35–45° к горизонтальной плоскости;
- использовать стандартный импактор для фиксации имплантата;
- изготавливать стерильную пластиковую модель костей таза;
- заранее планировать длину винтов и сопоставлять ее с внутренним диаметром впадины.

6.3 Метод интраоперационной навигации

К основным трудностям, с которыми сталкивается хирург при проведении оперативного вмешательства у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины, относятся дефицит опороспособной костной ткани в области вертлужной впадины, значительное нарушение анатомии сустава.

Все вышеперечисленное в ряде случаев не позволяет провести имплантацию стандартного вертлужного компонента. В современной ортопедии существуют различные варианты реконструкции и замещения дефектов вертлужной впадины. К ним относятся использование структурных костных аллотрансплантатов, различных опорных аугментов из трабекулярного металла, антипротрузионных конструкций и систем cup-cage, а также индивидуальных

вертлужных имплантатов различных модификаций и конструкций, изготовленных с использованием аддитивных технологий [46, 72,230].

Главными задачами при проведении предоперационного планирования являются адекватный выбор имплантата для обеспечения прочной первичной фиксации и воссоздания правильной биомеханики сустава, а также необходимость и возможность использования костной пластики для замещения дефекта костной ткани [141].

Несмотря на хорошие результаты использования индивидуальных имплантатов, сохраняется довольно высокий процент осложнений, таких как вывихи бедренного компонента от 4% до 30% [225], миграция и перелом фиксирующих винтов и, как следствие, асептическое расшатывание вертлужного компонента и необходимость ревизионного вмешательства.

Ряд авторов интраоперационно отмечает тот факт, что индивидуальный имплантат не соответствует дефекту костной ткани и приходится либо вручную дорабатывать компонент, либо увеличивать дефект, либо вообще отказаться от использования имплантата. По данным А.Н. Коваленко и соавт., при проведении послеоперационного контроля в 75% (15 из 20) случаев авторы отмечают положение имплантата, не соответствующее запланированному предоперационно [15].

Практически во всех современных исследованиях, посвященных использованию индивидуальных имплантатов, отмечается проблема интраоперационной ориентации и позиционирования компонента. Таким образом, для достижения хорошего клинического и функционального результата требуется тщательное предоперационное планирование и моделирование имплантата, а также интраоперационный контроль положения и навигация.

Интраоперационно можно использовать компьютерную навигацию, роботизированную ассистенцию, однако в случаях значительного изменения анатомии вертлужной впадины не всегда достаточно точно можно позиционировать индивидуальный имплантат согласно предоперационному планированию.

В основе использования направляющих устройств навигации и интраоперационного контроля лежит принцип ориентации на неподвижные анатомические образования. Недостатком такого принципа является то, что при использовании МСКТ или МРТ не всегда возможно определить плотность костной ткани, что может привести к некорректной (отличной от запланированной) установке пинов и невозможности использования направителя. Также наличие оссификатов и рубцовых тканей может привести к невозможности установки направителя в запланированное положение.

Для решения данной задачи в клинике ФГБУ ННИИТО разработан комбинированный двухэтапный способ интраоперационной навигации для позиционирования индивидуального вертлужного компонента, основанный на теории, что предустановка неподвижных объектов известной (отличной от любых костных образований) позволяет правильно позиционировать имплантат путем изготовления направителя для установки. Основной концепцией нашего метода является сочетание всех разработанных ранее методик предоперационного планирования и интраоперационного контроля позиционирования.

Для осуществления интраоперационного контроля используем метод контурной пластики, в операционной имеется пластиковая стерильная 3D-модель таза и имплантата. Способ осуществляется следующим образом: первым этапом пациенту проводится оперативное вмешательство − транскутанная установка трех канюлированных винтов диаметром 4,5 мм под ЭОП-контролем в область надацетабулярного массива. Данное оперативное вмешательство должно быть максимально атравматичным, чтобы минимизировать риск развития септических осложнений последующего эндопротезирования. Целью имплантации винтов является создание трех ориентиров, значительно по плотности отличающихся от костной и рубцовой ткани. Винты вводятся строго вне предполагаемого операционного доступа с достижением их прочной фиксации в подвздошной кости (рисунок 102).

После транскутанного введения винтов выполняется МСКТ с созданием объемной модели таза с анализом плотности костной ткани по шкале

Хаунсфилда. Далее в соответствии с заявленным способом проводится предоперационное планирование и моделирование индивидуального имплантата с использованием в качестве ориентира трех навигационных винтов (рисунок 103).

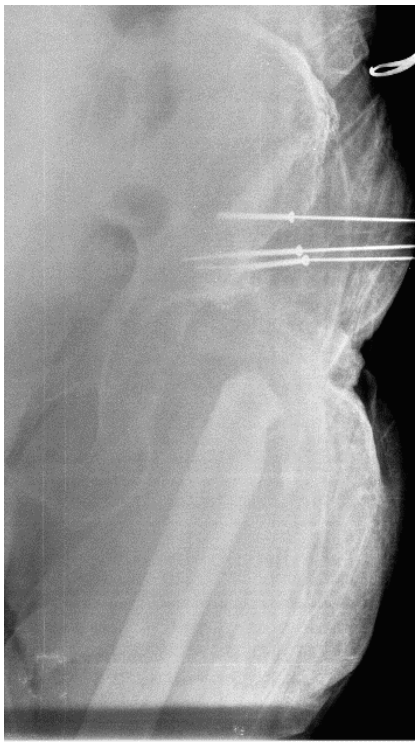


Рисунок 102 – Интраоперационная рентгенограмма применения навигационного способа

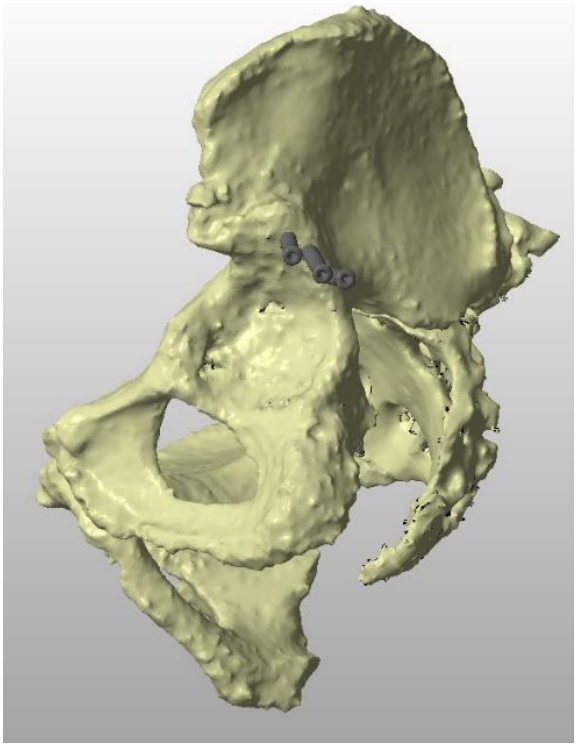


Рисунок 103 – Внешний вид 3D-модели с предустановленными анвигационными винтами

При этом часть индивидуального имплантата (фланец области надацетабулярного массива – навигационный фланец) ориентируется относительно винтов таким образом, чтобы константные ориентиры – винты – служили ограничителями для фланца. Данный способ можно использовать вариативно: фланец можно упирать в винты, возможно подвешивать фланец на винты либо, предварительно удалив винты и приложив индивидуальный имплантат, провести фиксирующие винты большего диаметра через отверстия фланца (рисунки 104–105).

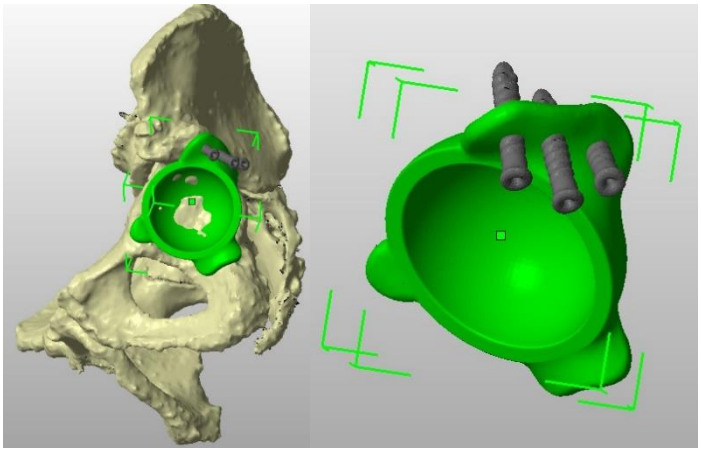


Рисунок 104 – Внешний вид 3D-модели с индивидуальным вертлужным компонентом

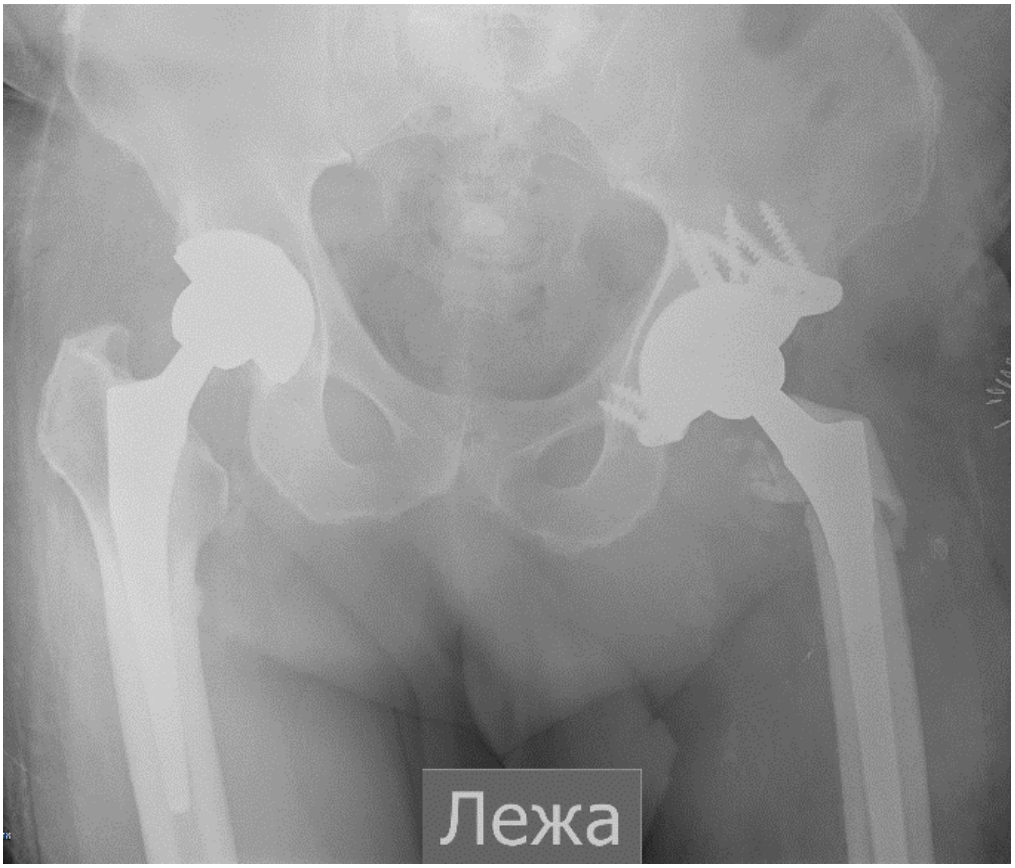


Рисунок 105 – Послеоперационная рентгенограмма таза с тазобедренными суставами в прямой проекции. Индивидуальный вертлужный компонент был установлен с использованием разработанного способа двухэтапной интраоперационной навигации

Вышеизложенный способ не лишен недостатков. В первую очередь, это необходимость двухэтапного оперативного лечения, что увеличивает койко-день, требует проведения дополнительного анестезиологического пособия и сопровождается возможным увеличением риска послеоперационных септических осложнений. Предложенный способ рекомендуется к использованию только в ситуациях обширных дефектов костной ткани и значительного патологического изменения анатомии вертлужной впадины, когда планируется использование индивидуального имплантата сложной геометрии.

Клинический пример № 8

Пациентка П., 62 лет, обратилась в клинику эндопротезирования в 2017 г. Со слов пациентки, в июле 2016 г. она попала в дорожно-транспортного происшествие, находясь на пассажирском сидении легкового автомобиля, произошло лобовое столкновение с автобусом. Бригадой скорой медицинской помощи доставлена в дежурный травматологический стационар, где диагностирован перелом лонной, седалищной костей слева, перелом боковых масс крестца слева, перелом дна, заднего края левой вертлужной впадины с медиальным смещением головки левой бедренной кости. По классификации AO/OTA тип перелома костей таза оценен как 61 C1.3, перелом вертлужной впадины – как 62 B3.1. Проводилось лечение скелетным вытяжением за бугристость большеберцовой кости в течение 3 недель, после чего пациентка была активизирована и выписана на амбулаторное лечение.

С течением времени у пациентки сохранялись жалобы на боли, выраженное ограничение движений в левом тазобедренном суставе, укорочение левой нижней конечности. При обращении пациентки в поликлинику диагностирована консолидация переломов лонной, седалищной костей, боковых масс крестца, формирование ложного сустава заднего края, дна вертлужной впадины. Пациентке рекомендовано тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава.

При первичном осмотре: ходит с опорой на ходунки, без нагрузки на левую нижнюю конечность, темп ходьбы снижен до 15 шагов в минуту, хромает на левую ногу. Правый коленный сустав в положении сгибания – до 160 гр., опора больше на передние отделы стопы справа, полную стопу слева. В положении лежа: левая нижняя конечность в положении наружной ротации. Проба «поршня» отрицательная. Грубых деформаций таза, конечностей не отмечается, симптомы Ларрея, Вернейля отрицательные. Длина конечностей: относительное укорочение левой нижней конечности до 3 см. По передней поверхности левой голени гипотрофия подкожно-жировой клетчатки и легкая пигментация кожи по передней поверхности.

Объем движений в тазобедренных суставах: отведение справа – 40 гр., слева – 5 гр.; сгибание справа – 90 гр., слева – 80 гр.; разгибание справа – 0 гр., слева – 0 гр.; наружная ротация справа – 15 гр., слева – 0 гр., внутренняя ротация справа – 10 гр., слева – 0 гр. При нагрузке умеренно выраженный болевой синдром слева. Периферических сосудистых, неврологических, двигательных расстройств нет.

24.10.2018 госпитализирована с диагнозом: левосторонний посттравматический коксартроз 3 стадии, ложный сустав передней колонны, дна, задней стенки вертлужной впадины слева с дефектом костной ткани. Нарушение функции сустава 3 степени. Не опорная левая нижняя конечность. Укорочение левой нижней конечности 2,5 см. Синдром левосторонней коксалгии (рисунок 106).

Для определения характера и объема дефекта костной ткани левой вертлужной впадины с целью предоперационного планирования пациентке было проведено МСКТ таза, на которой было выявлено наличие дефекта вертлужной впадины Pelvic Discontinuity по классификации W.G. Paprosky. Данная классификация была выбрана нами в связи с ее распространенностью, кроме того, данная классификация позволяет определить тактику оперативного лечения согласно алгоритму, предложенному авторами.

Рисунок 106 − Рентгенография таза пациентки при поступлении

Учитывая дефицит опороспособной костной ткани в области вертлужной впадины, неограниченный дефект в передне-заднем направлении, использование стандартного вертлужного компонента для первичного эндопротезирования было бы невозможно. Было принято решение о проведении тотального эндопротезирования с использованием индивидуального вертлужного компонента, для чего был использован метод реконструкции дефектов вертлужной впадины с использованием аддитивных технологий.

На основании выполненной МСКТ, используя программное обеспечение, мы получили 3D-реконструкцию области дефекта. Данный процесс провели следующим образом. После загрузки проекта в DICOM-формате отрегулировали плотность, провели построение триангулярной сетки, которая является каркасом будущей модели. Готовая модель в формате STL представляет собой множество треугольных граней, которые описывают его поверхность в виде триангулярной сетки. Фактически трехмерное тело описывается набором замкнутых оболочек, разделяющих пространство на внешнее и внутреннее по отношению к рассматриваемому предмету. Каждая оболочка состоит из набора граней,

ограниченных набором ребер. После конвертации данных томографии в формат STL модель не идеальна, она имеет множество пробелов, разрывов и деформаций. Поэтому на данном этапе провели исправление сетки, ребер и полигонов, закрыли отверстия, развернули плоскости в одну сторону, соединили ребра. После получения 3D-модели было определено правильное позиционирование модели с использованием виртуальных линеек.

Вторым этапом провели анализ состояния костной ткани по шкале Hounsefield (шкала поглощения рентгеновского излучения). На рисунке 107 видно, что объем дефекта растет с увеличением плотности костной ткани, что свидетельствует о том, что опороспособной костной ткани на самом деле меньше, чем определяется на рентгенограмме, и окончательно оценивается хирургом визуально во время оперативного вмешательства.

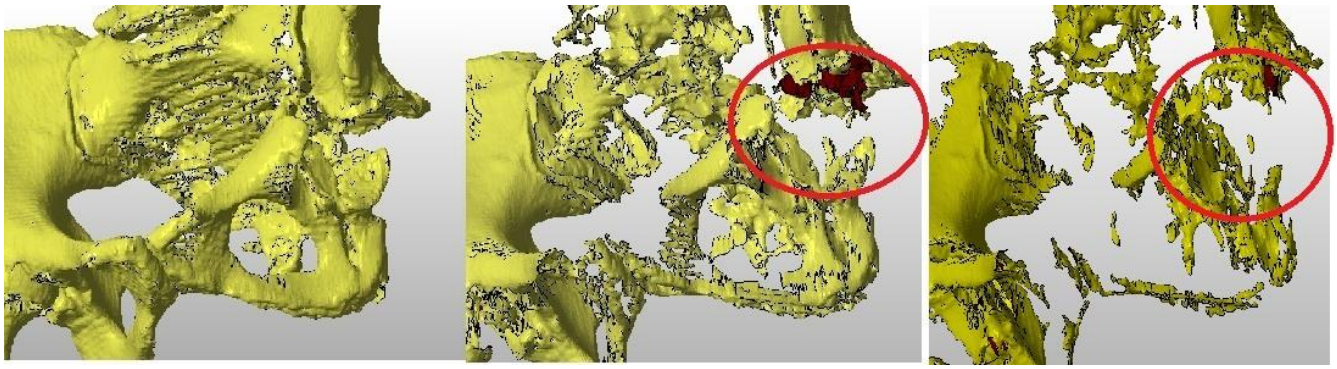


Рисунок 107 − Вид 3D-реконструкции таза в различных плотностных режимах (более 250 HU, более 400 HU и более 478)

По литературным данным известно, что нормальная плотность губчатой кости вертлужной впадины составляет 250–400 HU, при погрешности около 10%, связанной с погрешностью томографа и изменениями, появляющимися при переводе данных в 3D-модель.

С учетом полученных результатов моделирования и анализа плотности костной ткани в плотностном режиме от 478 до 2132 единиц HU определили форму, объем и геометрию дефекта. После установки таза в правильное положение и определения плотности костной ткани, модель таза разделили на три

составные части (крестец, правая и левая половины таза), учитывая объем и площадь модели.

Вертлужная впадина сформирована из лонной, подвздошной и седалищной костей, которые закладываются обособленно при рождении и с возрастом сливаются. Если эти кости виртуально разъединить по линии срастания можно оценить объем и площадь каждой по отдельности и сумму их площадей. Конвертируя значение объема ($см^3$) в процентное соотношение, по значению двух менее поврежденных элементов (крестец и левая половина таза) произвели расчет дефицита площади вертлужной впадины, объема дефектов всех частей вертлужной впадины.

Объем дефекта лонной кости составил 2,9 $см^3$, седалищной кости – 5,75 $см^3$, надацетабулярного массива подвздошной кости – 5,2 $см^3$, отсутствовала опороспособная костная ткань в области дна, переднего края и заднего края вертлужной впадины. На основании проведенного исследования было принято решение о проведении имплантации вертлужного компонента с достижением расклинивания опорных зон, с дополнительной фиксацией вертлужного компонента винтами.

Для этого третьим этапом мы провели виртуальное моделирование индивидуального имплантата. Чтобы восстановить центр ротации левого тазобедренного сустава, было решено изготовить имплантат со сложной геометрией в виде овала с двумя диаметрами: максимальный – 72 мм, минимальный – 54 мм. Внутренний диаметр имплантата составил 54 мм для создания возможности имплантации стандартного вертлужного компонента цементной фиксации.

Для обеспечения дополнительной фиксации в имплантате было сделано 13 технологических отверстий для проведения винтов, причем направление каждого винта было заложено таким образом, чтобы при проведении винт не попадал под срезывающие силы при осевой нагрузке и был бы фиксирован в максимально опороспособной костной ткани (рисунок 108).

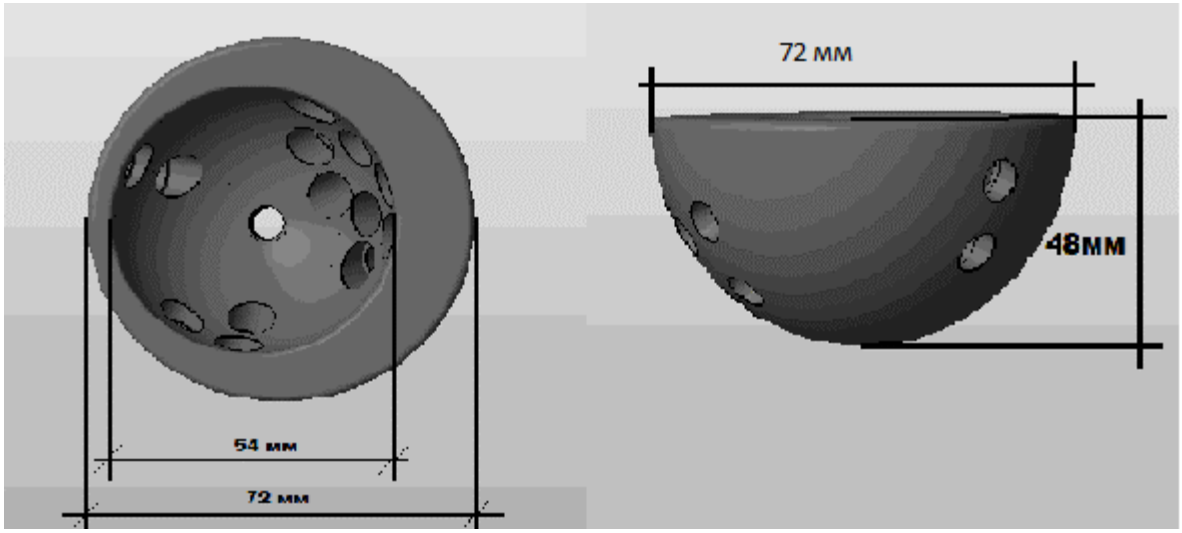


Рисунок 108 − Эскиз внешнего вида модели имплантата

Для обеспечения первичной биологической фиксации поверхность изделия, контактирующая с костью, была сделана с пористостью от 500 до 700 мкм, на глубину 1 мм. Далее провели адаптацию полученной виртуальной модели с зоной контакта «имплантат–кость» в месте костного дефекта для достижения максимальной конгруэнтности компонентов имплантата к поверхностям костного дефекта (рисунок 109).

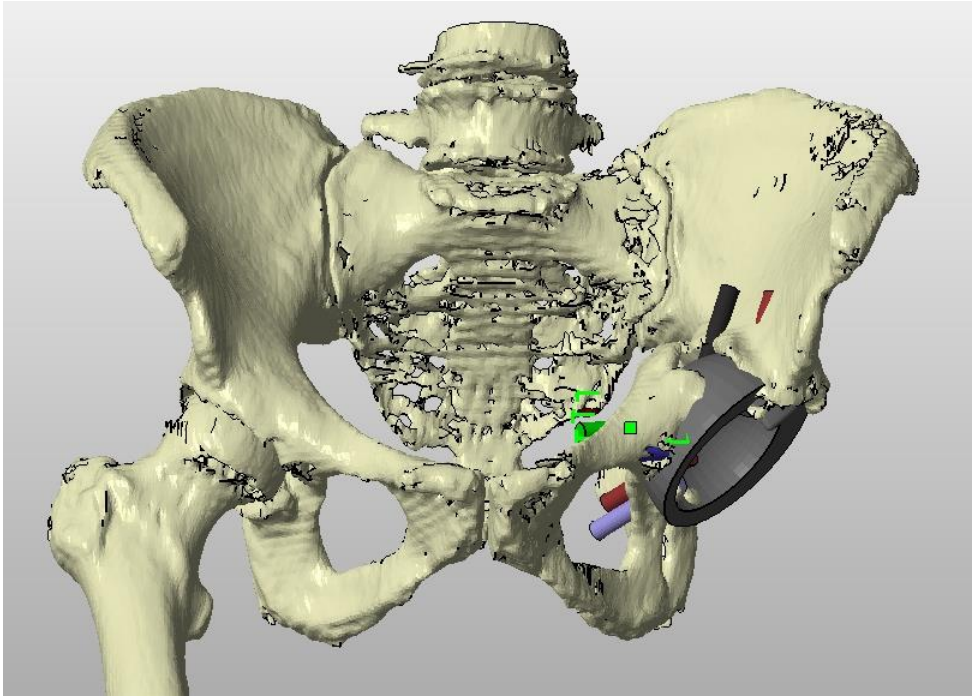


Рисунок 109 – Вид 3D после завершения моделирования

После завершения компьютерного 3D-моделирования имплантат был напечатан на 3D-принтере методом SLS-печати (селективное лазерное спекание) из титана LPN-TI64-GD23-TYPE5 по ASTM F136.

После предварительной предоперационной подготовки пациентке было проведено оперативное вмешательство в объеме эндопротезирования левого тазобедренного сустава – имплантации индивидуального вертлужного компонента, в который был фиксирован с помощью костного цемента полиэтиленовый вертлужный компонент 54 мм. Был использован бедренный компонент бесцементной фиксации для первичного эндопротезирования.

Интраоперационно объем и форма дефекта соответствовали предполагаемым. После удаления рубцовых тканей и обработки области дефекта была проведена импакционная костная аутопластика аутотрансплантатом из головки бедренной кости. Индивидуальный компонент был имплантирован согласно плану, получена стабильная press-fit фиксация. Для дополнительной фиксации были проведены 2 винта с фиксацией их в лонной и седалищной костях (рисунок 110).

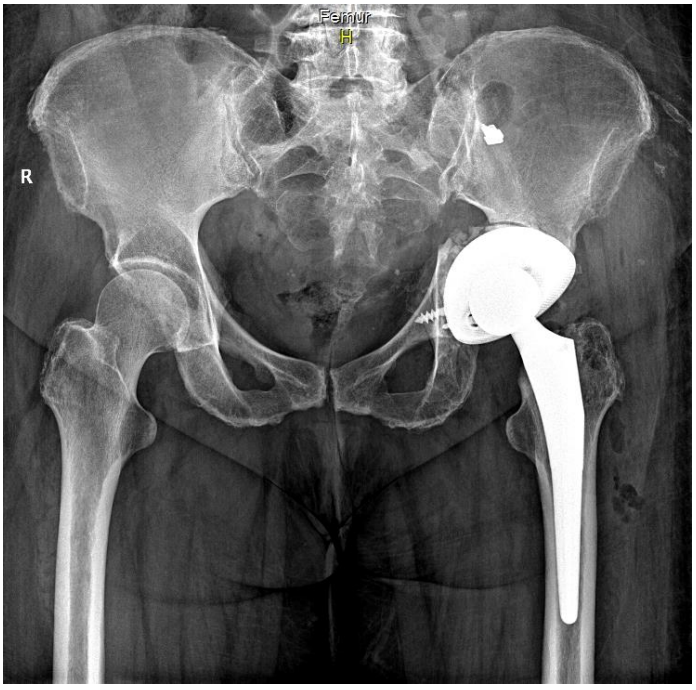


Рисунок 110 − Рентгенограмма таза с тазобедренными суставами на 3 сутки после операции

Время операции составило 95 минут, кровопотеря – 300 мл. После операции пациентка провела 12 часов в отделении реанимации. На первые сутки была активизирована и начала ходить с опорой на костыли с дозированной нагрузкой на левую нижнюю конечность. Стационарный этап лечения составил 15 койко-дней.

В раннем послеоперационном периоде провели оценку установки компонента. Для этого по рентгенограммам и МСКТ таза на 3 сутки после операции сравнили пространственное положение центра ротации, инклинацию, антеверсию вертлужного компонента, офсет, длину конечностей с планируемым до операции положением (таблица 28).

Таблица 28 – Сравнение планируемого и послеоперационного пространственного положения вертлужного компонента

Положение компонента	Офсет (мм)	Разница длины конечностей	Антеверсия	Инклинация	Вертикальное смещение центра ротации	Горизонтальное смещение центра ротации
Послеоперационное	6	2	13	36	5	-7
Планируемое	5	0	10	40	2	-5

На контрольном осмотре через 18 месяцев: объем движений в суставе – ходит с опорой на трость (необходимость во внешней опоре связана с левосторонним гонартрозом 3 ст. и выраженном синдромом гоналгии). Отмечается улучшение функциональных результатов (таблица 29).

Таблица 29 − Функциональные результаты лечения

Показатель	Шкала ВАШ	Harris Hip Score	SF36		Шкала WOMAC
			РН	МН	
До операции	7	48	38	55	48
15 сутки	2	69	65	59	15
6 месяцев	1	74	80	75	9
18 месяцев	0	88	85	80	8

Клиническая значимость переломов вертлужной впадины связана с высокой частотой встречаемости, а также с большим процентом неудовлетворительных функциональных результатов лечения. Самой частой причиной, приводящей к стойкому нарушению функции тазобедренного сустава, является развитие посттравматического коксартроза.

При проведении анализа существующих публикаций можно сделать заключение, что в настоящий момент отсутствует общепринятая классификация посттравматических дефектов. Большинство авторов используют классификацию W.G. Paprosky, так как данная классификация является не только самой распространенной, дает возможность пространственной, а не двухмерной оценки дефекта, позволяет определить тактику оперативного лечения согласно алгоритму, предложенному авторами. Данная классификация является валидной, но требует дополнительной оценки дефектов с использованием технологий 3D-моделирования на основе данных компьютерной томографии для повышения точности визуализации.

При дефектах IIIa, IIIb и Pelvic Discontinuity большинство авторов использует вертлужные компоненты бесцементной фиксации для достижения первичной биологической фиксации, дефекты костной ткани предлагается замещать с помощью различных способов остеопластики, использования опорных аугментов, комбинации этих методов. При возможности прочной фиксации компонентов рекомендуется достичь максимального восстановления центра ротации и равенства длины нижних конечностей для восстановления функции тазобедренного сустава и опороспособности нижней конечности.

С развитием современных аддитивных технологий все большее распространение получают методы использования индивидуальных имплантатов [14, 16, 22, 56, 114, 214]. Однако с развитием этого направления возникает множество вопросов, касающихся показаний к применению, дизайна, материалов имплантатов, а также способов их фиксации. В большинстве изученных публикациях авторы считают показаниями для индивидуальной имплантации наличие обширных дефектов вертлужной впадины IIIb и Pelvic Discontinuity по

классификации W.G. Paprosky, неудовлетворительное качество и сложность визуализации нативной костной ткани [197, 214].

Разработка дизайна имплантата и его печать, по данным зарубежной литературы, занимает от 3 недель до 3 месяцев [233], в конкретном клиническом случае полный цикл от визуализации и моделирования дефекта до оперативного вмешательства составил 19 дней.

В данном случае при проведении эндопротезирования необходимо было обеспечить расклинивание вертлужного компонента с опорой на три зоны: лонная кость, седалищная кость и надацетабулярный массив. При использовании стандартного полусферического компонента возникла бы необходимость в избыточной выработке костной ткани при формировании костного ложа эндопротеза, смещении центра ротации, а направление винтов не позволило бы провести их в плотную опороспособную кость, и установленные винты находились бы под избыточным воздействием срезывающих сил при осевой нагрузке, что привело бы к раннему асептическом расшатыванию.

Таким образом, при планировании дизайна индивидуального компонента перед нами стояли следующие задачи:

1) достижение стабильной первичной биологической фиксации;

2) замещение костного дефекта вертлужной впадины;

3) восстановление биомеханики сустава, близкой к противоположному тазобедренному суставу.

Для решения поставленных задач имплантат был сформирован с учетом геометрии дефекта (внешний размер овальной формы), для замещения дефекта костной ткани надацетабулярного массива и обеспечения максимальной площади контакта в зоне имплантат − сохранная опороспособная кость. Для профилактики смещения центра ротации и восстановления офсета внутренний размер был сделан сферическим и пригодным для имплантации стандартного вертлужного компонента цементной фиксации. Для обеспечения стабильной фиксации имплантат был изготовлен из титана с пористостью от 500 до 700 мкм, на глубину 1 мм. Направления отверстий для винтов были спроектированы таким образом,

что при имплантации была бы возможность провести винты во все участки костей таза, где, по предварительным исследованиям плотности костной ткани, была бы достигнута прочная фиксация в направлениях, не попадающих под срезывающие силы при нагрузке.

По мнению ряда авторов [11], имплантатами выбора у пациентов с посттравматическим дефектом вертлужной впадины являются антипротрузионные кольца, однако данный тип конструкций не обеспечивает биологической фиксации на границе «имплантат – нативная кость». В данном клиническом случае мы пытались добиться первичной биологической фиксации, чтобы эффективно заместить существующий дефект костной ткани. Вариант имплантата с наличием фланцев не проектировался, так как в этом случае возникли бы следующие сложности:

1. Направление проведения винтов в подвздошную кость было бы перпендикулярно срезывающим силам, что привело бы к избыточной нагрузке на винты и их деструкции и расшатыванию.

2. Использование фланцевых конструкций предполагает обширный хирургический доступ и сепарацию мягких тканей и надкостницы, что увеличивает травматичность вмешательства и риск септических осложнений.

3. Для адаптации седалищного, подвздошного фланцев потребовалась бы дополнительная адаптирующая резекция костной ткани.

4. Фланцевые конструкции предполагают плотную посадку на кость, при ошибке в их дизайне и изготовлении будет отсутствовать конгруэнтность, что значительно затрудняет их имплантацию и может стать причиной недостаточной стабильности фиксации.

ГЛАВА 7. ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И ПУТИ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ

В рамках данного диссертационного исследования была выдвинута гипотеза о том, что предшествующее лечение, восстановление механических параметров пораженного сустава, наиболее близкое к здоровому контралатеральному суставу, влияют не только на клинические и функциональные результаты лечения, но и на вероятность развития осложнений.

Целью данного этапа исследования явился поиск статистически достоверных предикторов осложнений. Было предпринято ретроспективное одноцентровое контролируемое исследование. Проведен ретроспективный анализ историй болезни пациентов, которым в период с 2014 по 2022 гг. проводилось тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в клинике эндопротезирования ФГБУ ННИИТО. Критериями включения в исследование были следующие параметры: возраст старше 18 лет, наличие посттравматического коксартроза 3 стадии и дефекта вертлужной впадины I и обширнее по классификации AAOS. В исследование было включено 235 пациентов. Были проанализированы процент и структура осложнений. Всего различные осложнения встречались у 32 пациентов (13,6%) в 38 случаях (16%). Структура осложнений представлена на рисунке 111.

При сравнении количества послеоперационных осложнений выявлено, что данные, полученные в ходе исследования, коррелируют с данными мировой литературы. Общее количество осложнений, а также процент осложнений, по поводу которых потребовалось ревизионное вмешательство, остаются выше, чем у пациентов, которым эндопротезирование проводилось по поводу идиопатического коксартроза.

Однако оба этих показателя, изученных в рамках данного исследования, были ниже, чем в исследованиях зарубежных авторов. Так, в исследовании M. Kelly приведены данные о 26,9% общих осложнений, в 18,2 % потребовалось ревизионное вмешательство [126]. По данным L. Zhang, процент осложнений, в

результате которых потребовались повторные оперативные вмешательства, составил 16,7%. В рамках данного диссертационного исследования было выявлено, что повторные оперативные вмешательства, как ревизионное эндопротезирование, так и хирургическая санация очагов поверхностной перипротезной инфекции, понадобились в 8,9% случаев.

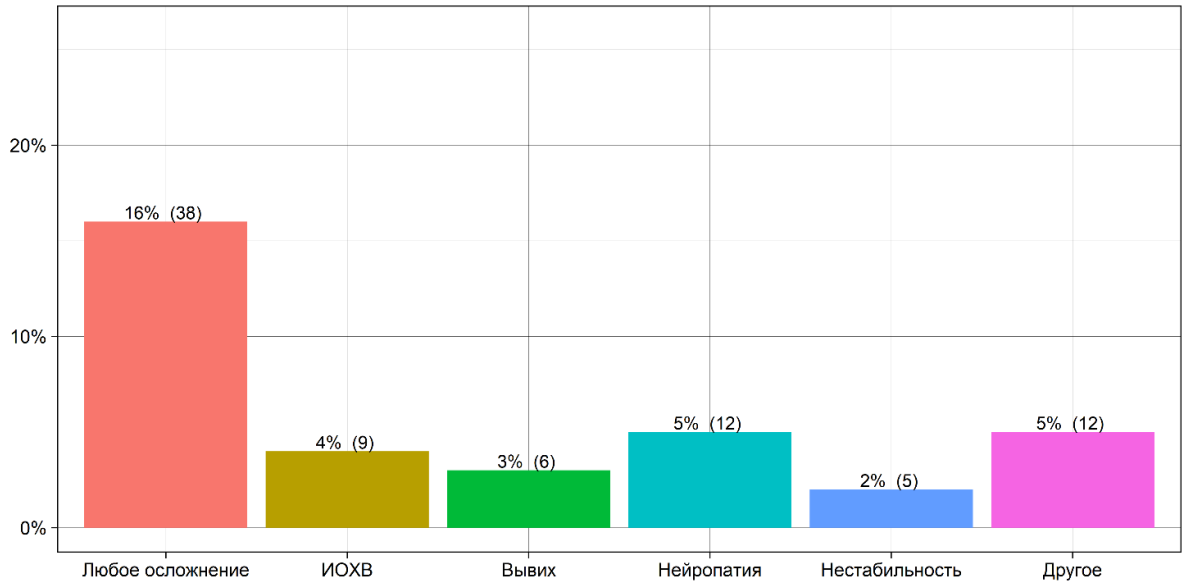


Рисунок 111 − Общая структура осложнений у пациентов, включенных в исследование

С целью определения предикторов развития осложнений и формирования путей их профилактики был проведен анализ модели логистической регрессии осложнений. Основными исследуемыми параметрами явились дооперационное смещение центра ротации: вертикальное, горизонтальное и передне-заднее; послеоперационное смещение центра ротации: вертикальное, горизонтальное и передне-заднее; бедренный офсет до и после операции.

Отдельным критерием исследования явилась корректность ранее проведенного лечения перелома вертлужной впадины. В случае, если пациенту в срок менее 14 дней после травмы был проведен стабильный остеосинтез по показаниям, значение считалось 1, если нет – 0. Некорректно проведенным лечением считали консервативное лечение с отсутствием анатомичного

восстановления суставной поверхности вертлужной впадины, неустраненный вывих головки бедренной кости, нестабильный остеосинтез либо остеосинтез, проведенный в отдаленном периоде. Анализировали тип перелома по классификации AO/OTA, тип дефекта по классификации AAOS. Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы развития осложнений.

Таблица 30 − Модели логистической регрессии осложнений у всех пациентов

Ковариаты	Однофакторные модели		Первичная многофакторная модель		Автоматическая многофакторная оптимальная модель		Искомая многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p
Вертикальное смещение центра ротации	1,04 [1,01; 1,06]	0,005*	1,02 [0,99; 1,05]	0,103	1,03 [1; 1,06]	0,024*	1,03 [1; 1,06]	0,024*
Результат по Harris до операции	0,96 [0,93; 0,99]	0,015*	0,98 [0,94; 1,01]	0,145	0,98 [0,94; 1,01]	0,122	0,98 [0,94; 1,01]	0,122
Корректность предшествующего лечения	0,29 [0,07; 0,87]	0,050	0,36 [0,08; 1,15]	0,119	0,39 [0,09; 1,21]	0,142	0,39 [0,09; 1,21]	0,142

Согласно полученным данным, путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы осложнений у всех пациентов, увеличение предиктора вертикального смещения центра ротации на *k* ед. изм. ассоциировано с повышением шансов осложнений в $1{,}04^k$ [$1{,}01^k$; $1{,}06^k$] раз.

Следующим значимым предиктором был определен уровень функции тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score до операции тотального эндопротезирования − увеличение предиктора. Результат по Harris до операции на *k* ед. изм. ассоциировано с понижением шансов осложнений в $0{,}96^k$ [$0{,}93^k$; $0{,}99^k$] раз. Корректность проведения предшествующего лечения также была отнесена к основным значимым предикторам развития осложнений, данный показатель ассоциирован с понижением шансов осложнений в 0,29 [0,07; 0,87] раз.

Следующим этапом было проведено построение многофакторной модели логистической регрессии, которое выявило, что мультипликативным значимым предиктором регрессии осложнений у всех пациентов является вертикальное смещение центра ротации (p=0.024*), а увеличение данного предиктора на *k* ед. изм. ассоциировано с повышением шансов осложнений в $1{,}03^k$ [1^k; $1{,}06^k$] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Был проведен ROC-анализ и выведена формула автоматической многофакторной оптимальной модели:

$$P(\text{осложнений}) = \exp(z)/(1+\exp(z)),$$

$$z = -1{,}11513588 + 0{,}03046207 * \text{Вертикальное смещение центра ротации} - 0.02525828 * \text{Результат по Harris до операции} - 0.94945788 * \text{Предшествующее лечение (корректность: 1 – да, 0 – нет)}, \quad (7.1)$$

где P(осложнений) − вероятность осложнений; exp(z) − функция экспоненты в степени z.

Переменные в формуле для z принимают следующие значения:

Вертикальное смещение центра ротации – абсолютное значение показателя вертикальное смещение цента ротации патологически измененного сустава по сравнению со здоровым контралатеральным суставом в миллиметрах.

Результат по Harris до операции – абсолютное значение такого показателя, как уровень функции пораженного тазобедренного устава по шкале Harris Hip Score до операции в баллах.

Предшествующее лечение (корректность: 1 – да, 0 – нет) – 1 (да / присутствует / соответствует) или 0 (нет / отсутствует / не соответствует).

Проведено исследование предсказательной способности искомой оптимальной многофакторной модели, с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности – 62,5% и специфичности – 80,8% для порогового значения вероятности осложнений 18%. Таким образом, используя полученное пороговое значение, у пациентов с рассчитанной по формуле модели

вероятностью осложнений > 18% прогнозировали развитие осложнений (рисунок 112).

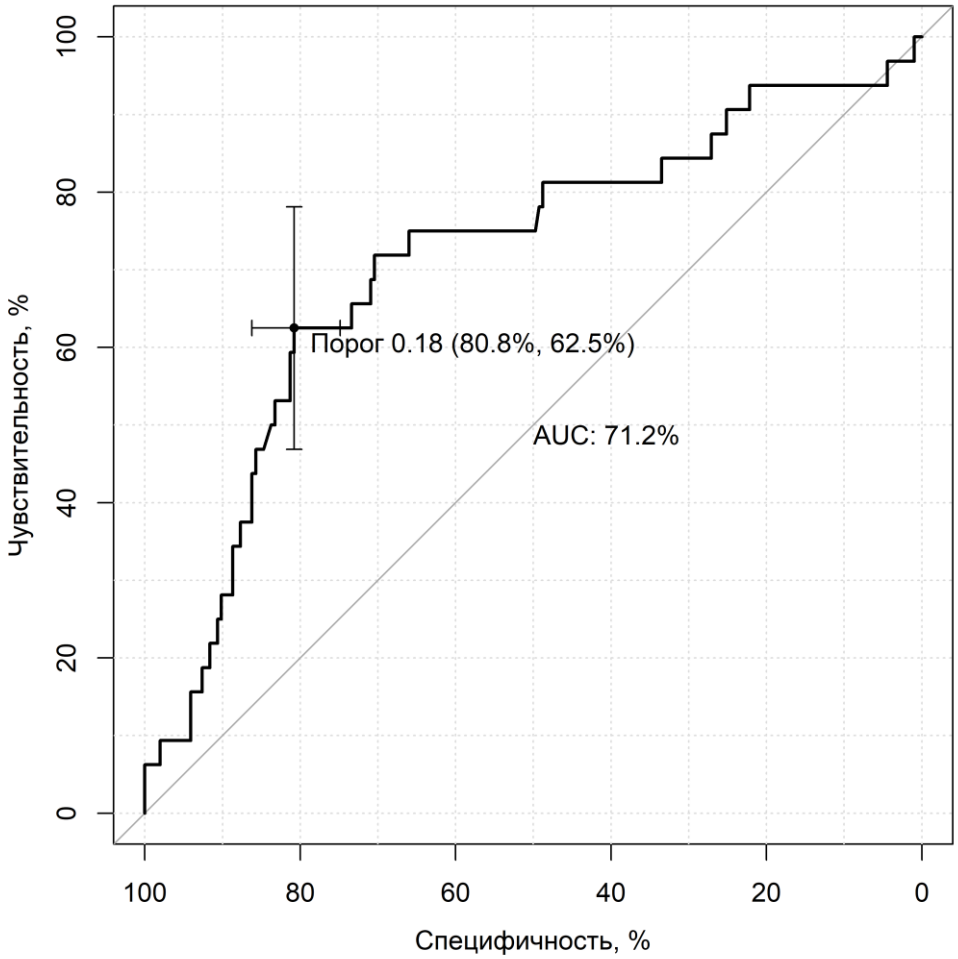


Рисунок 112 – ROC-кривая (пороговое значение – 18%). Искомая многофакторная оптимальная модель развития осложнений

На основании полученных данных был сформирован алгоритм прогнозирования риска развития осложнений.

Отдельно проанализировано влияние параметров на развитие таких осложнений, как вывих бедренного компонента, развитие асептического расшатывания компонентов эндопротеза и развитие нейропатии различных порций седалищного нерва.

В ходе проведения статистического анализа были получены следующие данные (таблица 31).

Таблица 31 − Модели логистической регрессии развития вывиха бедренного компонента у всех пациентов

Ковариаты	Однофакторные модели		Первичная многофакторная модель		Автоматическая многофакторная оптимальная модель		Искомая многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p
Офсет	1,1 [1,02; 1,18]	0,008*	1,08 [0,99; 1,18]	0,068	1,1 [1,02; 1,18]	0,014*	1,1 [1,02; 1,18]	0,014*
Тип перелома (1 − {C3}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, A3, B1, A1})	22,7 [0,96; 280,45]	0,017*						
Вертикальное смещение центра ротации	1,06 [1,01; 1,11]	0,017*	1,02 [0,96; 1,08]	0,465				
Срок после травмы, лет	0,65 [0,24; 1]	0,231	0,71 [0,25; 1,07]	0,382	0,67 [0,25; 1,02]	0,279	0,67 [0,25; 1,02]	0,279

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы развития вывиха бедренного компонента у всех пациентов.

Самым значимым фактором является бедренный офсет после операции (p=0,008*), увеличение данного предиктора на *k* ед. изм. ассоциировано с повышением шансов вывиха в $1{,}1^k$ [$1{,}02^k$; $1{,}18^k$] раз.

Следующим фактором, значительно влияющим на риск развития вывиха бедренного компонента, стал тип предшествующего перелома вертлужной впадины. В ходе анализа установлено, что перелом типа C3 по классификации AO/OTA ассоциирован с повышением шансов вывиха в 22,7 [0,96; 280,45] раз.

Следующим фактором, позволяющим спрогнозировать развитие вывиха головки тотального эндопротеза в послеоперационном периоде, является величина вертикального смещения центра ротации оперированного тазобедренного сустава в сравнении со здоровым контралатеральным суставом. Так, увеличение данного предиктора на *k* ед. изм. ассоциировано с повышением шансов вывиха в $1{,}06^k$ [$1{,}01^k$; $1{,}11^k$] раз.

Тип дефекта костной ткани также влияет на риск развития вывиха бедренного компонента, выявлено, что наличие IV типа дефекта по классификации AAOS (p=0,029*) ассоциировано с повышением шансов вывиха в 15,07 [0,68; 145,14] раз.

Построение многофакторной модели логистической регрессии выявило, что мультипликативно значимым предиктором регрессии вывиха бедренного компонента у всех пациентов явился такой параметр, как величина бедренного офсета после операции по сравнению со здоровой контралатеральной стороной.

Офсет (p=0,014*), увеличение предиктора на k ед. изм. ассоциировано с повышением шансов вывиха в $1{,}1^k$ [$1{,}02^k$; $1{,}18^k$] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Был проведен ROC-анализ и выведена формула автоматической многофакторной оптимальной модели прогнозирования вывиха бедренного компонента:

$$P(\text{вывиха})=\exp(z)/(1+\exp(z)),$$

$$z = -3{,}89402396 + 0{,}09100294 * \text{Офсет} - 0{,}39854917 * \text{Срок после травмы, лет}, \quad (7.2)$$

где P(вывиха) − вероятность вывиха; exp(z) − функция экспоненты в степени z;

Переменные в формуле для z принимают следующие значения:

Офсет – абсолютное значение показателя бедренного офсета после оперативного вмешательства в миллиметрах.

Срок после травмы, лет – срок, прошедший с момента травмы до момента тотального эндопротезирования в годах.

Проведено исследование предсказательной способности искомой оптимальной многофакторной модели, с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности – 66,7% и специфичности – 85,6% для порогового значения вероятности вывиха – 4% (рисунок 113).

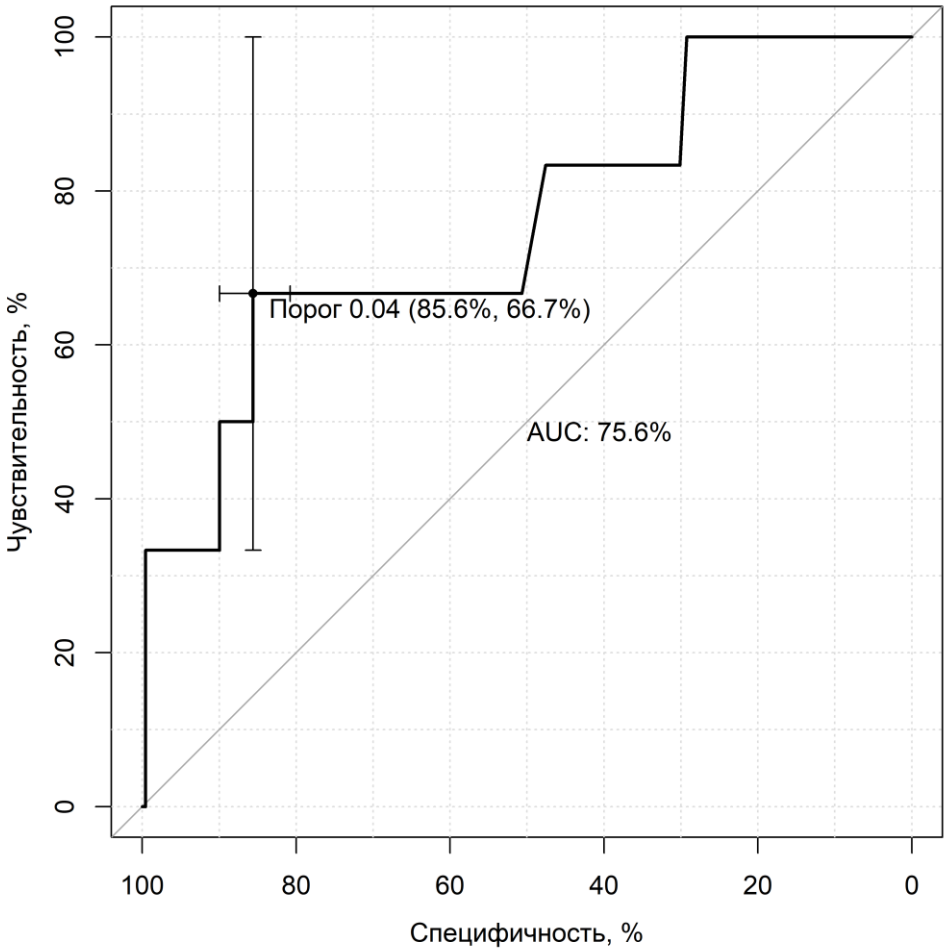


Рисунок 113 – ROC-кривая (пороговое значение – 4%). Искомая многофакторная оптимальная модель развития вывиха бедренного компонента

Таким образом, проведенный статистический анализ показал, что наиболее значимыми предикторами развития вывиха бедренного компонента являются как дооперационные, так и факторы, определенные после операции тотального эндопротезирования.

До проведения операции хирург может предполагать вероятность последующего вывиха компонентов эндопротеза, если типом предшествующего перелома явился тип 62 С3 по классификации АО/ОТА, то есть полный фрагментарно-оскольчатый внутрисуставной перелом обеих колонн вертлужной впадины с повреждением крестцово-подвздошного сочленения.

Данный фактор закономерно объясняется тем, что при последствиях такого перелома развиваются значительные деформации вертлужной впадины, тазового

кольца с повреждением капсульно-связочного аппарата тазобедренного сустава, что приводит к нестабильности в тазобедренном суставе. Логично, что при данном типе перелома развиваются посттравматические дефекты костной ткани типа IV по классификации AAOS, то есть дефекты с нарушением целостности тазового кольца, что также значительно влияет на стабильность тазобедренного сустава.

Срок, прошедший с момента травмы до проведения тотального эндопротезирования, влияет на риск развития последующего вывиха головки бедренной кости. Чем дольше пациент с тяжелым повреждением типа 62 С и значительным ухудшением функции тазобедренного сустава остается без реконструктивной ортопедической помощи, тем ниже реабилитационный потенциал, мышечный тонус и риск развития последующего дисбаланса и патологической походки. Эти факторы приводят к развитию рецидивирующего вывиха бедренного компонента тотального эндопротеза.

Следующими предикторами вышеуказанного осложнения являются факторы, зависящие непосредственно от операции эндопротезирования. Чем больше отклонение таких механических параметров оперированного тазобедренного сустава, как вертикальное смещение центра ротации и изменение бедренного офсета относительно здорового контралатерального сустава, тем выше шанс развития мышечного дисбаланса и патологической походки.

Кроме того, изменение центра ротации и значительное изменение бедренного офсета влияет на тонус и натяжение мышц-стабилизаторов тазобедренного сустава, приводя к формированию рецидивирующего вывиха бедренного компонента. Возможной профилактикой данного типа осложнений, кроме имплантации эндопротеза с воссозданием механических параметров, наиболее близких к здоровому контралатеральному тазобедренному суставу, является использование компонентов с двойной мобильностью вкладыша эндопротеза.

Показанием к применению данного типа имплантатов служит не только сниженный мышечный тонус или дефект мышечной ткани, особенно в области

илиотибиального тракта, но и вышеуказанные предоперационные факторы: фрагментарно-оскольчатые внутрисуставные переломы обеих колонн вертлужной впадины с повреждением крестцово-подвздошного сочленения и последующим формированием дефектов с нарушением целостности тазового кольца.

В рамках исследования было проанализировано влияние различных факторов на развитие такого осложнения, как асептическое расшатывание компонентов тотального эндопротеза. После построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены следующие значимые предикторы развития асептического расшатывания компонентов (таблица 32).

Таблица 32 − Модели логистической регрессии развития асептического расшатывания у всех пациентов (n=235, случаев – 5 (2,1%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Первичная многофакторная модель		Автоматическая многофакторная оптимальная модель		Искомая многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p
к.-д.	1,12 [1,04; 1,21]	0,001*	1,17 [1,05; 1,32]	0,004*	1,17 [1,05; 1,32]	0,004*	1,17 [1,05; 1,32]	0,004*
Вертикальное смещение центра ротации	1,08 [1,03; 1,14]	0,003*	1,07 [1; 1,15]	0,045*	1,07 [1,01; 1,15]	0,038*	1,07 [1,01; 1,15]	0,038*
Офсет	1,07 [0,98; 1,16]	0,091	1,01 [0,9; 1,13]	0,822	-	-	-	-
Тип перелома (1 − {A2}, 0 − остальные {B3, C1, C2, B2, A3, B1, A1, C3})	3,71 [0,48; 23,19]	0,159	9,2 [0,68; 150,82]	0,090	10,04 [0,83; 149,63]	0,065	10,04 [0,83; 149,63]	0,065
Асептический некроз 1.0.	3,36 [0,55; 25,92]	0,190	8,11 [0,71; 227,19]	0,130	8,73 [0,76; 229,99]	0,110	8,73 [0,76; 229,99]	0,110

Основным мультипликативным предиктором развития данного типа осложнения являлась продолжительность госпитализации, измеряемая в койко-днях. При построении многофакторной модели логистической регрессии выявлено, что увеличение на *k* койко-дней ассоциировано с повышением шансов развития нестабильности в $1{,}17^k$ [$1{,}05^k$; $1{,}32^k$] раз при прочих равных показателях

в многофакторной модели. Следующим мультипликативным предиктором является вертикальное смещение центра ротации оперированного тазобедренного сустава. Так, увеличение данного предиктора *k* мм ассоциировано с повышением шансов нестабильности в $1{,}07^{k}$ [$1{,}01^{k}$; $1{,}15^{k}$] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Выведенная формула автоматической многофакторной оптимальной модели выглядит следующим образом:

$$\begin{gathered} P(\text{нестабильности})=\exp(z)/(1+\exp(z)), \\ z = -9{,}36596744 + 0{,}15668685 * \text{к.-д.} + 0{,}06623677 * \text{Вертикальное} \\ \text{смещение центра ротации} + 2{,}30632286 * \text{Тип перелома (1} - \{A2\}, 0 - \\ \text{остальные } \{B3, C1, C2, B2, A3, B1, A1, C3\}) + 2.16691580 * \\ \text{Асептический некроз 1.0.,} \end{gathered} \tag{7.4}$$

где P(нестабильности) − вероятность нестабильности; exp(z) − функция экспоненты в степени z.

Переменные в формуле для z принимают следующие значения:

к.-д. – абсолютное значение продолжительности госпитализации в койко-днях; вертикальное смещение центра ротации – абсолютное значение вертикального смещения центр ротации в мм.

Тип перелома (1 − {A2}, 0 − остальные {B3, C1, C2, B2, A3, B1, A1, C3}), в зависимости от типа предшествующего перелома, при наличии перелома типа A2 по классификации AO/OTA, присваивалось значение 1. Во всех остальных случаях – значение 0.

Асептический некроз 1.0. – в случае развития асептического некроза головки бедренной кости перед проведением тотального эндопротезирования, присваивалось значение 1, при сохранной костной ткани головки присваивалось значение 0.

В автоматической оптимальной модели с помощью ROC анализа определены наилучшие показатели чувствительности – 100% и специфичности – 81,7% для порогового значения вероятности нестабильности –1,2% (рисунок 114).

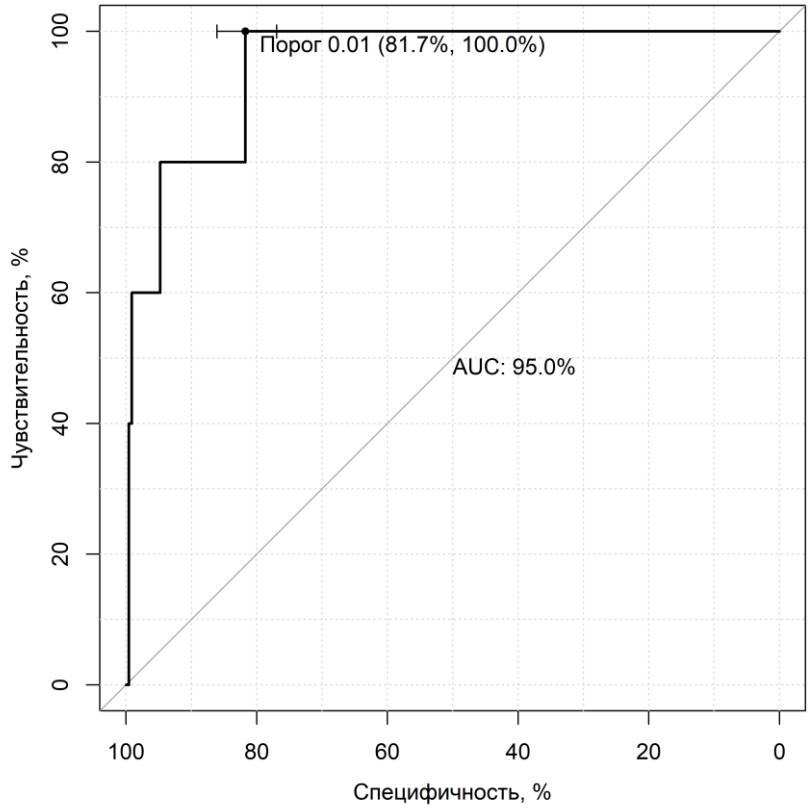


Рисунок 114 – ROC-кривая (пороговое значение – 1,2%). Искомая многофакторная оптимальная модель развития расшатывания компонентов у всех пациентов

Полученные данные можно интерпретировать следующим образом. Факторами развития асептического расшатывания до проведения тотального эндопротезирования являются тип предшествующего перелома вертлужной впадины и развитие асептического некроза головки бедренной кости. Тип перелома 62 А2 по классификации АО/ОТА приводит к деформации задней колонны вертлужной впадины, а асептический некроз головки бедренной кости ограничивает возможности костной аутопластики дефектов. Совокупность этих факторов приводит к увеличению сложности достижения корректного положения вертлужного компонента и его стабильной фиксации.

Фактором, непосредственно влияющим на качество тотального эндопротезирования, является вертикальное смещение центра ротации, так как чем больше разница между центрами ротации оперированного и здорового тазобедренных суставов, тем выше вероятность некорректного распределения нагрузки на вертлужный компонент и выше риск его расшатывания. Предиктор длительности госпитализации объясняется тем, что чем тяжелее и травматичнее тотальное эндопротезирование, тем больше количество ранних осложнений, тем дольше пациент восстанавливается и, следовательно, длительнее период стационарного лечения.

В рамках данного исследования был выявлен малый процент асептических расшатываний компонентов вследствие того, что все эти осложнения были ранними. Данный фактор не позволяет провести полномасштабное исследование, направленное на выявление корреляции между типом фиксации компонентов, видом требологической пары или типами компонентов.

Из вышеизложенного можно сделать заключение, что путем профилактики раннего асептического расшатывания является имплантация компонентов с достижением механических параметров сустава, наиболее близких к показателям здорового контралатерального сустава. В случаях наличия предоперационных предикторов данного осложнения, таких как перелом задней стенки вертлужной впадины, аваскулярный некроз головки бедренной кости, необходимо предоперационное планирование с выбором вертлужного компонента с возможностью достижения дополнительной фиксации винтами и проведением костной аллопластики для замещения дефектов.

Следующим этапом статистического исследования было определение предикторов развития нейропатий различных порций седалищного нерва, так как в рамках данной выборки пациентов ни одного случая развития нейропатии других нервов выявлено не было. С помощью вышеперечисленных методов были выявлены наиболее значимые предикторы развития такого типа осложнений, как нейропатии различных порций седалищного нерва (таблица 33).

Таблица 33 − Модели логистической регрессии развития нейропатии у всех пациентов (n=235, случаев – 12 (5,1%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Первичная многофакторная модель		Автоматическая многофакторная оптимальная модель		Искомая многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p
Пол (1 − {М}, 0 − остальные {Ж})	0,24 [0,07; 0,78]	0,018*	0,18 [0,04; 0,66]	0,011*	0,17 [0,04; 0,63]	0,009*	0,17 [0,04; 0,63]	0,009*
к.-д.	1,08 [1,01; 1,14]	0,019*	1,09 [1,01; 1,18]	0,019*	1,09 [1,01; 1,18]	0,016*	1,09 [1,01; 1,18]	0,016*
Тип перелома (1 − {A3}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, B1, A1, C3})	3,79 [0,96; 12,94]	0,040*	4,77 [1,03; 21,66]	0,039*	4,31 [0,95; 18,91]	0,049*	4,31 [0,95; 18,91]	0,049*
Предшествующая операция, проведенная правильно операция: 1– да, 0 – нет	0,28 [0,02; 1,48]	0,225	0,29 [0,01; 1,69]	0,254	-	-	-	-
Тип перелома (1 − {B1}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, A3, A1, C3})	0,28 [0,02; 1,51]	0,234	0,2 [0,01; 1,51]	0,199	0,21 [0,01; 1,53]	0,205	0,21 [0,01; 1,53]	0,205

Путем построения однофакторных и многофакторных моделей логистической регрессии выявлены следующие значимые мультипликативные предикторы развития нейропатии:

Пол (1 − {М}, 0 − остальные {Ж}) (p=0.009*), предиктор мужского пола пациента ассоциирован с понижением шансов развития нейропатии в 0,17 [0,04; 0,63] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели;

к.-д. (p=0,016*), увеличение предиктора продолжительности госпитализации на *k* койко-дней ассоциировано с повышением шансов нейропатии в $1{,}09^k$ [$1{,}01^k$; $1{,}18^k$] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели;

Тип перелома (1 − {A3}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, B1, A1, C3}) (p=0,049*), предиктор предшествующего типа перелома A2 по классификации

AO/OTA ассоциирован с повышением шансов нейропатии в 4,31 [0,95; 18,91], а тип перелома типа B1 ассоциирован с повышением шансов нейропатии в 0, 21 [0,01; 1, 53] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Выведенная формула автоматической многофакторной оптимальной модели развития нейропатии выглядит следующим образом:

$$P(\text{нейропатии})=\exp(z)/(1+\exp(z)),$$
$$z = -3{,}08811930 - 1{,}75050238 * \text{Пол}\ (1 - \{М\}, 0 - \text{остальные}\ \{Ж\}) + 0.08969669 * \text{к.-д.} + 1{,}46179384 * \text{Тип перелома}\ (1 - \{A3\}, 0 - \text{остальные}\ \{A2, B3, C1, C2, B2, B1, A1, C3\}) - 1{,}55165862 * \text{Тип перелома}\ (1 - \{B1\}, 0 - \text{остальные}\ \{A2, B3, C1, C2, B2, A3, A1, C3\}), \quad (7.5)$$

где P(нейропатии) − вероятность нейропатии; exp(z) − функция экспоненты в степени z.

Переменные в формуле для z принимают следующие значения:

Пол (1 − {М}, 0 − остальные {Ж}) – значение принимается равным 1, если пациент мужчина.

к.-д. – абсолютное значение продолжительности госпитализации в койко-днях.

Тип перелома (1 − {A3}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, B1, A1, C3}) – при наличии предшествующего перелома типа A3 по классификации AO/OTA, значение принимается равным 1.

Тип перелома (1 − {B1}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, A3, A1, C3}) – при наличии предшествующего перелома типа B1 по классификации AO/OTA, значение принимается равным 1.

В автоматической оптимальной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности – 83,3% и специфичности – 75,3% для порогового значения вероятности развития нейропатии – 6,9% (рисунок 115).

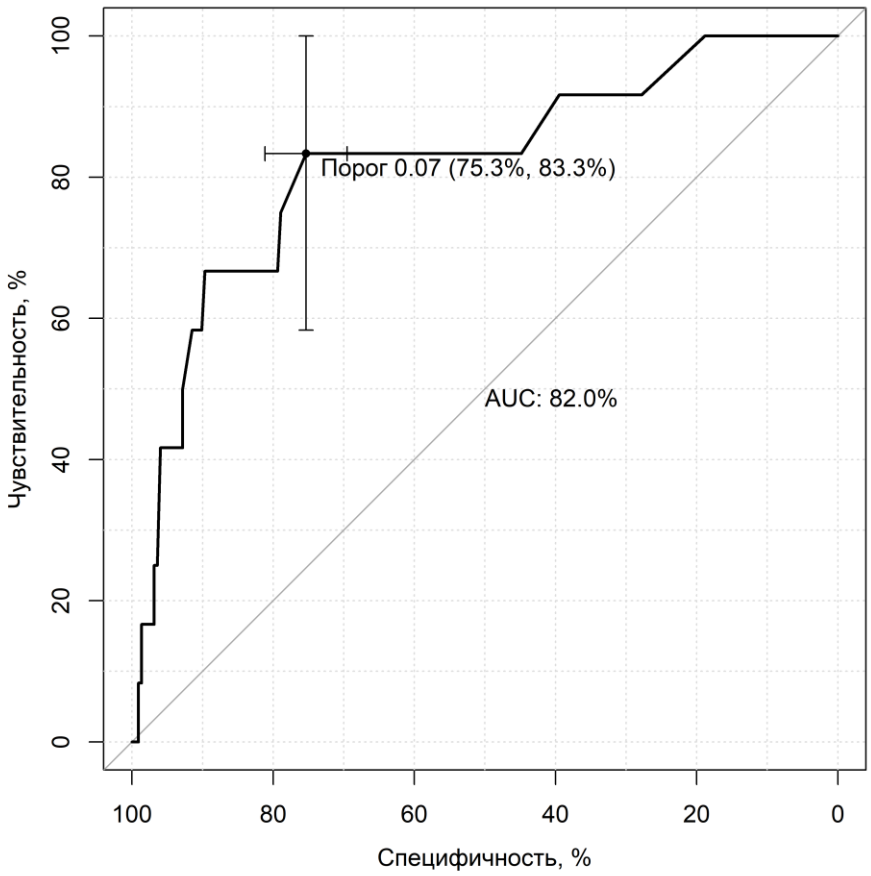


Рисунок 115 – ROC-кривая (пороговое значение – 6,9). Автоматическая многофакторная оптимальная модель развития нейропатии у всех пациентов

Интерпретируя полученные данные, можно сделать заключение, что наиболее значимым предиктором, который позволяет прогнозировать развитие нейропатии, является тип перелома. В ходе анализа установлено, что переломы типа 62 A3 и 62 B1, то есть переломы заднего края и задней колонны, чаще приводят к развитию контузионного повреждения седалищного нерва. Логично, что при проведении тотального эндопротезирования шанс прогрессирования имеющихся неврологических нарушений выше.

Остальные факторы, такие как пол и длительность госпитализации, имеют статистическую значимость ввиду того, что подавляющее большинство пациентов с нейропатиями седалищного нерва были именно мужчинами и продолжительность их стационарного лечения была дольше вследствие необходимости медикаментозной терапии. Таким образом, основными

факторами, на которые должен обращать внимание хирург при планировании тотального эндопротезирования, становятся предшествующие переломы с повреждением задней колонны вертлужной впадины, особенно если в области задней колонны имеется выраженный рубцово-спаечный процесс.

Согласно представленной выше методике, были выявлены наиболее значимые предикторы развития септических осложнений (таблица 34).

Таблица 34 − Модели логистической регрессии развития септических осложнений в области хирургического вмешательства у всех пациентов

Ковариаты	Однофакторные модели		Первичная многофакторная модель		Автоматическая многофакторная оптимальная модель		Искомая многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p	ОШ [95% ДИ]	p
к.-д.	1,16 [1,09; 1,26]	<0,001*	1,17 [1,08; 1,31]	0,001*	1,2 [1,11; 1,33]	<0,001*	1,2 [1,11; 1,33]	<0,001*
Офсет	1,07 [1; 1,13]	0,036*	1,07 [0,98; 1,16]	0,107	1,08 [0,99; 1,17]	0,058	1,08 [0,99; 1,17]	0,058
Вертикальное смещение центра ротации	1,04 [1; 1,08]	0,039*	1,02 [0,96; 1,08]	0,426	-	-	-	-
Тип перелома (1 − {B1}, 0 − остальные {A2, B3, C1, C2, B2, A3, A1, C3})	3,5 [0,94; 13,05]	0,055	1,65 [0,26; 9,05]	0,570	-	-	-	-
Результат по Harris до операции	0,95 [0,9; 1]	0,064	0,98 [0,91; 1,05]	0,627	-	-	-	-
Тип дефекта по AAOS (1 − {II}, 0 − остальные {III, I, IV, V})	3,5 [0,85; 23,53]	0,118	5,01 [0,85; 46,59]	0,102	4,38 [0,86; 35,18]	0,104	4,38 [0,86; 35,18]	0,104
Асептический некроз 1.0.	2,26 [0,61; 8,37]	0,209	2,98 [0,5; 23,73]	0,243	4,31 [0,84; 32,34]	0,100	4,31 [0,84; 32,34]	0,100

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены значимые предикторы развития инфекционных осложнений в области хирургического вмешательства у всех пациентов.

к.-д. (p<0,001*), увеличение продолжительности госпитализации на *k* койко-дней ассоциировано с повышением шансов развития септических осложнений в $1{,}16^k$ [$1{,}09^k$; $1{,}26^k$] раз.

Офсет (p=0,036*), увеличение такого предиктора, как бедренный офсет после оперативного вмешательства на *k* миллиметров, ассоциировано с повышением шансов развития инфекционных осложнений в $1{,}07^k$ [1^k; $1{,}13^k$] раз.

Вертикальное смещение центра ротации (p=0,039*), увеличение вертикального смещения центра ротации на *k* миллиметров ассоциировано с повышением шансов развития инфекционных осложнений в области операции в $1{,}04^k$ [1^k; $1{,}08^k$] раз.

После построения многофакторных моделей логистической регрессии выявлено, что основным мультипликативным предиктором развития инфекционных осложнений является продолжительность госпитализации: увеличение данного предиктора на *k* койко-дней ассоциировано с повышением шансов развития осложнений в $1{,}2^k$ [$1{,}11^k$; $1{,}33^k$] раз при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Формула автоматической многофакторной оптимальной модели развития септических осложнений у всех пациентов:

$$P(\text{ИОХВ})=\exp(z)/(1+\exp(z)),$$

$$z = -8{,}26079503 + 0{,}18218341 * \text{к.-д.} + 0{,}07617859 * \text{Офсет} + 1{,}47714236 * \text{Тип дефекта по AAOS (1 − \{II\}, 0 − остальные \{III, I, IV, V\})} + 1{,}46119084 * \text{Асептический некроз 1.0.}, \quad (7.6)$$

где P(ИОХВ) − вероятность развития септических осложнений в области хирургического лечения; exp(z) − функция экспоненты в степени z.

Переменные в формуле для z принимают следующие значения:

к.-д. – абсолютное значение продолжительности госпитализации в койко-днях.

Офсет – абсолютное значение показателя бедренного офсета после оперативного вмешательства в миллиметрах.

Тип дефекта по AAOS (1 − {II}, 0 − остальные {III, I, IV, V}) – в случае наличия у пациента до операции посттравматического дефекта типа II по классификации AAOS, значение принимается равным 1, при наличии других дефектов – значение равно 0.

Асептический некроз 1.0. – в случае развития асептического некроза головки бедренной кости перед проведением тотального эндопротезирования, присваивалось значение 1, при сохранной костной ткани головки присваивалось значение 0.

В автоматической оптимальной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности – 80% и специфичности – 97,8% для порогового значения вероятности ИОХВ – 16,1% (рисунок 116).

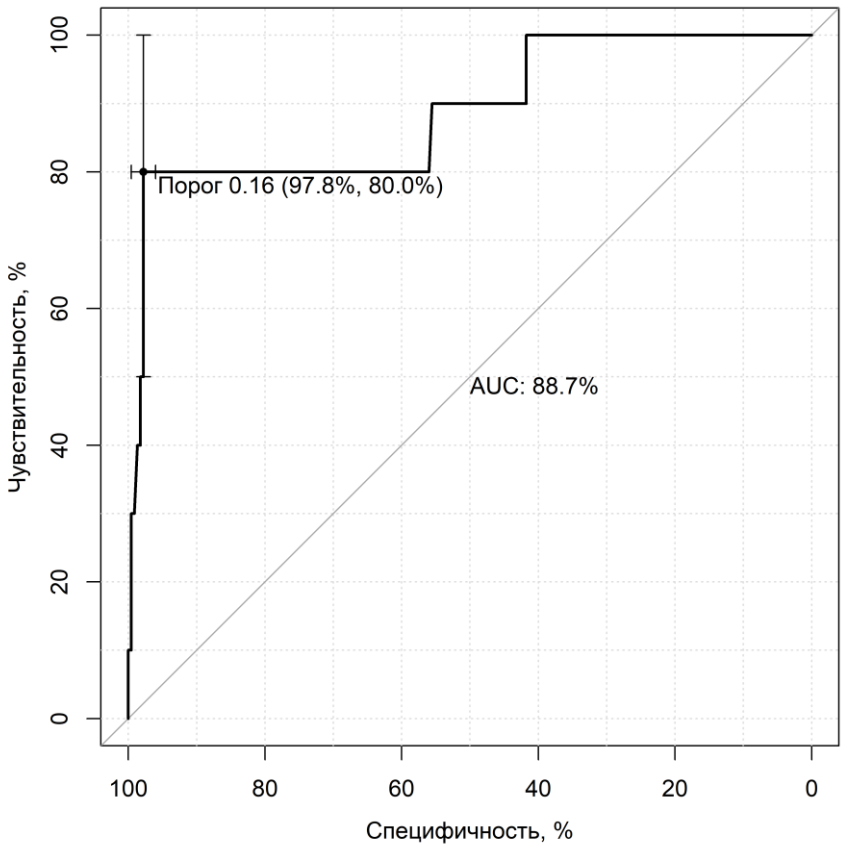


Рисунок 116 − ROC-кривая (пороговое значение – 16,1). Автоматическая многофакторная оптимальная модель развития септических осложнений у всех пациентов

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что предикторами развития септических осложнений в области хирургического вмешательства являются наличие кавитарных посттравматических дефектов и наличие асептического некроза головки бедренной кости. Данные факторы позволяют спрогнозировать вероятность развития инфекционного осложнения еще на предоперационном этапе. В ситуациях, когда после проведения тотального эндопротезирования не был восстановлен центр ротации, сохранялось вертикальное смещение центра ротации и мышечный дисбаланс вследствие изменения офсета, вероятность развития инфекционных осложнений увеличивалась.

Таким образом, можно сделать заключение, что все предикторы осложнений можно разделить на два типа. К первому типу относятся факторы, которые позволяют спрогнозировать вероятность развития различных осложнений, как механического, так и неврологического и инфекционного характера до проведения тотального эндопротезирования. К этим факторам относятся предшествующие поперечные переломы и переломы заднего края или задней колонны вертлужной впадины. В случаях, когда переломы носили фрагментарно-оскольчатый характер, увеличивается вероятность развития значительных деформаций и обширных посттравматических дефектов. Предшествующее лечение, если не было проведено анатомичное восстановление вертлужной впадины с достижением стабильной фиксации отломков, также приводит к увеличению риска осложнений механического характера, так как требуется более обширное, травматичное и высокотехнологичное оперативное вмешательство при проведении тотального эндопротезирования. Наличие дефектов и деформаций вертлужной впадины требует от хирурга досконального предоперационного планирования, наличия различных металлоконструкций и возможной необходимости использования аддитивных технологий.

Второй категорией факторов, влияющих на результат тотального эндопротезирования и позволяющих уменьшить вероятность осложнений, особенно механического характера, являются показатели разницы механических

параметров оперированного и здорового тазобедренных суставов, таких как центр ротации и бедренный офсет. Чем выше степень смещения центра ротации после операции, особенно в краниальном направлении, чем больше бедренный офсет отличается от здорового контралатерального сустава, тем выше вероятность того, что у пациента будет прогрессировать мышечный дисбаланс, нарушение походки, и увеличивается риск развития рецидивирующих вывихов, расшатывания компонентов и неврологических нарушений.

ГЛАВА 8. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

Для проведения анализа эффективности разработанных методов предоперационного планирования и оперативных методов было предпринято одноцентровое ретроспективно-проспективное контролируемое исследование.

Гипотезой явилось предположение, что внедрение метода предоперационного планирования с прогнозированием хирургической тактики при замещении дефекта вертлужной впадины и выбора типа и положения ацетабулярного компонента по данным объемного моделирования позволит точнее восстановить механические параметры тазобедренного сустава и сократить число осложнений. В исследование были включены 236 пациентов с диагнозом посттравматический коксартроз 3 стадии. Согласно проведенному анализу архивной документации, до госпитализации в ФГБУ ННИИТО все пациенты ранее получали переломы вертлужной впадины. Всем пациентам в период с 2014 по 2023 гг. в клинике эндопротезирования ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» было проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Критериями включения в исследование были следующие параметры: возраст старше 18 лет, наличие посттравматического коксартроза 3 стадии и дефекта вертлужной впадины I и обширнее по классификации AAOS. Критериями невключения являлись молодой возраст пациентов (младше 18 лет), а также наличие хронического инфекционного процесса в области пораженного тазобедренного сустава. Критериями наличия инфекционного процесса являлось выявление одного из первостепенных и минимум трех второстепенных стандартизированных второй международной согласительной конференцией по скелетно-мышечной инфекции критериев.

Первостепенными или достоверными критериями считали:

- наличие свищевого хода, сообщающегося с полостью сустава
- или два положительных результата посева с фенотипически идентичными микроорганизмами.

Малыми или второстепенными критериями перипротезной инфекции в нашей работе являлись:

- повышение уровня С-реактивного белка в плазме крови ≥ 10 мг/л;
- повышение СОЭ ≥ 30 мм /час (СОЭ);
- результаты цитологического исследование пунктата синовиальной жидкости – количество лейкоцитов > 3000 клеток/мкл;
- доля палочкоядерных нейтрофилов в синовиальной жидкости >70%;
- единичный положительный посев бактерий;
- положительный посев интраоперационной культуры;
- отсутствие других несанированных очагов хронической инфекции.

Пациенты были разделены на две группы. В группу 1 были включены 72 пациента, которым предоперационное планирование, выбор хирургической тактики и оперативное лечение осуществлялись с использованием комплексного системного подхода, использовали вышеизложенные методы оперативного лечения, интраоперационного сопровождения и анестезиологического обеспечения. Лечение пациентов в данной группе исследования проводили с 2019 по 2023 гг. В группу 2 (сравнения) были включены 164 пациента, которым предоперационное планирование осуществлялось стандартными методами предоперационного планирования (плоскостные шаблоны, виртуальные программы-планировщики), выбор тактики оперативного лечения проводился на усмотрение оперирующего хирурга без использования разработанных алгоритмов, в период с 2014 по 2018 гг. (таблица 35).

Согласно полученным данным анализа распределения пациентов в группах по возрастному признаку, статистически значимых различий не было выявлено. Группы были сопоставимы, в обеих группах преобладали пациенты трудоспособного возраста.

Таблица 35 − Характеристика групп по возрастному составу

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Средний возраст, лет	56,53±12,19	52,54±13,5	0,051
Минимум/Максимум	33/81	24/84	
Медиана	59	55	

Проведен анализ полового состава групп пациентов: в обеих группах преобладали мужчины (таблица 36).

Таблица 36 – Распределение в группах по половому составу

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Мужчины	45 (62,5%)	123 (75%)	0,061
Женщины	27 (37,5%)	41 (25%)	

Как видно из полученных данных полового и возрастного состава, группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было. В обеих группах преобладали мужчины трудоспособного возраста, что коррелирует с данными мировой и отечественной литературы.

Был проведен анализ распределения пациентов в группах по типу дефекта костной ткани вертлужной впадины. Дефекты классифицировали по системе AAOS (таблица 37).

Таблица 37 − Распределение в группах по типу дефекта по классификации AAOS

Тип дефекта	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
I	21 (29,2%)	9 (5,5%)	<0,001*
II	32 (44,4%)	96 (58,5%)	0,121
III	17 (23,6%)	57 (34,8%)	0,160
IV	1 (1,4%)	2 (1,2%)	>0,999
V	1 (1,4%)	0 (0%)	0,381

Примечание: * различия являются статистически значимыми.

Анализ групп показал, что группы являются сопоставимыми, в обеих группах преобладали дефекты типа II и III. Статистически значимое различие в группах в виде большего количества дефектов типа I в группе исследования обусловлено тем фактом, что с 2019 г. в клинике ФГБУ ННИИТО выполнение МСКТ пациентам с последствиями переломов вертлужной впадины стало

рутинной процедурой, которая ранее выполнялась только пациентам со значительной деформацией и обширным дефектом вертлужной впадины.

По данным рентгенографии и МСКТ оценивали наличие сопутствующего асептического некроза головок бедренных костей на пораженной стороне в обеих группах. Оценивали только рентгенологически показательные стадии – II и более по классификации ARCO (таблица 38).

Таблица 38 − Частота встречаемости сопутствующего рентгенологически показательного асептического некроза головок бедренных костей в группах

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Асептический некроз головки бедренной кости	19 (27,38)	74 (45,27%)	0,128

Согласно данным анализа выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было, хотя процент встречаемости в группе II был выше.

Был проведен анализ распределения в группах по типу предшествующего перелома вертлужной впадины. Определяли тип перелома по архивным рентгенограммам и медицинской документации, представленной пациентами. Оценку типа перелома проводили по классификации AO/OTA (таблица 39).

Таблица 39 − Распределение в группах по типу перелома по 62 (A,B.C) по классификации AO OTA

Тип перелома	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
A1	14 (19,4%)	22 (13,5%)	0,650
A2	8 (11,1%)	29 (17,8%)	0,650
A3	8 (11,1%)	23 (14,1%)	0,677
B1	18 (25%)	35 (21,5%)	0,612
B2	12 (16,7%)	18 (11%)	0,289
B3	9(12,5%)	17 (10,4%)	0,656
C1	3 (4,2%)	4 (2,5%)	0,441
C2	0 (0%)	12 (7,4%)	0,180
C3	0 (0%)	3 (1,8%)	0,555

Согласно проведенному анализу выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимых различий выявлено не было. В обеих группах преобладали переломы типа В. Полученные данные коррелируют с данными мировой литературы.

Был проанализирован срок, прошедший с момента травмы и до госпитализации в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО (таблица 40).

Таблица 40 − Срок, прошедший с момента травмы до госпитализации в клинику ФГБУ ННИИТО

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Срок с момента травмы, лет	4,99±7,54	4,39±5,25	0,170
Минимум/Максимум	0,6/38	0,7 /35	
Медиана	2	2,1	

В ходе проведения анализа выявлено, что по данному признаку группы были сопоставимы, статистически значимых различий выявлено не было. Однако, сравнивая полученные данные с данными мировой литературы, выявлено, что в рамках данного исследования, пациенты значительно раньше обращались за помощью в объеме тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. В ранее проведенном исследовании литературы было выявлено, что средний срок от момента травмы до тотального эндопротезирования составил 8±2,7 года (от 3,1 до 20 лет), медиана – 6,7 лет. Полученный результат может быть обусловлен тем, что ортопедическая помощь стала более доступной, сократилось время ожидания оперативного лечения.

В группе 2 предоперационное планирование с 2014 по 2018 гг. осуществляли с помощью использования плоскостных шаблонов. Шаблонирование − один из самых распространенных методов предоперационного планирования. Данный метод исторически доказал, что проведение определения основных анатомических ориентиров, размера, типа и положения ацетабулярного компонента на рентгенограммах таза в дооперационном периоде значительно повышает эффективность хирургического лечения и позволяет уменьшить число

интра и послеоперационных осложнений эндопротезирования тазобедренного сустава [92, 118, 190]. Данный способ осуществляли путем рисования на прозрачных пленках имплантатов с соответствующим увеличением. Прозрачные пластиковые шаблоны, предоставленные производителями имплантатов, накладывали на рентгенограммы на бумажной основе и рентгенограммы на пленках, выстроенные в нужной ориентации для определения соответствующего размера имплантата. Обязательным условием для осуществления данного способа является правильное положение пациента и точное определение расстояния от кассеты до рентгеновской трубки.

Обе группы были проанализированы по таким показателям, как исходная степень смещения центра ротации в трех плоскостях и степени разницы бедренного офсета. В качестве нулевого показателя брали центр ротации и офсет здорового сустава. Степень смещения центра ротации определяли следующим образом: после зеркального переноса центра ротации на объемной 3D-модели и определения патологического центра ротации измеряли расстояние от перенесенного центра ротации до патологического центра ротации в трех плоскостях. Полученный результат определяли во фронтальной плоскости как вертикальное смещение, в горизонтальной – как горизонтальное, и в сагиттальной – как передне-заднее-смещение.

При сравнении групп по признаку величины исходного вертикального смещения (смещения до проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава) центра ротации были получены следующие результаты (таблица 41).

Таблица 41 − Сравнение групп по показателю вертикальное смещение центра ротации до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Вертикальное смещение центра ротации, мм	13,64±11,52	13,89±13,33	0,612
Минимум/Максимум	1/50	1/63	
Медиана	9,5	10	

При анализе полученных данных выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было.

Группы сравнивали по степени смещения центра ротации в горизонтальной плоскости (таблица 42).

Таблица 42 − Сравнение групп по показателю вертикального смещения центра ротации до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Горизонтальное смещение центра ротации, мм	11,82±10,75	11,36±9,71	0,691
Минимум/Максимум	1/50	1/70	
Медиана	8	9,5	

При анализе полученных данных выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было.

Следующим параметром для сравнения групп до операции стала степень смещения центра ротации в передне-заднем направлении (таблица 43).

Таблица 43 − Сравнение групп по показателю передне-заднего смещения центра ротации до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Смещение центра ротации в передне-заднем направлении, мм	9,03±10,1	8,42±6,45	0,232
Минимум/Максимум	1/40	0/75	
Медиана	7	5	

При анализе полученных данных выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было.

Степень изменения бедренного офсета определяли следующим образом. Измеряли бедренный офсет здорового контралатерального сустава и бедренный офсет патологически измененного сустава. За степень смещения принимали их разность в абсолютных числах. При сравнении групп по данном признаку были получены следующие результаты (таблица 44).

Таблица 44 − Сравнение групп по показателю изменение бедренного офсета до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Изменение бедренного офсета, мм	9,02±7,87	9,78±9,2	0,872
Минимум/Максимум	1/40	1/40	
Медиана	6,5	6	

При анализе полученных данных выявлено, что группы были сопоставимы, статистически значимой разницы выявлено не было.

После сравнения групп по признакам степени выраженности патологических изменений в виде смещения механических параметров можно сделать вывод, что обе группы были сопоставимы. В обеих группах самым значительно измененным параметром являлось вертикальное смещение центра ротации.

Функциональные показатели в обеих группах были проанализированы путем определения следующих параметров: по опросникам до операции определяли уровень болевого синдрома по шкале ВАШ и функцию пораженного сустава по шкале Harris Hip Score.

При сравнении групп по уровню болевого синдрома у пациентов в области пораженного тазобедренного сустава до проведения тотального эндопротезирования были получены следующие результаты (таблица 45).

Таблица 45 − Сравнение групп по показателю выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
ВАШ, баллы	7,76±1,04	7,56±0,75	0,25
Минимум/Максимум	6/9	4/9	
Медиана	8	8	

Согласно полученным данным, при поступлении уровень болевого синдрома у пациентов обеих групп статистически значимо не отличался, группы были сопоставимы.

Следующим исследуемым функциональным параметром был уровень функции пораженного тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score до операции тотального эндопротезирования (таблица 46).

Таблица 46 − Сравнение групп по показателю функции пораженного тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score до операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Harris Hip Score, баллы	43,14±10,28	45,1±14,4	0,332
Минимум/Максимум	24/68	15/77	
Медиана	41	45	

Полученные данные позволяют говорить о том, что у пациентов обеих групп уровень функции тазобедренного сустава до операции был низким, различия были статистически незначимы. Группы по данном признаку сопоставимы (рисунок 117).

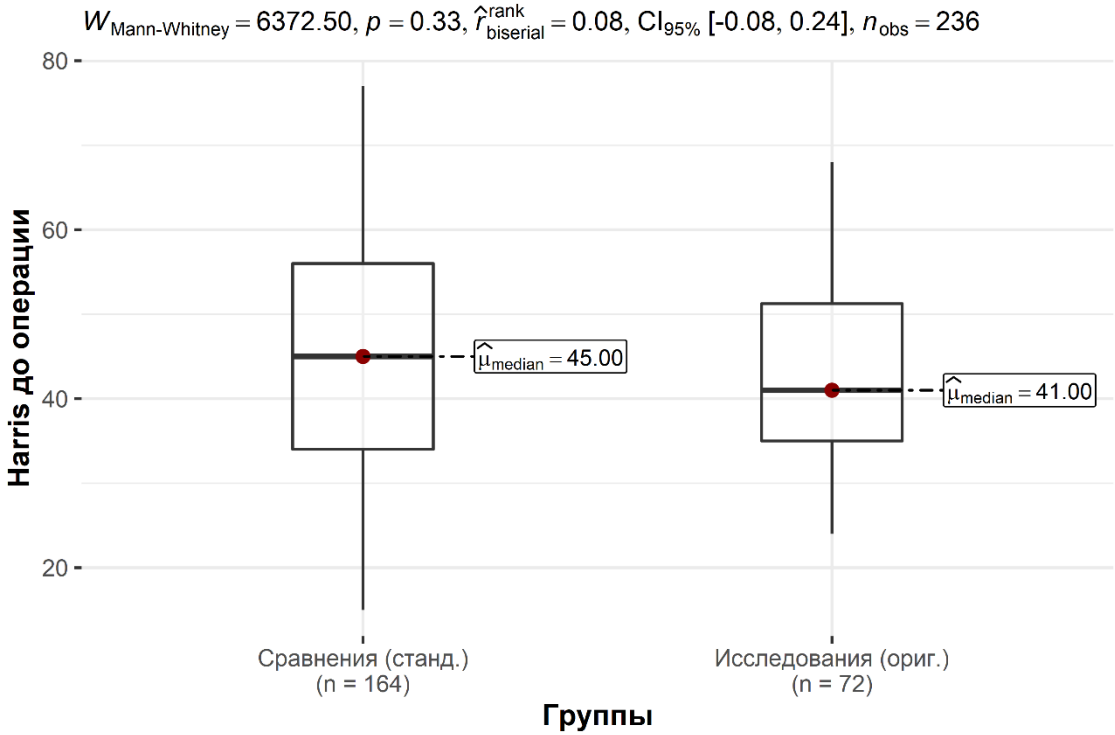


Рисунок 117 − Уровень функции пораженного тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score

При исследовании клинических результатов изучали продолжительность госпитализации, время оперативного вмешательства и кровопотерю.

При сравнении групп по продолжительности госпитализации были получены следующие данные (таблица 47).

Таблица 47 − Сравнение групп по показателю продолжительности стационарного лечения

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Продолжительность госпитализации, койко-дни	10,21±5,94	10,77±5,7	0,182
Минимум/Максимум	4/43	1/48	
Медиана	9	9	

При анализе продолжительности госпитализации было выявлено, что статистически значимой разницы между сроком стационарного лечения пациентов в обеих группах нет. Данные результаты могут быть обусловлены идентичностью послеоперационного ухода и послеоперационного ведения пациентов в обеих группах.

При сравнении групп по времени оперативного вмешательства были получены следующие результаты (таблица 48).

Таблица 48 − Сравнение групп по показателю продолжительности оперативного вмешательства

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Время операции, минуты	87,36±37,25	86,81±39,1	0,770
Минимум/Максимум	40/280	35/300	
Медиана	80	75	

Из представленных данных можно сделать вывод, что время, затраченное на проведение тотального эндопротезирования, в обеих группах статистически значимо не различалось. Данная закономерность объясняется тем, что операции проводили одни и те же бригады хирургов, а также тем, что использованные методики интраоперационного сопровождения позволяют не увеличивать значительно время операции.

При сравнении такого показателя, как объем интраоперационной кровопотери, были получены следующие результаты (таблица 49).

Таблица 49 − Сравнение групп по показателю объема интраоперационной кровопотери

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Интраоперационная кровопотеря, мл	379,86±249,74	86,81±39,1	350,06±215,45
Минимум/Максимум	100/2000	100/2000	
Медиана	300	300	

При анализе полученных данных выявлено, что средняя кровопотеря в обеих группах составила около 300 мл, статистически значимой разницы выявлено не было. Такие результаты обусловлены тем, что операции выполнялись одними и теми же бригадами хирургов с использованием одинаковой общехирургической техники из одинакового доступа. Необходимо отметить тот факт, что использование системного подхода не повлекло за собой увеличения продолжительности выполнения оперативного вмешательства и увеличения интраоперационной кровопотери.

Отдельно в обеих группах было проанализировано восстановление механических параметров оперированного тазобедренного сустава. Вышеизложенным способом определяли послеоперационное смещение центра ротации в трех плоскостях, а также бедренный офсет.

При анализе вертикального смещения (разности между центром ротации оперированного сустава и здорового контралатерального сустава во фронтальной плоскости) были получены следующие данные (таблица 50).

Таблица 50 − Сравнение групп по показателю вертикальное смещение центра ротации после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Вертикальное смещение центра ротации, мм	3,42±3,86	10,01±7,8	<0,001*
Минимум/Максимум	1/19	1/60	
Медиана	1	9,5	

Примечание: * результат является статистически значимым.

При анализе данных было выявлено, что в группе 1, в которой предоперационное планирование, оперативное вмешательство и интраоперационное сопровождение проводились согласно предложенным методам, разница между положением центра ротации оперированного и здорового контралатерального тазобедренного сустава во фронтальной плоскости статистически значимо была меньше. Такие показатели говорят о том, что после операции центр ротации тазобедренного сустава у пациентов 1 группы был восстановлен более точно относительно показателей здорового сустава.

Следующим исследуемым параметром после оперативного вмешательства являлась степень смещения оперированного тазобедренного сустава относительно здорового сустава в горизонтальной плоскости – горизонтальное смещение центра ротации. Полученные данные представлены в таблице 51.

Таблица 51 − Сравнение групп по показателю вертикального смещения центра ротации после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Горизонтальное смещение центра ротации, мм	4,64±3,1	9,16±6,18	<0,001*
Минимум/Максимум	0/12	1/33	
Медиана	5	8	

Примечание: * результат является статистически значимым.

При сравнении групп было выявлено, что разница по показателю смещения центра ротации в горизонтальной плоскости в группе 1 была статистически значимо меньше, чем в группе 2. Полученные данные можно интерпретировать таким образом, что использование методик предоперационного планирования и интраоперационного сопровождения позволяет более точно восстановить центр ротации и минимизировать смещение в горизонтальной плоскости.

В рамках данного исследования был проведен анализ смещения центра ротации в передне-заднем направлении − разность между центром ротации

оперированного и здорового тазобедренного сустава в сагиттальной плоскости (таблица 52).

Таблица 52 − Сравнение групп по показателю передне-заднего смещения центра ротации после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Смещение центра ротации в передне-заднем направлении, мм	2±1,64	4,29±4,48	<0,001*
Минимум/Максимум	1/11	0/20	
Медиана	1	2	

Примечание: * результат является статистически значимым.

При сравнении групп было выявлено, что в обеих группах в сагиттальной плоскости центр ротации был восстановлен близко к параметрам здорового контралатерального сустава, однако в группе 1 степень смещения была статистически значимо меньше.

При дальнейшем сравнении групп по степени восстановления механических параметров были проанализированы показатели изменения бедренного офсета после операции. Под этим показателем понимается разность между бедренным офсетом здорового и оперированного суставов в абсолютном значении (таблица 53).

Таблица 53 − Сравнение групп по показателю изменения бедренного офсета после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Изменение бедренного офсета, мм	4,43±3,25	7,54±6,13	<0,001*
Минимум/Максимум	1/15	0/32	
Медиана	4	6	

Примечание: * результат является статистически значимым.

При сравнении показателей в группах было выявлено, что в группе 1 разница между бедренным офсетом здорового и оперированного суставов в группе 1 была статистически значимо меньше.

Анализируя вышеуказанные данные, можно сделать вывод, что использование разработанных методов предоперационного планирования и интраоперационного сопровождения позволило более точно восстановить механические параметры оперированного сустава относительно здорового тазобедренного сустава в группе 1 по сравнению с пациентами, у которых проводилось стандартное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием общепринятых методик планирования. Наибольшая разница выявлена при сравнении степени смещения центра ротации в вертикальном направлении, остальные механические параметры в группе 2 после операции были близки к параметрам здорового сустава, однако разница между группами была статистически значима.

Функциональные результаты оценивали по таким параметрам, как уровень болевого синдрома по шкале ВАШ и уровень функции тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score путем опроса пациентов и заполнения соответствующих опросников через 6 месяцев после операции. При анализе уровня болевого синдрома через полгода после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава были получены следующие результаты (таблица 54).

Таблица 54 − Сравнение групп по показателю выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ через 6 месяцев после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
ВАШ, баллы	2,53±0,87	2,46±1,31	0,205
Минимум/Максимум	1/4	1/7	
Медиана	2	2	

В обеих группах через 6 месяцев после операции уровень болевого синдрома был низким, статистически значимой разницы выявлено не было. Данный факт обусловлен тем, что тотальное эндопротезирование и последующие реабилитационные мероприятия направлены именно на купирование или снижение болевого синдрома. Однако обращает внимание тот факт, что в группе

2 были выявлены максимумы, соответствующие значительно выраженному болевому синдрому (рисунок 118).

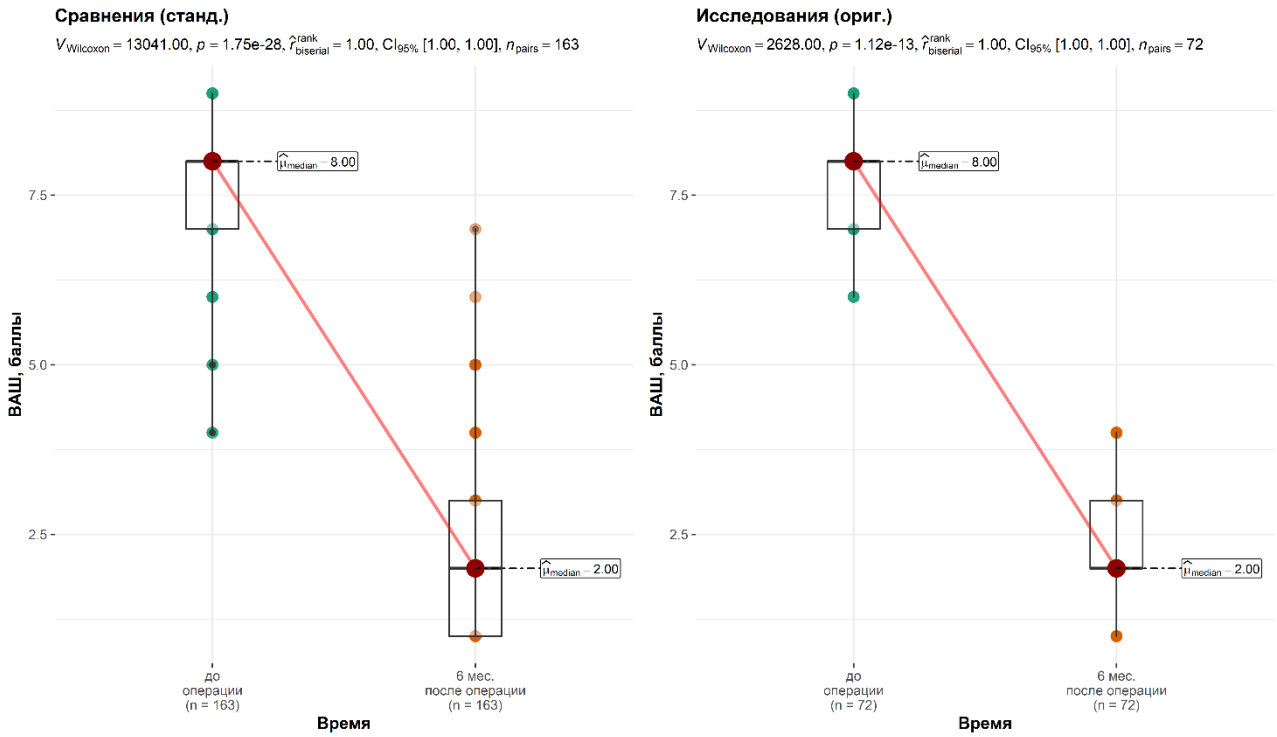


Рисунок 118 − Динамика изменения уровня болевого синдрома в обеих группах в течение 6 месяцев после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Следующим параметром для анализа функциональных результатов являлось сравнение уровня функции оперированного тазобедренного сустава через 6 месяцев после операции (таблица 55).

Таблица 55 − Сравнение групп по показателю функция пораженного тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score через 6 месяцев после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Harris Hip Score, баллы	85,28±7,69	78,32±9,8	<0,001*
Минимум/Максимум	64/97	41/95	
Медиана	86,5	79	

Примечание: * результат является статистически значимым.

При анализе полученных данных было выявлено, что уровень функции оперированного сустава у пациентов 1 группы статистически значимо был выше. Динамика восстановления функции сустава представлена на рисунке 119.

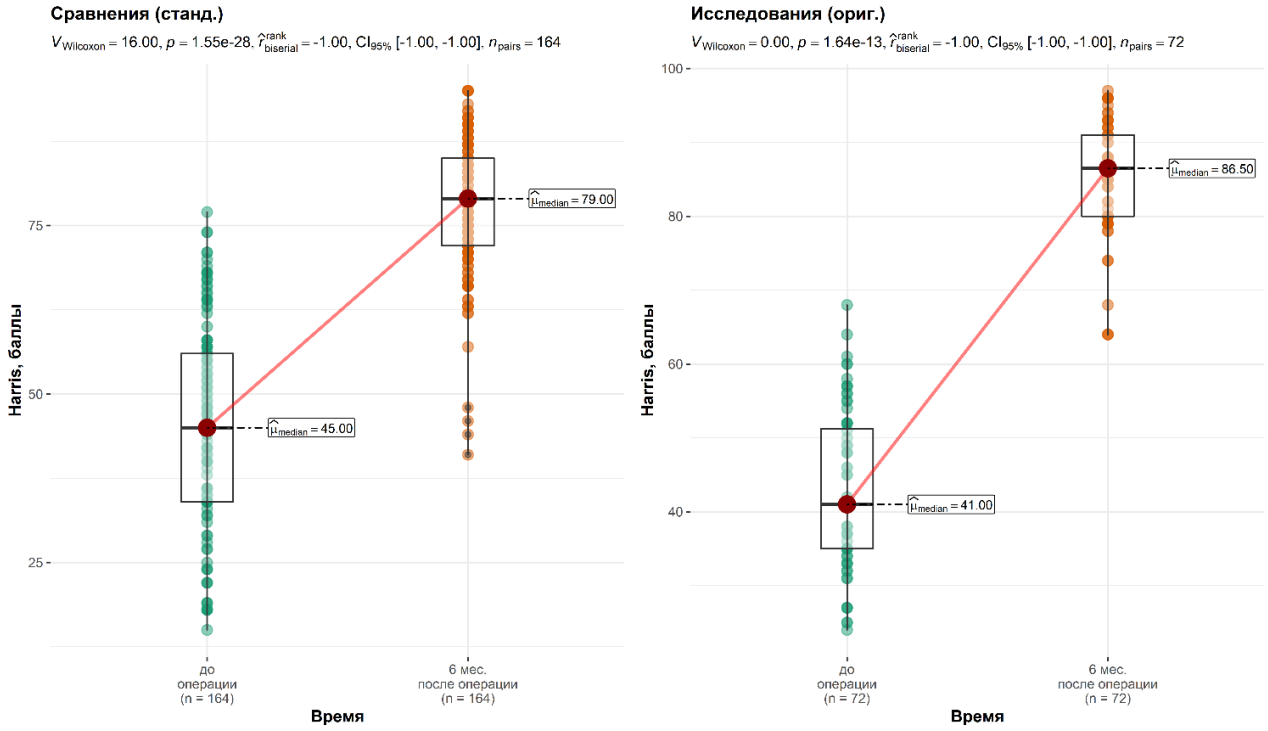


Рисунок 119 − Динамика изменения уровня функции оперированного сустава в обеих группах в течение 6 месяцев после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

В продолжение данного исследования был проведен анализ количества осложнений в обеих группах. Учитывали такие типы осложнений, как осложнения метода хирургического лечения (асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, вывих бедренного компонента, перипротезные переломы, инфекцию в области хирургического вмешательства), а также общие осложнения (тромбоэмболические осложнения, послеоперационные психозы). Проведено сравнение по общему количеству осложнений в обеих группах (таблица 56).

Таблица 56 − Сравнение групп по показателю общее количество осложнений

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Общее количество осложнений	8% (n=6)	15,8 % (n=26)	0,035*

Примечание: * результат является статистически значимым.

При анализе общего количества осложнений выявлено, что в группе 1 осложнений было на 7,8% меньше, что является статистически значимым результатом.

Отдельно было проведено сравнение по каждому из типу осложнений, возникших у пациентов в каждой из групп. Перипротезная инфекция, как ранняя, так и поздняя, развилась у 10 пациентов: в 2 случаях в группе 1 и в 8 случаях в группе 2 (таблица 57).

Таблица 57 − Сравнение групп по признаку частоты развития инфекции области хирургического вмешательства

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Инфекция области хирургического вмешательства	2,7% (n=2)	4,8 % (n=8)	0,726

Анализируя полученные данные, выявлено, что перипротезная инфекция у пациентов 1 группы развивалась на 2,1% реже, чем у пациентов группы 2. Разница была статистически незначима.

Следующей категорией анализируемых осложнений являлись вывихи бедренного компонента эндопротеза. Всего у пациентов в рамках данного исследования было выявлено 6 случаев вывиха головки эндопротеза: у 1 пациента группы 1 и у 5 пациентов группы 2 (таблица 58).

Таблица 58 − Сравнение групп по признаку частоты развития вывихов бедренного компонента эндопротеза

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Вывих бедренного компонента тотального эндопротеза	1,3% (n=1)	3 % (n=5)	0,670

Согласно полученным данным, частота развития вывихов у пациентов группы 1 развивались на 1,7% реже, чем в группе 2. Результат был статистически незначим.

В ходе данного исследования была проанализирована частота развития асептического расшатывания компонентов эндопротеза в послеоперационном периоде. Всего было диагностировано 5 случаев нестабильности компонентов эндопротеза: у 1 пациента группы 1 и у 4 пациентов группы 2 (таблица 59).

Таблица 59 − Сравнение групп по признаку частоты развития асептического расшатывания компонентов эндопротеза

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Асептическое расшатывание компонентов эндопротеза	1,3% (n=1)	2,4 % (n=4)	>0,999

Согласно полученным данным, в группе 1 количество развития нестабильности компонентов в послеоперационном периоде было выявлено на 1,1% реже, чем в группе 2.

Анализ количества развития нейропатий различных порций седалищного нерва в послеоперационном периоде показал, что осложнения такого типа развились у 12 пациентов: в 2 случаях в группе 1 и в 10 случаях в группе 2 (таблица 60).

Таблица 60 − Сравнение групп по признаку частоты развития нейропатий седалищного нерва

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Нейропатия различных порций седалищного нерва	2,7% (n=2)	6 % (n=10)	0,354

Нейропатия седалищного нерва стала самым часто встречаемым типом осложнения, она развилась у 5% пациентов, включенных в данное исследование. Выявлено, что в группе 1 данное осложнение развивалось на 3,3% реже, чем в группе 2.

К осложнениям, не связанным напрямую с методом оперативного лечения, относили такие осложнения, как развитие послеоперационного психоза и

тромбоэмболические осложнения (в рамках исследования были выявлены только флеботромбозы глубоких и поверхностных вен нижних конечностей). Всего было выявлено 12 случаев, отнесенных к категории прочие осложнения. 1 случай сенильного психоза и 11 случаев венозного флеботромбоза. Все тромбозы были пролечены консервативно, показаний к хирургическому вмешательству не было. Распределение осложнений в группах представлено в таблице 61.

Таблица 61 − Сравнение групп по признаку частоты развития прочих осложнений

Показатель	Группа 1 (n=72)	Группа 2 (n=164)	P
Прочие осложнения	6,9% (n=5)	4,2 % (n=7)	0,520

При анализе было выявлено, что статистически значимой разницы между группами по частоте развития прочих осложнений выявлено не было, однако в группе 1 количество флеботромбозов было несколько больше.

В заключении анализа сравнения групп можно сделать вывод, что предложенный метод предоперационного планирования, позволяющий определить тактику оперативного лечения в плане позиционирования вертлужного компонента, замещения дефекта ацетабулярной впадины, в комплексе с методами интраоперационного сопровождения позволяет более точно восстановить такие механические параметры тазобедренного сустава, как центр ротации и бедренный офсет.

Предложенные методы не требуют значительного увеличения времени оперативного вмешательства, не сопровождаются повышением объема интраоперационной кровопотери и не приводят к усугублению травматического оперативного воздействия. За счет того, что для проведения предоперационного планирования и определения тактики хирургического вмешательства на вертлужной впадине требуется только проведение МСКТ и работа с 3D-моделью, продолжительность предоперационного койко-дня, как и общая продолжительность стационарного лечения также не увеличивается. Оперативная техника, использованная хирургами в рамках данного исследования,

направленная на достижение стабильной фиксации компонентов с восстановлением механических показателей, наиболее близких к параметрам здорового сустава, позволила уменьшить количество осложнений на 7,8%, достоверно улучшить функциональные результаты лечения, что доказывает ее эффективность.

Клинический пример № 9

Пациент В., 26 лет, поступил в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО с диагнозом: посттравматический асептический некроз головки правого бедра 4 стадии. Правосторонний посттравматический коксартроз 3 ст. Консолидированный перелом заднего края правой вертлужной впадины в условиях остеометаллосинтеза. Комбинированная контрактура правого тазобедренного сустава. Относительное укорочение правой нижней конечности 2,5 см. Синдром коксалгии справа. Из анамнеза: травма за 20 месяцев до поступления в клинику эндопротезирования, автодорожная. Судя по представленной архивной документации, был диагностирован закрытый неосложненный вывих головки правой бедренной кости. Проведено закрытое вправление, гипсовая иммобилизация.

Через 42 дня с момента травмы выполнена операция: остеосинтез заднего края вертлужной впадины пластиной, винтами, послеоперационный период без осложнений. Через 97 дней после травмы произошел рецидив вывиха бедра, пациенту проведено открытое вправление вывиха, фиксация спицами. В раннем послеоперационном периоде – ранняя глубокая периимплантная инфекция, проводились санации, удаление спиц. С течением времени болевой синдром усилился, прогрессировало ограничение движений в правом тазобедренном суставе, хромота.

Обратился на прием в ФГБУ ННИИТО, госпитализирован для обследования и лечения. Статус при поступлении: телосложение правильное. Кожные покровы обычного цвета, чистые. Видимые слизистые бледно-розовые. Периферические л/узлы не пальпируются. Дыхание самостоятельное, везикулярное, проводится во все отделы. ЧДД – 18 в мин. Тоны сердца ясные, ритм правильный. ЧСС – 72 в

мин. Гемодинамика стабильная. АД – 120/80 мм рт.ст. Живот мягкий, безболезненный во всех отделах. Печень − по краю реберной дуги. Селезенка не пальпируется. Симптом поколачивания отрицателен с обеих сторон. Физиологические отправления в норме.

Травматолого-ортопедический статус. Походка: ходит небольшими шагами, хромает на правую ногу. Общий осмотр. Спереди: не изменен; сбоку: не изменен; сзади: не изменен. Область правого тазобедренного сустава: правильной формы, не деформирована. Послеоперационные рубцы: без признаков воспаления. Положение правой нижней конечности: сгибание − 10 градусов; приведение − 0 гр.; наружная ротация − 0 гр. Нагрузка по оси бедра: болезненна справа. Пальпация области тазобедренных суставов: болезненная по передней поверхности справа.

Объем движений в тазобедренных суставах: сгибание справа − 90 гр.; слева − 110 гр.; разгибание: справа – 10 гр., слева − 0 гр.; отведение: справа − 0 гр., слева − 20 гр.; приведение: справа − 0 гр., слева − 20 гр.; внутр. ротация: справа − 0 гр., слева − 30 гр.; наружн. ротация: справа − 0 гр., слева − 30 гр. Сгибательная контрактура: справа.

Приводящая контрактура: справа. Движения болезненны: справа. Симптом Тренделенбурга: отрицательный. Линия Шумахера: справа − на 2 см ниже уровня пупка; слева – на уровне пупка. Большой вертел расположен выше линии Розер-Нелатона: справа − на 2 см; слева − на 0 см. Большой вертел расположен выше линии Куслика: справа − на 2 см, слева − на 0 см. Вертикальный катет треугольника Бриана: справа − на 2 см, слева – на 4 см.

Относительная длина правой нижней конечностей – 86 см. Функциональное укорочение – 2 см. Коленный сустав: сгибание справа − 90 гр., слева − 90 гр. Объем мягких тканей: правое бедро: прокс. треть − 50 см, средняя треть − 47 см, дист. треть − 44 см; левое бедро: прокс. треть − 50 см, средняя треть − 47 см, дист. треть − 44 см. Поясничный отдел позвоночника: сгибание кпереди − не достает до пола; сгибание вправо − не достает до пола; сгибание влево − не достает до пола. Вазомоторные расстройства – нет. Объем движений в суставах верхних

конечностей – полный. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ – 7 баллов, уровень функции сустава по шкале Harris Hip Score – 36 баллов.

Проведено рентгенологическое исследование (рисунок 120). Проведено МСКТ таза с тазобедренными суставами, вывялено наличие деформации заднего края вертлужной впадины, остеолизиса и дефекта задней колонны, подвывиха головки правой бедренной кости (рисунки 121–122). Проведено рентгенологическое предоперационное планирование с использованием плоскостных шаблонов.

Рисунок 120 − Рентгенограмма таза с тазобедренными суставами пациента В. при поступлении в клинику ФГБУ ННИИТО

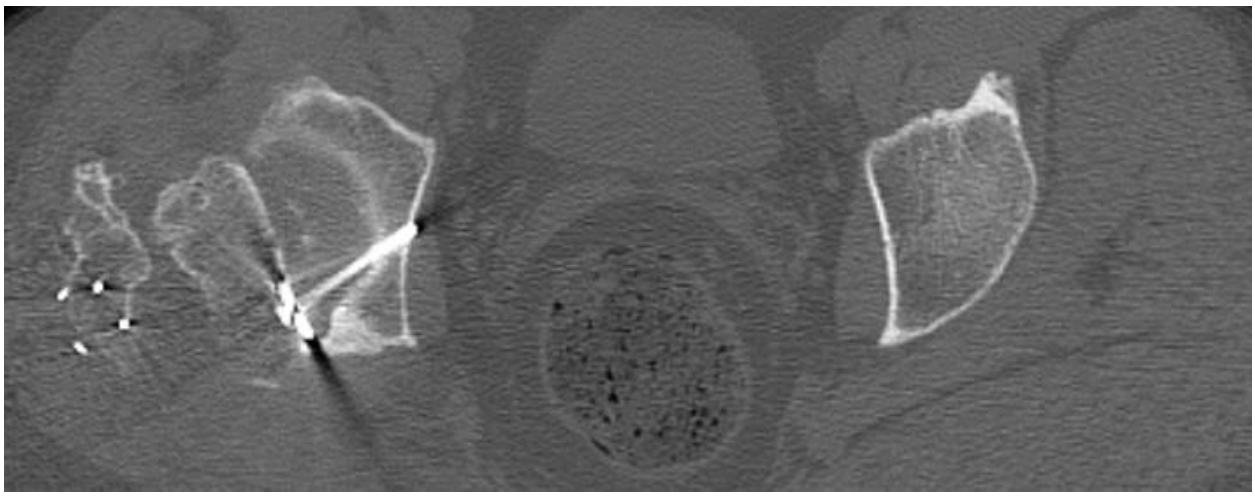


Рисунок 121 − Сагиттальный срез МСКТ таза пациента В. при поступлении, определяется остеолизис задней колонны, деформация вертлужной впадины, смещение центра ротации тазобедренного сустава в дорсальном направлении

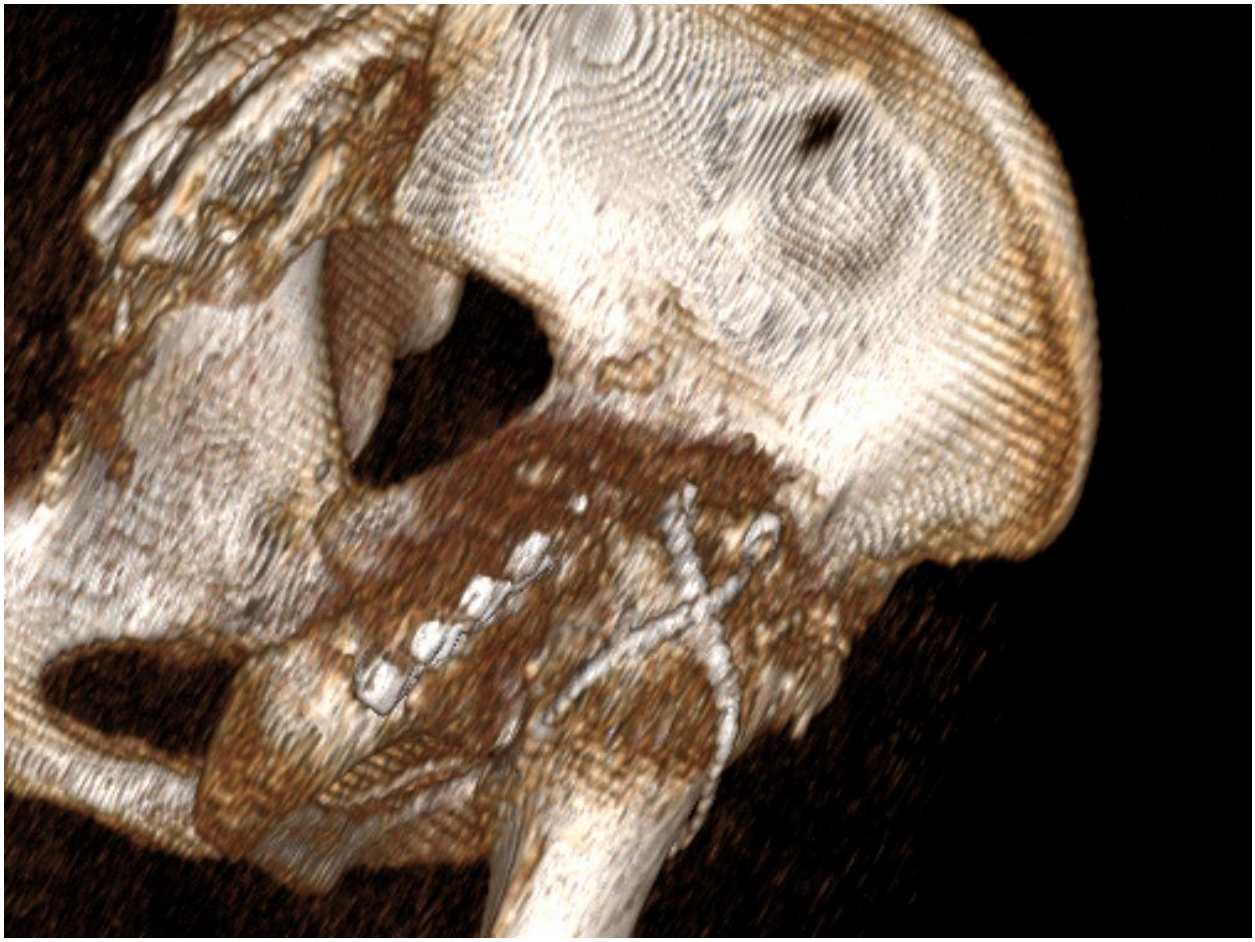


Рисунок 122 − 3D-реконструкция таза пациента В. при поступлении. Деформация задней колонны вертлужной впадины

Ретроспективно определены механические параметры пораженного тазобедренного сустава: степень смещения центра ротации и разность бедренного офсета относительно здорового контралатерального тазобедренного сустава. Вертикальное смещение центра ротации – 27 мм, горизонтальное – 15 мм, передне-заднее – 35 мм, бедренный офсет – 10 мм.

После предварительной предоперационной подготовки пациенту проведено оперативное вмешательство − эндопротезирование правого тазобедренного сустава эндопротезом Zimmer ML Taper с костной аутопластикой заднего края вертлужной впадины. Время операции – 150 минут, кровопотеря – 600 мл (рисунок 123).

Рисунок 123 − Послеоперационная рентгенограмма таза с тазобедренными суставами пациента В.

Ретроспективно оценены механические параметры оперированного тазобедренного сустава по данным рентгенографии и МСКТ таза. Вертикальное остаточное смещение центра ротации составило 9 мм, горизонтальное – 11 мм, дорсальное смещение – 10 мм. Разница бедренного офсета со здоровой стороной составила 13 мм (рисунок 124).

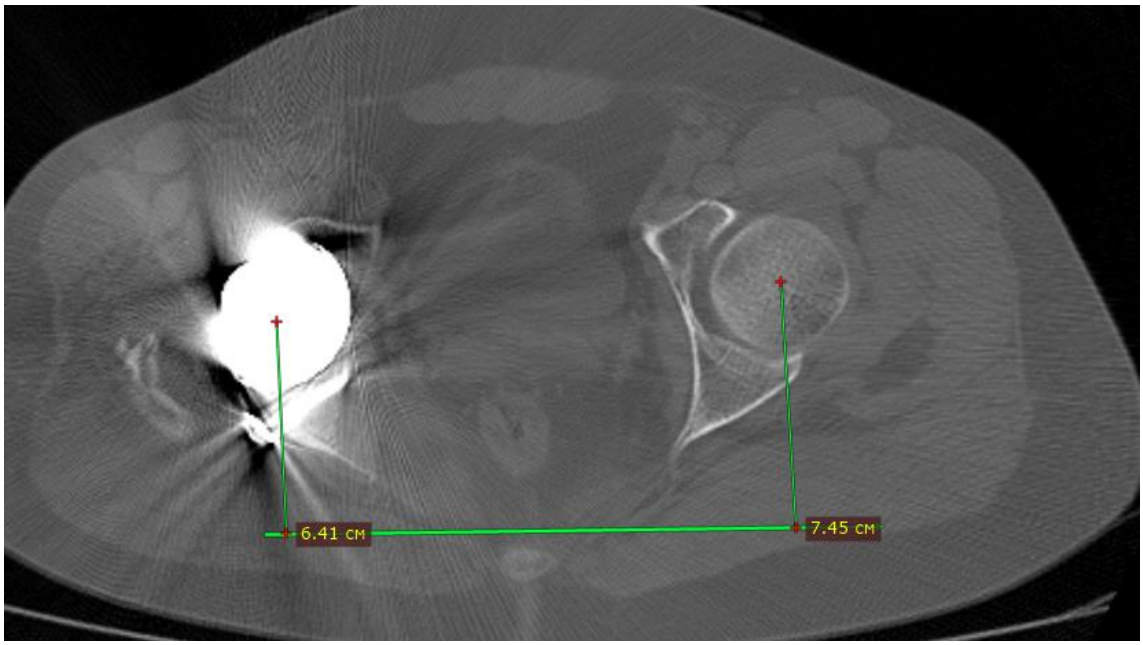


Рисунок 124 − Сагиттальный срез МСКТ таза пациента В. на 2 сутки после операции. Отмечается дорсальное смещение центра ротации оперированного сустава на 10 мм по сравнению с здоровым суставом

Ранний послеоперационный период гладкий, заживление первичное. Через 6 месяцев были оценены функциональные результаты лечения: уровень болевого синдрома по шкале ВАШ составил 4 балла, уровень функции тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score – 70 баллов. На контрольном осмотре через 6 месяцев пациент передвигается с опорой на трость, сохраняется хромота, болевой миофасциальный синдром в области оперированного сустава, получает консервативное лечение нестероидными противовоспалительными средствами, физиолечение. Пациент амбулаторно наблюдался в поликлинике ФГБУ ННИИТО в течение 18 месяцев, за время наблюдения осложнений оперативного лечения выявлено не было.

Клинический пример № 10

Пациент Н., 57 лет, поступил в клинику эндопротезирования ФГБУ ННИИТО с диагнозом: правосторонний посттравматический коксартроз 3 ст. НФС 2 ст. Посттравматическая деформация, ложный сустав заднего края вертлужной впадины справа в условиях МОС пластиной, винтами. Коксалгия справа. Укорочение правой нижней конечности на 3 см.

Из анамнеза: травма за 11 месяцев до поступления в клинику эндопротезирования, автодорожная. Судя по представленной архивной документации, был диагностирован закрытый неосложненный вывих головки правой бедренной кости. Проведено открытое вправление, остеосинтез задней колонны вертлужной впадины пластиной, винтами, послеоперационный период без осложнений.

Сохранялся болевой синдром, нарушение походки. С течением времени болевой синдром усилился, прогрессировало ограничение движений в правом тазобедренном суставе, хромота. Обратился на прием в ФГБУ ННИИТО, госпитализирован для обследования и лечения. Статус при поступлении − Status localis: ходит с опорой на трость, прихрамывая на правую нижнюю конечность. В области правого тазобедренного сустава − послеоперационный рубец по задней поверхности 15 на 1 см, плотный, безболезненный, без признаков воспаления.

При пальпации отмечается локальная болезненность в области правого тазобедренного сустава в наружно-верхних отделах. Объем движений в правом тазобедренном суставе: сгибание 85-0-0, отведение 10-0-10, наружная ротация 5-0-5. Движения резко болезненные. Гипотрофия мышц правого бедра, ягодичной области справа. Осевая нагрузка болезненна. Кровоснабжение и иннервация нижних конечностей сохранены, не нарушены. Уровень болевого синдрома по шкале ВАШ – 8 баллов, уровень функции сустава по шкале Harris Hip Score – 33 балла.

Проведено рентгенологическое исследование (рисунок 125). Проведено МСКТ таза с тазобедренными суставами, вывялено наличие деформации и

дефекта задней колонны вертлужной впадины, аваскулярного некроза головки правой бедренной кости (рисунок 126).

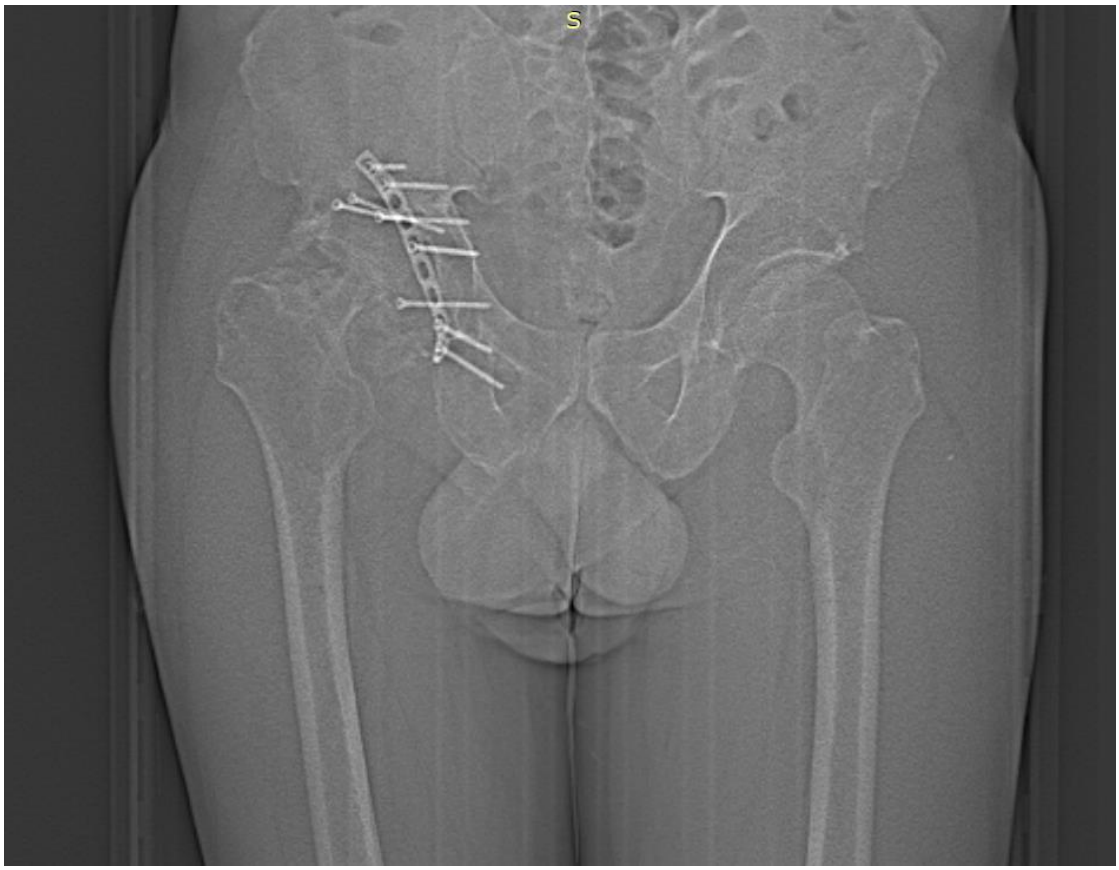


Рисунок 125 – Рентгенограмма таза с тазобедренными суставами при поступлении в клинику ФГБУ ННИИТО

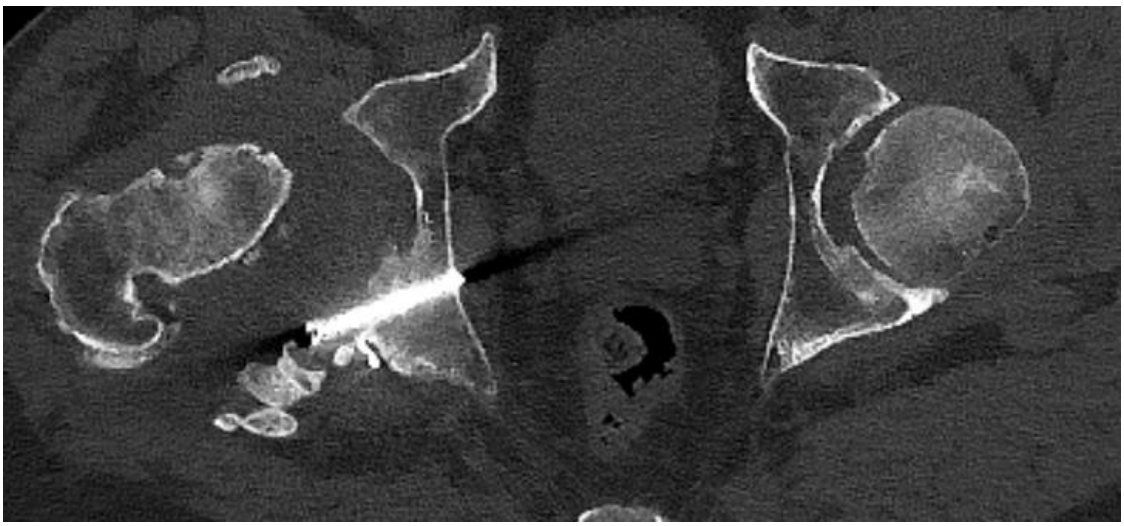


Рисунок 126 – Сагиттальный срез МСКТ таза пациента В. при поступлении, определяется деформация задней колонны вертлужной впадины

Определены механические параметры пораженного тазобедренного сустава – степень смещения центра ротации и разность бедренного офсета относительно здорового контралатерального тазобедренного сустава. Вертикальное смещение центра ротации – 28 мм, горизонтальное – 11 мм, передне-заднее – 12 мм, разность бедренного офсета – 12 мм.

Проведено предоперационное планирование с использованием разработанного способа предоперационного планирования. Дефицит лонного сегмента – 34% P II. Дефицит подвздошного сегмента – 71% IL IV. Дефицит седалищного сегмента – 67% IS IV. Определен необходимый объем костной пластики – 28 $см^3$. Выбранной тактикой стала имплантация вертлужного компонента большого размера с проведением костной аллопластики и полиаксиальным введением винтов (рисунок 127).

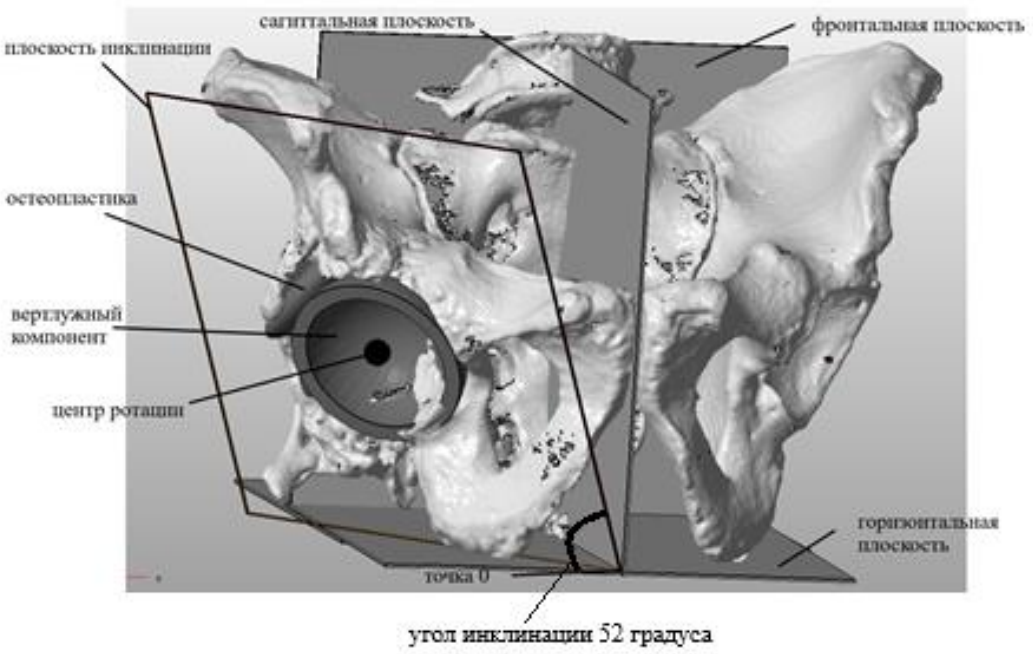


Рисунок 127 – 3D-реконструкция таза, планируемое положение вертлужного компонента

После предварительной предоперационной подготовки пациенту проведено оперативное вмешательство – эндопротезирование правого тазобедренного сустава с костной аллопластикой вертлужной впадины. Время операции – 120 минут, кровопотеря – 500 мл (рисунок 128).

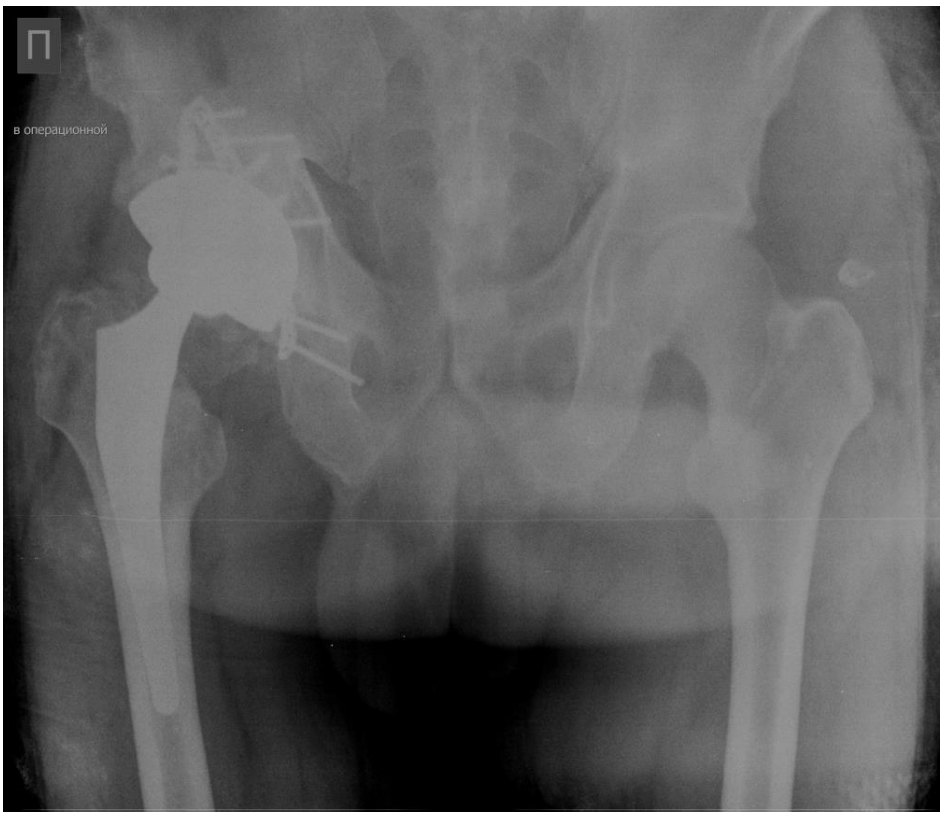


Рисунок 128 – Послеоперационная рентгенограмма таза с тазобедренными суставами

Интраоперационно были удалены только 2 винта, мешавшие обработке вертлужной впадины, пластина была оставлена в качестве армирующей конструкции задней колонны. Был имплантирован вертлужный компонент бесцементной фиксации размера 68 мм.

Оценены механические параметры оперированного тазобедренного сустава по данным рентгенографии и МСКТ таза. Вертикальное остаточное смещение центра ротации составило 6 мм, горизонтальное – 3 мм, дорсальное смещение – 6 мм. Разница бедренного офсета со здоровой стороной составила 7 мм.

Ранний послеоперационный период гладкий, заживление первичное. Через 7 месяцев на контрольном осмотре были оценены функциональные результаты лечения: уровень болевого синдрома по шкале ВАШ составил 2 балла, уровень функции тазобедренного сустава по шкале Harris Hip Score – 84 балла. Пациент передвигается без средств внешней опоры, вернулся к труду через 4 месяца после операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное диссертационное исследование было проведено с целью повышения эффективности сложного первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, с исходом в посттравматический коксартроз, сопровождающийся деформациями и дефектами вертлужной впадины, путем разработки новых методов диагностики и хирургического лечения.

Определение цели данного исследования было обусловлено проведением анализа мировой и отечественной литературы, а также клинического опыта лечения данной категории пациентов в клинике эндопротезирования ФГБУ ННИИТО. Для реализации поставленной цели были определены этиология и распространенность посттравматического артроза тазобедренного сустава, факторы, влияющие на функциональный и клинический результат лечения переломов вертлужной впадины по данным литературы. Были проанализированы результаты и особенности проведения тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическим коксартрозом, сопровождающимся дефектами и деформациями вертлужной впадины, которым с 2014 по 2023 гг. проводилось хирургическое лечение в клинике ФГБУ ННИИТО.

По результатам проведенного анализа были определены факторы, влияющие на результаты эндопротезирования, определены предоперационные и послеоперационные предикторы развития осложнений, как механического, так и инфекционного характера. Определены пороговые допустимые значения механических параметров тазобедренного сустава, такие как центр ротации и бедренный офсет, изменение которых не приводит к развитию осложнений механического характера.

Разработаны и внедрены в клиническую практику способы визуализации и описания дефектов вертлужной впадины, предоперационного планирования и выбора метода замещения дефектов, интраоперационного сопровождения

тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Оценены результаты применения разработанных методов и доказана их эффективность.

Для достижения поставленной цели были сформулированы 7 задач и проведено многоэтапное исследование. Первым этапом исследования для решения первой поставленной задачи был проведен анализ мировой и отечественной литературы в виде системного обзора с глубиной выборки 25 лет, с 1995 по 2020 гг.

В анализ включали исследования, посвященные тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава у пациентов старше 18 лет с последствием травм вертлужной впадины. Поиск литературы в базах данных для проведения исследования выявил 1843 заголовка, 1022 заголовка были исключены по причине повторения. 821 публикация была изучена и подвергнута анализу на предмет критериев включения и исключения. В итоговое качественное и количественное исследование было включено 20 полнотекстовых работ на русском или английском языках с общим количеством наблюдений 1184 пациента, от 12 до 221.

Сроки оперативного лечения пациентов охватили период с 1984 по 2018 гг. Сроки наблюдения составили в среднем 5,5±1,19 лет, от 2 до 18 лет. Было выявлено, что средний срок от момента травмы до необходимости проведения тотального эндопротезирования составил 8 лет, с медианой в 6,7 лет. Это говорит о том, что, несмотря на различные методы хирургического лечения переломов вертлужной впадины, в мировой травматологии остается актуальной проблема развития выраженных посттравматических дегенеративных изменений в тазобедренном суставе. Проанализировав возрастной и половой состав пациентов, было выявлено, что чаще всего пациентами с посттравматическим коксартрозом, требующим оперативного лечения, становятся мужчины трудоспособного возраста.

Средний возраст пациентов составил 56,4±12,7 года, с медианой в 51 год, что подтверждает актуальность проблемы лечения данной патологии. В ходе проведения исследования были установлены следующие особенности

хирургического лечения: самым распространенным способом замещения дефектов является костная ауто- и аллопластика, большинство хирургов предпочитают имплантировать ацетабулярные компоненты бесцементной фиксации с дополнительным введением винтов, так как именно такой тип имплантатов обеспечивает более высокую среднесрочную и долгосрочную выживаемость.

Отмечена тенденция к использованию аддитивных технологий и замещению дефектов индивидуальными аугментами и ацетабулярными компонентами. Процент осложнений тотального эндопротезирования у пациентов данной категории остается высоким, особенно по сравнению с результатами лечения идиопатического коксартроза.

Так, осложнения, потребовавшие ревизионного вмешательства, были выявлены в ходе анализа литературных данных в среднем в 13,47%. Чаще всего реэндопротезирование требовалось по поводу нестабильности компонентов и рецидивирующего вывиха бедренного компонента. Среди осложнений немеханического характера чаще всего развивались гетеротопическая оссификация при различных хирургических доступах, и нейропатии седалищного или бедренного нервов. Лучшей профилактикой осложнений эндопротезирования является корректная имплантация вертлужного компонента с достижением стабильной фиксации. Для определения этих параметров, детальной визуализации дефекта и предоперационного планирования необходимо использование классификации.

На сегодняшний день самой часто используемой классификацией остается классификация W.G. Paprosky, которая, несмотря на свои ограничения, имеет много преимуществ, включая ее широкое распространение, простоту использования, доступность рутинных периоперационных рентгенограмм, а также разумную надежность и валидность. Однако при дальнейшем анализе было выявлено, что данная классификация не подходит для описания дефектов у пациентов с последствиями травмы вертлужной впадины, поскольку

постимплантационные и посттравматические дефекты имеют разную этиологию и тип изменений костной ткани.

Определены наиболее перспективные направления для разработки объединенной классификации или описательной системы. Такая система должна отображать тип, характер, локализацию не только дефекта костной ткани, но и тип деформации вертлужной впадины. Под деформацией вертлужной впадины понимается смещение суставных поверхностей, приводящее к изменению механических параметров тазобедренного сустава, которыми являются центр ротации и бедренный офсет. Для определения факторов, влияющих на результат лечения переломов вертлужной впадины, был проведен следующий этап исследования.

Предпринято ретроспективное, одноцентровое, нерандомизированное контролируемое исследование, в которое (после проведения на проверку соответствия критериям включения и исключения) были включены 236 пациентов. Пациенты были разделены на 2 группы: в I группу включены 179 больных, которым оперативное лечение по поводу перелома вертлужной впадины либо не проводилось, либо суставная поверхность не была восстановлена, либо операция была выполнена в срок более 14 дней с момента травмы.

Степень репозиции оценивали по архивным рентгенограммам и данным МСКТ, оценивали наличие остаточного смещения и восстановление анатомии суставной поверхности. Во II группу включены 57 пациентов, которым в срок до 14 дней с момента травмы был проведен стабильный остеосинтез с анатомичным восстановлением суставной поверхности вертлужной впадины В ходе проведения исследования было выявлено, что корректно проведенное лечение позволяет увеличить срок развития посттравматических дегенеративных изменений суставного хряща и отсрочить проведение тотального эндопротезирования в среднем на 5,8 лет. Кроме того, у пациентов II группы уровень функции тазобедренного сустава был статистически значимо лучше, что позволило провести более простые технически оперативные вмешательства и получить более высокие функциональные результаты.

При анализе осложнений тотального эндопротезирования было выявлено, что количество неврологических осложнений в виде рецидива нейропатии седалищного нерва у пациентов II группы было значительно меньше.

Следующим этапом проведения исследования была выдвинута гипотеза, что на клинический и функциональный результат влияет не только восстановление анатомии при лечении травм вертлужной впадины, но и восстановление механических параметров тазобедренного сустава после тотального эндопротезирования.

Для определения степени смещения центра ротации и бедренного офсета за точку отсчета брали параметры здорового контралатерального сустава, определяли количественную разницу между зеркально перенесенным на поврежденную сторону центром ротации и центром патологического центра ротации в трех плоскостях измерения. Измеряли разницу между показателями бедренного офсета здорового сустава и травмированного сустава.

При сравнении динамики изменения дооперационных и послеоперационных параметров, их корреляции с функциональными результатами, путем проведения построений логистических моделей корреляции и ROC-анализа было выявлено, что пороговым значением, статистически значимо влияющим на результат, является значение в 8 мм.

Таким образом, разница между любым механическим показателем здорового и оперированного суставов более 8 мм с высокой вероятностью приводит к развитию осложнений механического характера и снижению функционального результата. Данное значение стало критерием при распределении пациентов в группы на следующем этапе исследования. Было проведено ретроспективное одноцентровое нерандомизированное исследование.

В работе проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, которых распределили на две группы по степени смещения восстановления механических параметров оперированного сустава. В группу 1 были включены 56 пациентов, у которых разница показателей смещения центра ротации и офсета не превышала 8 мм по каждому из

параметров. В группу 2 были включены 138 пациентов, у которых хотя бы по одному из параметров разница была более 8 мм. В ходе анализа были получены следующие результаты: пациенты второй группы находились на стационарном лечении статистически значимо дольше, процент осложнений в группе 2 был выше на 22,3%.

Особого внимания заслуживает тот факт, что в группе 1 отсутствовали такие осложнения, как рецидивирующий вывих и нейропатия различных порций седалищного нерва и бедренного нерва. При проведении анализа функции сустава по шкале HHS было получено статистически значимое улучшение результатов лечения в группе пациентов, у которых механические параметры в суставе были восстановлены наиболее близко к здоровому контралатеральному суставу.

Обращает на себя внимание тот факт, что разницы в продолжительности времени операции, интраоперационной кровопотере выявлено не было. Таким образом, можно сделать заключение, что оперативное вмешательство, в ходе которого проводится детальное восстановление центра ротации и бедренного офсета, наиболее близкого к здоровому контралатеральному суставу, не является более травматичной и сложной технически операцией.

Как было выявлено в ходе предшествующих исследований, на данный момент отсутствует общепринятая классификация или описательная система для проведения сложного первичного эндопротезирования у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями. Проведение предоперационной визуализации дефекта, определение деформации и планирование позиционирования вертлужного компонента являются необходимыми задачами при проведении оперативного вмешательства на вертлужной впадине.

С целью решения поставленных задач был разработан способ реконструкции вертлужной впадины при наличии дефекта (заявка на изобретение 2023115542, приоритет от 13.06.23). Данный способ основан на методе математического моделирования и проводится в несколько этапов.

Первый этап − проведение мультиспиральной компьютерной томографии области таза, преобразование формата DICOM в любой сеточный формат, позволяющий работать с объемными моделями, например формат STL.

Второй этап: полученное изображение в формате STL обрабатывается в CAD-проектировщике. В процессе выполнения этапа производится точечное удаление всех артефактов, определение и удаление металлоконструкций, визуализация области дефекта.

Третий этап: полученная объемная модель подвергается процедуре определения плотности костной ткани с использованием шкалы Hounsefield. Интересующим интервалом является интервал с плотностью в диапазоне от 400 до 600 единиц HU, то есть соответствующим плотности нормальной костной ткани костей таза, способным выдерживать нагрузку при вертикальной опоре. На полученном изображении возможно оценить качественные признаки (геометрию дефекта), количественные признаки (площадь и объем дефекта), а также точно описать локализацию (в пределах каких анатомических областей данный дефект расположен). Обязательным условием является интактность противоположного сустава, так как механические параметры здорового контралатерального сустава (центр ротации, бедренный офсет) при осуществлении данного способа принимаются за показатели нормы для каждого конкретного пациента.

Для правильного позиционирования и топографической ориентации проводится построение плоскостей таза – вертикальной, горизонтальной и фронтальной с пересечением их в точке «ноль», которая соответствует прохождению горизонтальной плоскости на уровне седалищных бугров и ее пересечению фронтальной и сагиттальной плоскостями на уровне середины симфиза. После построения плоскости инклинации вертлужной впадины на здоровой стороне таза определяют центр ротации здорового тазобедренного сустава. Пространственное положение данного механического параметра определяется с помощью рентгенограмм (вертикальное, горизонтальное положение относительно центральной оси таза и линии, соединяющие седалищные бугры, соответственно), так и с помощью измерения передне-заднего

положения по данным МСКТ (расстояние от переднего и заднего краев, дна вертлужной впадины). Зная данные параметры, в выбранной точке располагается модель из стандартной библиотеки графического редактора – сфера с радиусом 5 мм. Данная фигура наглядно демонстрирует расположение центра ротации здорового тазобедренного сустава и служит для дальнейшего позиционирования и измерений.

Следующим этапом необходимо провести определение полусферы здорового тазобедренного сустава путем очерчивания контуров здоровой вертлужной впадины инструментами, входящими в стандартный набор графического редактора. Полусфера делится на три сектора, соответствующие лонной, седалищной и надацетабулярной частям вертлужной впадины. Данные сектора обозначаются буквами P (pubis), Il (Ilium) и Is (Ischiaticum). Выбор именно таких геометрических фигур обусловлен анатомической формой вертлужной впадины и ее образованием из трех костей.

Для определения сектора соответствующего размера проводится подбор геометрической фигуры из сформированной библиотеки с размерным рядом с шагом в радиусе в 1 мм тестовых фигур для каждой из костей вертлужной впадины (лонной, седалищной, подвздошной), представляющих собой 1/3 разделенной соответственно на три части полусферы, где есть сферическое основание, три контактные грани и вершина. Сектор пространственно позиционируется таким образом, чтобы не менее 75% поверхности его основания находилось в контакте с опороспособной плотной костной тканью (ранее окрашенная зона с плотностью модели от 400 до 600 HU), а вершина соответствовала центру ротации. Контактные грани должны соприкасаться с контактными гранями других тестовых фигур и плоскостью инклинации здоровой вертлужной впадины. После подбора правильно ориентированной фигуры с известными показателями объема и площади поверхности эти параметры описываются для каждого сектора, соответствующего лонной, седалищной и подвздошной поверхностям вертлужной впадины. Объем каждой фигуры определяется по формуле $V=(2/3)\pi r^3/3$. Третьим этапом плоскость инклинации

зеркально переносим на сторону поврежденной вертлужной впадины, переносим зеркально центр ротации.

Определяются границы дефекта вертлужной впадины путем очерчивания контуров в каждой отдельной кости, образующей вертлужную впадину. Затем в очерченные контуры дефекта каждой кости, формирующей вертлужную впадину, подбираются тестовые фигуры с первого этапа. Тестовая фигура, взятая из раздела библиотеки седалищной кости, помещается в проекцию седалищной кости, образующей вертлужную впадину. Тем же образом позиционируются лонная и подвздошная тестовые фигуры, которые совмещаются между собой контактными гранями, при этом их вершины объединяются в одну точку, соответствующую центру ротации, расположенную на плоскости инклинации. По указанной выше формуле вычисляется количественный объем (V□) каждой отдельной фигуры.

Четвертым этапом высчитывают процент повреждения в каждой области (лонной, седалищной, подвздошной) для патологической стороны поврежденного тазобедренного сустава по формуле:

$$100\% - (V\ (\text{патологический}) / V\ (\text{Нормальный})*100\%),$$

где V (патологический) − объем шаблона на поврежденном тазобедренном суставе; V (нормальный) – объем шаблона на здоровом тазобедренном суставе.

1) 100% − (VP (патологический) / VP (Нормальный)*100%), для лонного сектора;

2) 100% − (VIs (патологический) / VIs (Нормальный)*100%), для седалищного сектора;

3) 100% − (Vil (патологический) / Vil (Нормальный)*100%). для подвздошного сектора.

По полученным данным определяется процентное выражение дефекта для каждой кости, образующей вертлужную впадину. Для определения тактики реконструкции вертлужной впадины – выбора способа замещения дефекта вертлужной впадины, типа вертлужного компонента – была сформирована таблица, где для каждого типа дефекта каждой из костей подобрана своя

хирургическая тактика. Дефекты каждой из костей разделены на 5 типов, в зависимости от процентной потери костной ткани относительно здоровой стороны – от 0% до 25%, от 26% до 40%, от 41% до 60%, от 61% до 80% и свыше 80%. Данные процентные изменения соответствуют типам 1, 2, 3, 4 и 5.

Основополагающим принципом при проведении эндопротезирования мы считаем восстановление механических параметров тазобедренного сустава – центра ротации, бедренного офсета – путем достижения стабильной фиксации компонента с опорой на три опорные точки вертлужной впадины и замещения костного дефекта.

При проведении сложного первичного тотального эндопротезирования, к которому относится оперативное вмешательство у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины, применяются особенности хирургической техники.

Выбор оперативного доступа (задний, переднелатеральный, передний) определяется типом и характером посттравматических изменений, наличием и локализацией металлоконструкций от предыдущих оперативных вмешательств, обеспечением максимальной визуализации. При наличии металлоконструкций удалению подлежат только те имплантаты, которые непосредственно мешают стабильной фиксации вертлужного компонента. Хирургический вывих бедра не использовали по причине необходимости уменьшения травматизации окружающих тканей.

Целью оперативного вмешательства является достижение стабильной фиксации вертлужного компонента с формированием первичной биологической фиксации и восстановлением механических параметров, наиболее близких к определенным в ходе предоперационного планирования. Для достижения этой цели требуется тщательная интраоперационная визуализация вертлужной впадины с определением заранее отмеченных ориентиров, а в случаях выраженной деформации и обширных дефектов использование методов интраоперационного сопровождения, а именно пассивной компьютерной навигации, метода скульптурной контурной пластики.

Суть данного метода состоит в создании по МСКТ 3D-модели таза, далее на 3D-принтере производится печать модели дефекта костей из пластика. После создания 3D-модели сопоставляется интактная контралатеральная сторона, анатомия которой не изменена; это необходимо для восстановления центра ротации в условиях отсутствия анатомических ориентиров. Затем из полимерной глины на полученной 3D-модели вручную формируют имплантат, при этом определяют места крепления вертлужного компонента к костной ткани, отмечают костные ориентиры, измеряются расстояния до них. В итоге формируется имплантат из полимерной глины, учитывающий индивидуальную анатомию пациента. После того как полимерная глина затвердевает (в среднем 6 часов), следует этап сканирования: затвердевшую модель сканируют 3D-сканером, при этом получается точная копия вылепленной из глины модели в виртуальном формате из пластика. Модель таза и тестовая модель имплантата или аугмента стерилизуется и используется в операционной для точного позиционирования вертлужного компонента. Для достижения первичной биологической фиксации применяли только вертлужные компоненты бесцементной фиксации с различными типами покрытий. Стремились достичь press-fit фиксации с опорой как минимум на три точки опороспособной плотной костной ткани.

В случаях, когда посттравматическая деформация вертлужной впадины сопровождается деформацией бедренной кости, применяли алгоритм предоперационного планирования этапности тактики хирургического лечения. При выявлении деформации оси нижней конечности определяли локализацию и тип деформации, для этого необходимо тщательно определить вершину деформации. В случаях, когда вершина деформации расположена в эпифизарном отделе бедренной кости, выполняется резекция шейки бедренной кости и выполняется стандартное эндопротезирование тазобедренного сустава. При метафизарной деформации выполняется одноэтапная корригирующая остеотомия любого типа (клиновидная, шарнирная или поперечная).

Главными задачами остеотомий на этом уровне являются восстановление механической оси бедренной кости и создание условий для беспрепятственной

обработки бедренного канала и последующей имплантации бедренного компонента. Выбор типа и локализации остеотомии определяется типом, характером и локализацией деформации. Обязательным условием является проведение оперативного вмешательства по первому правилу остеотомии – линия остеотомии должна быть выполнена на вершине деформации, иначе при восстановлении механической оси бедренной кости возникнет смещение по ширине, которое не позволит имплантировать бедренный компонент.

Также обязательным условием становится перекрытие зоны остеотомии бедренным компонентом: ножка эндопротеза должна проходить в костномозговой канал дистальнее места остеотомии на глубину не менее величины 2–2,5 кортикальных диаметров. При необходимости возможна дополнительная накостная фиксация зоны остеотомии. В случаях любых типов деформации, сложных, многокомпонентных, оперативное лечение выполняется в один этап – остеотомия сочетается с тотальным эндопротезированием.

Использовали только бедренные компоненты бесцементной фиксации, так как имплантация цементных ножек, особенно полированных, не позволит достичь стабильной фиксации компонента из-за невозможности создать полноценную стабильную цементную мантию. При проведении данного типа оперативных вмешательств предпочтение отдается компонентам, обеспечивающим максимальную первичную механическую стабильность – коническим ножкам типа Wagner, прямым ножкам с четырехугольным сечением (компоненты типа Zweymuller) либо компонентам с гидроксиапатитным покрытием. Бедренные компоненты проксимальной фиксации не использовались.

При выявлении вершины деформации на уровне диафиза бедренной кости, в случае простой деформации выполняли одноэтапное оперативное вмешательство – коррекцию деформации с накостной фиксацией и тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Если по каким-либо причинам выполнить одноэтапное оперативное лечение не представляется возможным, то пациенту показано двухэтапное вмешательство. Первым этапом проводится

одномоментная коррекция деформации и после консолидации зоны остеотомии – тотальное эндопротезирование.

В случае диафизарных сложных деформаций, требующих коррекции во времени, проводится этапное хирургическое лечение: первым этапом – корригирующая остеотомия, коррекция деформации во времени с использование внеочагового чрескостного или комбинированного и последовательного остеосинтеза. После восстановления РЛУ нижней конечности, консолидации зоны остеотомии возможно проведение второго этапа – тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

В случае многоплоскостных и многоуровневых деформаций тактика оперативного лечения определяется следующим образом: не обязательна коррекция на каждом уровне деформации, если остеотомия позволит восстановить РЛУ нижней конечности и обеспечить отсутствие значительного смещения по ширине (второе правило остеотомии), позволяющее имплантировать бедренный компонент, то следует стремиться к минимизации количества хирургических сессий.

В ходе проведения предыдущих этапов исследования была выдвинута гипотеза о том, что корректность предшествующего лечения перелома вертлужной впадины и степень восстановления механических параметров сустава влияют на количество осложнений, то есть являются предикторами их развития. С целью проверки данной гипотезы было проведено ретроспективное исследование, в которое были включены результаты лечения 235 пациентов, были исследованы 24 категории предикторов, как дооперационные (до проведения тотального эндопротезирования), так и послеоперационные.

В ходе построения однофакторных и многофакторных логистических моделей регрессии осложнений было выявлено, что наиболее статистически значимыми дооперационными предикторами для развития всех категорий осложнений являются показатель функции сустава по шкале Harris Hip Score до проведения тотального эндопротезирования и корректность проведенного ранее лечения перелома вертлужной впадины. Основным предиктором развития всех

типов осложнений в послеоперационном периоде является величина смещения центра ротации оперированного сустава относительно центра ротации здорового контралатерального сустава в вертикальном направлении. Был проведен ROC-анализ и выведена формула автоматической многофакторной оптимальной модели вероятности развития осложнений:

$$P(\text{осложнений}) = \exp(z)/(1+\exp(z)),$$

$$z = -1{,}11513588 + 0{,}03046207 * \text{Вертикальное смещение центра ротации (мм)} - 0{,}02525828 * \text{Результат по Harris до операции (баллы)} - 0{,}94945788 * \text{Предшествующее лечение, корректность (1 – да, 0 – нет).}$$

Таким образом, полученная формула позволяет количественно охарактеризовать вероятность развития осложнений у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, зная анамнез пациента, функцию поврежденного сустава до проведения тотального эндопротезирования. Важнейшим средством профилактики осложнений, согласно полученным данным, является уменьшение величины смещения центра ротации, то есть проведение тотального эндопротезирования с достижением механических параметров, максимально близких к параметрам здорового контралатерального сустава. В ходе дальнейшего исследования были определены наиболее значимые предикторы для каждого из возможного вида осложнений, как механического, так и инфекционного характера. Были составлены формулы автоматических многофакторных оптимальных моделей вероятности развития осложнений. Было выявлено, что наиболее значимыми дооперационными факторами развития осложнений, наряду с корректностью предшествующего лечения и уровнем функции тазобедренного сустава, являются тип перелома и тип посттравматического дефекта. Так, в случае перелома типа С3 по классификации АО/ОТА шанс вывиха бедренного компонента увеличивается в 22,7 раз, в случае наличия дефекта с разобщением тазового кольца – в 15,07 раз.

К числу же послеоперационных предикторов развития осложнений, наряду с вертикальным смещением центра ротации, относится бедренный офсет. Таким образом, для профилактики развития осложнений требуется тщательное

предоперационное дообследование и планирование, а также хирургическая техника, направленная на достижение механических параметров тазобедренного сустава, наиболее близких к показателям здорового контралатерального сустава.

Используя разработанные методы предоперационного планирования, хирургической техники, интраоперационного сопровождения с 2019 по 2023 годы в клинике ФГБУ ННИИТО было пролечено 72 пациента с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины. Для оценки эффективности разработанных методов было проведено сравнение результатов лечения данной категории пациентов с результатами лечения 164 пациентов, которым в этой же клинике в период с 2014 по 2018 годы проводилось лечение с использованием стандартных методов предоперационного планирования и хирургической техники.

Группы были сопоставимы по половому, возрастному составу, структуре предшествующих переломов и посттравматических дефектов костной ткани вертлужной впадины. При сравнении дооперационного уровня болевого синдрома, функции поврежденного тазобедренного сустава и механических параметров, таких как центр ротации и бедренный офсет, статистически значимой разницы выявлено не было. Для оценки степени корректности восстановления механических параметров был проведен анализ динамики их изменения от дооперационного уровня к 6 месяцам после тотального эндопротезирования в обеих группах. Было выявлено, что статистически значимо отличались такие параметры, как вертикальное, горизонтальное смещение центра ротации и бедренный офсет.

В группе исследования у пациентов степень смещения по каждому из параметров не отличалась более чем на 4,6 мм от показателей здорового сустава, что статистически значимо отличалось от результатов, полученных в группе сравнения. При анализе уровня функции тазобедренного сустава через 6 месяцев после операции выявлено, что результат по шкале Harris Hip Score в группе исследования статистически значимо был выше, в среднем на 7 баллов. Уровень болевого синдрома в обеих группах статистически значимо не отличался ввиду

того, что тотальное эндопротезирование направлено на купирование или значительное снижение боли.

При анализе осложнений выявлено, что в группе исследования процент осложнений был меньше на 7,8%, за счет снижения количества механических осложнений, таких как рецидивирующий вывих головки эндопротеза и ранее расшатывание компонентов. Такой результат был достигнут за счет предоперационного планирования и хирургической техники, направленной на восстановление механических параметров тазобедренного сустава, максимально близких к показателям здорового сустава у каждого конкретного пациента.

Отдельно были проанализированы результаты применения индивидуальных конструкций. По нашему мнению, показаниями к использованию имплантатов, изготовленных с использованием аддитивных технологий, являются ситуации, когда использование стандартных конструкций либо технически невозможно, либо требует большого количества аугментов и технически сложного оперативного вмешательства.

Ситуациями применения индивидуальных вертлужных компонентов и аугментов становятся дефекты типа III и обширнее по классификации AAOS и с дефицитом костной ткани вертлужной впадины не менее 60% от здоровой стороны. Принципами оперативного вмешательства с использованием индивидуальных компонентов было предоперационное планирование с детальной визуализацией костного дефекта и оценкой плотности костной ткани.

Индивидуальный компонент проектировался исходя из принципов соблюдения максимально возможной в каждом клиническом случае простой геометрии, что облегчает интраоперационную обработку впадины. Компоненты планировались таким образом, чтобы достичь первичной биологической фиксации с опорой на три точки вертлужной впадины или достичь внеацетабулярной фиксации с применением винтов. Длину и направление проведения винтов планировали не только с учетом плотной костной ткани и безопасных коридоров, но и с предотвращением воздействия на них срезывающих сил при вертикальной нагрузке. Проанализированы результаты лечения 30

пациентов, у которых в ходе тотального эндопротезирования были использованы индивидуальные вертлужные компоненты и/или аугменты. У всех пациентов механические параметры тазобедренного сустава были восстановлены в пределах референтного интервала в 8 мм, были получены отличные и хорошие функциональные результаты, а ревизионных вмешательств не потребовалось.

ВЫВОДЫ

1. Оперативное лечение перелома вертлужной впадины в первые 14 дней с момента травмы, в ходе которого было выполнено анатомичное восстановление суставной поверхности и достигнута стабильная фиксация фрагментов, позволяет замедлить срок развития коксартроза на 5,8 лет и улучшить результаты последующего эндопротезирования, сократив процент осложнений на 7,3% ($p \leq 0,05$).

2. Механическими параметрами, влияющими на результат эндопротезирования, являются центр ротации тазобедренного сустава и бедренный офсет, изменение этих параметров более чем на 8 мм приводит к увеличению осложнений на 22,3% и ухудшению функциональных результатов на 8% ($p \leq 0,05$).

3. Основными предикторами развития послеоперационных осложнений являются величина вертикального смещения центра ротации ($p \leq 0,05$), разница бедренного офсета относительно параметров здорового сустава ($p \leq 0,05$), а также предшествующие поперечные переломы ($p \leq 0,05$) и переломы с повреждением задней колонны вертлужной впадины ($p \leq 0,05$).

4. Абсолютным показанием к использованию аддитивных технологий и применению индивидуальных имплантатов, изготовленных методом 3D –печати, при проведении тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, является дефицит костной ткани более 60% относительно показателей здорового контрлатерального сустава ($p \leq 0,05$).

5. Разработанная рабочая схема выбора способа тотального эндопротезирования тазобедренного сустава и замещения дефектов вертлужной впадины, основанная на визуализации с определением типа дефекта костей, образующих вертлужную впадину, позволила восстановить механические параметры искусственного сустава наиболее близко к здоровому контралатеральному суставу с разницей, не превышающей 4,6 мм в вертикальном, горизонтальном и переднезаднем направлении ($p \leq 0,05$).

6. Разработанный системный подход позволил улучшить функциональные результаты лечения, увеличив уровень функции тазобедренного сустава на 7 баллов по шкале Harris Hip Score, уменьшить количество осложнений на 7,8% ($p \leq 0,005$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины необходимо анализировать тип предшествующего перелома, степень анатомичности репозиции суставной поверхности (остаточное диастаз фрагментов по ширине не должен превышать 5 мм, а ступенеобразное смещение – не более 1 мм), так как у данной категории пациентов потребуется сложное первичное тотальное эндопротезирование.

2. При предоперационном планировании тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, необходимо использовать метод, основанный на визуализации, определении деформации, а также локализации и объема дефекта костной ткани вертлужной впадины.

3. При проведении тотального эндопротезирования пациентам с наличием деформаций и дефектов вертлужной впадины необходимо добиваться восстановления механических параметров тазобедренного сустава, таких как центр ротации и бедренный офсет, максимально близких к показателям здорового контралатерального сустава.

4. Допустимым отклонением от показателей здорового сустава, не приводящим к ухудшению функции, является отклонение центра ротации в вертикальном, горизонтальном направлении и изменение бедренного офсета менее 8 мм.

5. С целью профилактики и снижения количества осложнений, улучшения функции оперированного сустава необходима предоперационная оценка предикторов риска развития осложнений. К наиболее значимым показателям относятся такие показатели деформации, как степень вертикального смещения центра ротации пораженного сустава, бедренный офсет, тип перелома и тип посттравматического дефекта.

6. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины, сопровождающихся дефектами и

деформациями вертлужной впадины, относится к случаям сложного первичного эндопротезирования. Операции такого типа требуют неукоснительной предоперационной подготовки, планирования, наличия возможности использования аддитивных технологий, вследствие чего лечение необходимо проводить в специализированных клиниках, обладающих достаточным оснащением и квалификацией персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азизов, М. Ж. Клинико-функциональные результаты тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / М. Ж. Азизов, Д. Р. Рузибоев // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2012. – № 1. – С. 81–83.

2. Ахтямов И.Ф. Артропластика тазобедренного сустава у пациентов с ожирением (метаанализ проспективных когортных исследований) /И.Ф. Ахтямов, Хань Хао Чжи, Г.М. Файзрахманова, Г.Г. Гарифуллов, Юосеф Ашраф Исмаил // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 177-187.

3. Багненко, С. Ф. Дорожно-транспортный травматизм как медико-социальная проблема / С. Ф. Багненко, В. В. Стожарова, А. Г. Мирошниченко [и др.]. – Санкт-Петербург: ИПК КОСТА, 2006. – 240 с.

4. Белецкий, А. В. Определение показаний к оперативному лечению и выбор хирургических доступов при сложных комплексных переломах вертлужной впадины / А. В. Белецкий, А. И. Воронович, А. Э. Мурзич // Вестник травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова. – 2010. – № 4. – С. 30–37.

5. Бондаренко, А. В. Особенности лечения повреждений таза при политравме / А. В. Бондаренко, И. В. Круглыхин, И. А. Плотников [и др.] // Политравма. – 2014. – № 3. – С. 46–57.

6. Боровой, И. С. Хирургическая тактика при трансвертлужных переломах / И. С. Боровой // Травматология, ортопедия и военная медицина. – 2018. – № 4. – С. 36–38.

7. Волченко, Д.В. Краткосрочные результаты тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с анкилозирующим спондилоартритом (первичное сообщение) / Д. В. Волченко, И. Ф. Ахтямов, А. Ю. Терсков [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 38-42.

8. Гарькавый, Н. Г. Эндопротезирование при посттравматических изменениях вертлужной впадины / Н. Г. Гарькавый, Н. А. Верещагин, А. А. Жильцов, Е. Н. Верещагина // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 15–19.

9. Грищук, А. Н. Эндопротезирование тазобедренного сустава при посттравматических дефектах вертлужной впадины / А. Н. Грищук, И. В. Усольцев // Acta Biomedica Scientifica. – 2015. – № 6. – С. 17–20.

10. Гудз, А. И. Лечение сложных переломов вертлужной впадины и их последствий // А. И. Гудз, А. О. Денисов, С. А. Ласунский [и др.] // Хирургия. Журнал имени Н. И. Пирогова. – 2017. – № 2. – С. 70–76.

11. Гудз, А. И. Оптимальный метод первичного эндопротезирования тазобедренного сустава при последствиях сложных переломов вертлужной впадины / А. И. Гудз, С. А. Ласунский, А. О. Денисов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 147.

12. Дятлов, М. М. Неотложная и срочная помощь при тяжелых травмах таза / М. М. Дятлов. – Гомель: ИММС НАНБ, 2003. – 296 с.

13. Загородний, Н. В. Реконструкция вертлужной впадины с использованием компонентов из трабекулярного металла / Н. В. Загородний, А. Г. Алексанян, Г. А. Чрагян, С. В. Каграманов // Вестник травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова. – 2019. – № 1. – С. 1–6. – doi: https://doi.org/10.17116/vto20190115.

14. Коваленко, А. Н. Позиционирование индивидуальных вертлужных компонентов при ревизиях тазобедренного сустава: действительно ли они подходят как «ключ к замку»? / А. Н. Коваленко, Р. М. Тихилов, С. С. Билык [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова. – 2017. – № 4. – С. 31–37. – doi: 10.32414/0869-8678-2017-4-31-37.

15. Коваленко, А. Н. Современные технологии лечения тяжелых костных дефектов в области вертлужной впадины: какие проблемы решают индивидуальные имплантаты? / А. Н. Коваленко, И. И. Шубняков, С. С. Билык, Р. М. Тихилов // Политравма. – 2017. – № 1. – С. 72–81.

16. Корыткин, А. А. Опыт применения индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава / А. А. Корыткин, Д. В. Захарова, Я. С. Новикова [и др.] // Травматология

и ортопедия России. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 101–111. – doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111.

17. Кудяшев, А.Л. Величина шеечно-диафизарного угла ножки эндопротеза тазобедренного сустава как биомеханическая предпосылка развития асептической нестабильности вертлужного компонента (экспериментальное исследование) / А.Л. Кудяшев, В.В. Хоминец, Д.В. Иванов, И.В. Кириллова, Л.Ю. Коссович, П.А. Метленко, В.В. Чернышев // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 6. С. 811-816.

18. Лазарев, А. Ф. Хирургическое лечение переломов вертлужной впадины / А.Ф. Лазарев, И.Ф. Ахтямов, М.Ж. Азизов, Э.И. Солод, А.О. Рагозин. – М: Мир без границ, 2019. – 392 с.

19. Мартыненко, Д. В. Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава / Д. В. Мартыненко, В. П. Волошин, Л. А. Шерман [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 153–164. – doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.

20. Милюков, А. Ю. Комплексная диагностика повреждений вертлужной впадины у пациентов при политравме / А. Ю. Милюков, С. В. Конев // Политравма. – 2012. – № 3. – С. 64–67.

21. Милюков, А. Ю. Современные подходы к лечению пациентов с повреждениями вертлужной впадины / А. Ю. Милюков, А. А. Пронских // Политравма. – 2006. – № 1. – С. 38–42.

22. Николаев, Н. С. Применение индивидуальных вертлужных компонентов в эндопротезировании тазобедренного сустава при посттравматическом коксартрозе / Н. С. Николаев, Л. И. Малюченко, Е. В. Преображенская [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 207–213. – doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213.

23. Пиневич, Д. Л. Принципы «хирургии ускоренного выздоровления» / Д. Л. Пиневич, О. Г. Суконко, С. Л. Поляков [и др.] // Здравоохранение. – 2014. – № 5. – С. 34–35.

24. Пронских, А. А. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с обширными посттравматическими дефектами вертлужной впадины / А. А. Пронских, К. Н. Харитонов, В. Ю. Кузин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 5. – Ст. 29253. – С. 1–8. – doi: 10.17513/spno.29253/.

25. Прохоренко, В. М. Атлас первичного эндопротезирования крупных суставов: учебное пособие / В. М. Прохоренко, М. А. Садовой, А. Б. Слободской [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2016. – 286 с.

26. Садовой, М. А. Возможности объемной визуализации в предоперационном планировании ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава / М. А. Садовой, В. В. Павлов, В. А. Базлов [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова. – 2017. – № 3. – С. 37–42.

27. Середа, А. П. Рекомендации по оформлению дизайна исследования / А. П. Середа, М. А. Андрианова // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 165–184. – doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.

28. Смирнов, А. А. Хирургическая тактика при переломах вертлужной впадины / А. А. Смирнов, Д. В. Павлов, О. П. Варварин // Травматология и ортопедия России. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 84–87.

29. Соколов, В. А. Переломы и переломовывихи вертлужной впадины / В. А. Соколов // Множественные и сочетанные травмы: практическое руководство для врачей-травматологов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – С. 258–280.

30. Солод, Э. И. Новые технологии остеосинтеза переломов вертлужной впадины / Э. И. Солод, А. Ф. Лазарев, И. Н. Сахарных, С. С. Стоюхин // Медицинский алфавит. – 2014. – Т. 2, № 11. – С. 6–10.

31. Соломин, Л. Н. Анализ показателей референтных линий и углов при изменении формы ног с использованием чрескостного остеосинтеза (предварительное сообщение) / Л. Н. Соломин, П. Н. Кулеш // Травматология и ортопедия России. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 62–69.

32. Соломин, Л. Н. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей / Л. Н. Соломин, Е. А. Щепкина, П. Н. Кулеш [и др.]. – Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р. Р. Вредена, 2010. – 48 с.

33. Соломин, Л. Н. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей / Л. Н. Соломин, Е. А. Щепкина, П. Н. Кулеш [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р. Р. Вредена, 2012. – 48 с.

34. Тихилов, Р. М. Выбор способа имплантации вертлужного компонента на основе рабочей классификации последствий переломов вертлужной впадины / Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков, И. Т. Чиладзе [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 37–43.

35. Тихилов, Р. М. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? Критический обзор литературы и собственных наблюдений / Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков, О. А. Денисов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 122–141. – doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.

36. Тихилов, Р. М. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава после перелома вертлужной впадины / Р. М. Тихилов, В. М. Шаповалов, В. А. Артюх, В. С. Сивков В.С. // Травматология и ортопедия России. – 2005. – Т. 11, № 3. – С. 30–35.

37. Тихилов, Р. М. Состояние травматизма и ортопедической заболеваемости взрослого населения Санкт-Петербурга в 2009-2011 гг. и работа травматолого-ортопедической службы города / Р. М. Тихилов, Т. Н. Воронцова, А. Ж. Черный, С. С. Лучанинов // Травматология и ортопедия России. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 110–119. – doi:10.21823/2311-2905-2012--4-110-119.

38. Тихилов, Р. М. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием аугментов из трабекулярного металла при последствиях переломов вертлужной впадины / Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков, И. Т. Чиладзе [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 76–81.

39. Хоминец, В.В. Эволюция методов, технологий и материалов для восполнения дефектов костной ткани (научный обзор) / В.В. Хоминец, Л.И. Калюжная-Земляная, А.С. Гранкин, Р.А. Федоров, Д.А. Волов, А.В. Комаров // Профилактическая и клиническая медицина. — 2022. — № 4 (85). — С. 25–34.

40. Худобин, В. Ю. Исходы лечения внутрисуставных повреждений вертлужной впадины // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2012. – № 3. – С. 20–26.

41. Цыбин, А. В. Обоснование использования оригинальной классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава / А. В. Цыбин, В. В. Любчак, В. С. Сивков [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 5. – С. 508–513. – doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-508-513.

42. Цыбин, А. В. Определение конгруэнтности стандартного полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава (экспериментальное исследование) / А. В. Цыбин, В. В. Любчак, А. С. Фалькович [и др.] // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 5. – С. 698–703. – doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-698-703.

43. Чегуров, О. К. Реконструктивное эндопротезирование тазобедренного сустава у больной с последствием повреждений вертлужной впадины (случай из практики) / О. К. Чегуров, И. Н. Менщиков, А. С. Жданов // Гений ортопедии. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 364–367. – doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-364-367.

44. Черкес-Заде, Д. И. Лечение повреждений таза и их последствий: руководство для врачей / Д. И. Черкес-Заде. – Москва: Медицина, 2006. – 192 с.

45. Шестерня, Н. А. Эндопротезирование тазобедренного сустава в сложных случаях / Н. А. Шестерня, А. Ф. Лазарев, С. В. Иванников [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – № 1. – С. 30–35.

46. Abolghasemian, M. Reconstruction of massive uncontained acetabular defects using allograft with cage or ring reinforcement: an assessment of the graft’s ability to restore bone stock and its impact on the outcome of re-revision / M.

Abolghasemian, M. Sadeghi Naini, S. Tangsataporn [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2014. – Vol. 96-B, № 3. – P. 319–324. − doi: 10.1302/0301-620X.96B3.32850.

47. Ahmed, M. Epidemiology of acetabular fractures in Qatar / M. Ahmed, Y. Abuodeh, A. Alhammoud [et al.] // International Orthopaedics. – 2018. – Vol. 42. – P. 2211–2217. − doi: 10.1007/s00264-018-3824-z.

48. Alnahhal, A. Templating hip arthroplasty / A. Alnahhal, N. Aslam-Pervez, N. Q. Sheikh // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. – 2019. – Vol. 7, № 4. – P. 672–685. − doi: 10.3889/oamjms.2019.088.

49. Al-Qahtani, S. Acetabular fractures before and after the introduction of seatbelt legislation / S. Al-Qahtani, G. O'Connor // Canadian Journal of Surgery. – 1996. – Vol. 39, № 4. – P. 317–320.

50. Amico, K. R. Percent total attrition: a poor metric for study rigor in hosted intervention designs / K. R. Amico // American Journal of Public Health. – 2009. – Vol. 99, № 9. – P. 1567–1575. − doi: 10.2105/AJPH.2008.134767.

51. Aziz, M. Biomechanics of acute total hip arthroplasty after acetabular fracture: plate vs cable fixation / M. Aziz. – Toronto: Institute of Medical Science University, 2014. – 141 p.

52. Baker, G. Outcomes of conservatively managed complex acetabular fractures in the frail and elderly one year post injury / G. Baker, S. E. McMahon, M. Warnock [et al.] // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2020. – Vol. 51, № 2. – P. 347–351. − doi: 10.1016/j.injury.2019.12.008.

53. Balogh, Z. The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study / Z. Balogh, K. L. King, P. Mackay P [et al.] // Journal of Trauma. – 2007. – Vol. 63, № 5. – P. 1066–1073. − doi: 10.1097/TA.0b013e3181589fa4.

54. Banks, S. W. Aseptic necrosis of the femoral head following traumatic dislocation of the hip. A report of nine cases / S. W. Banks // Journal of Bone and Joint Surgery. – 1941. – Vol. 23, № 4. – P. 753–781.

55. Bellabarba, C. Cementless acetabular reconstruction after acetabular fracture / C. Bellabarba, R. A. Berger, C. D. Bentley [et al.] // Journal of Bone and Joint

Surgery (American volume). – 2001. – Vol. 83, № 6. – P. 868–876. − doi: 10.2106/00004623-200106000-00008.

56. Berasi, C. C (4th) Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? / C. C. Berasi (4th), K. R. Berend, J. B. Adams [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2015. – Vol. 473, № 2. – P. 528–535. − doi: 10.1007/s11999-014-3969-z.

57. Berry, D. J. Total hip arthroplasty following acetabular fracture / D. J. Berry // Orthopaedics. – 1999. – Vol. 22, № 9. – P. 837–839. − doi: 10.3928/0147-7447-19990901-14.

58. Berry, D. J. Uncemented acetabular components for arthritis after acetabular fracture / D. J. Berry, M. Halasy // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2002. – Vol. 405. – P. 164–167. − doi: 10.1097/00003086-200212000-00020.

59. Bettin, D. The German Society of Orthopedics and Traumatology classification of bone defects in total hip endoprostheses revision operations / D. Bettin, B. D. Katthagen // Zeitschrift fur Orthopadie und Ihre Grenzgebiete. – 1997. – Bd. 135, № 4. – S. 281–284.

60. Bhaskar, D. Current concepts in acetabular positioning in total hip arthroplasty / D. Bhaskar, A. Rajpura, T. Board // Indian Journal of Orthopaedics. – 2017. – Vol. 51, № 4. – P. 386–396.

61. Bishi, H. Comparison of the accuracy of 2D and 3D templating methods for planning primary total hip replacement: a systematic review and meta-analysis / H. Bishi, J. B. V. Smith, V. Asopa [et al.] // EFORT Open Reviews. – 2022. – Vol. 7, № l. – P. 70–83. − doi: 10.1530/EOR-21-0060.

62. Borrelli, J (Jr.) Assessment of articular fragment displacement in acetabular fractures: a comparison of computerized tomography and plain radiographs / J. Borrelli (Jr.), C. Goldfarb, L. Catalano, B. A.Evanoff // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2002. – Vol. 16, № 7. – P. 449–456. − doi: 10.1097/00005131-200208000-00001.

63. Boudissa, M. Part 2: outcome of acetabular fractures and associated prognostic factors – a ten-year retrospective study of one hundred and fifty six operated

cases with open reduction and internal fixation / M. Boudissa, S. Ruatti, G. Kerschbaumer [et al.] // International Orthopaedics. – 2016. – Vol. 40, № 10. – P. 2151–2156. − doi: 10.1007/s00264-015-3070-6.

64. Bozic, K. J. The high hip center / K. J. Bozic, A. A. Freiberg, W. H. Harris // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2004. – Vol. 420. – P. 101–105. − doi: 10.1097/00003086-200403000-00014.

65. Briffa, N. Outcomes of acetabular fracture fixation with ten years' follow-up / N. Briffa, R. Pearce, A.M. Hill, M.J. Bircher // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2011. Vol. 93, № 2. – P. 229–236. − doi: 10.1302/0301-620X.93B2.24056.

66. Brown, T. D. Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and burden of disease / T. D. Brown, R. C. Johnston, C. L. Saltzman [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2006. – Vol. 20, № 10. – P. 739–744. − doi: 10.1097/01.bot.0000246468.80635.ef.

67. Burgess, A. R. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols / A. R. Burgess, B. J. Eastridge, J. W. Young [et al.] // Journal of Trauma. – 1990. – Vol. 30, № 7. – P. 848–856.

68. Butterwick, D. Acetabular fractures in the elderly: evaluation and management / D. Butterwick, S. Papp, W. Gofton [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2015. – Vol. 97, № 9. – P. 758–768. − doi: 10.2106/JBJS.N.01037.

69. Cahueque, M. Early reduction of acetabular fractures decreases the risk of post-traumatic hip osteoarthritis? / M. Cahueque, M. Martínez, A. Cobar, M. Bregni // Journal of Clinical Orthopaedic Trauma. – 2017. – Vol. 8, № 4. – P. 320–326. − doi: 10.1016/j.jcot.2017.01.001.

70. Campbell, D. G. Reliability of acetabular bone defect classification systems in revision total hip arthroplasty / D. G. Campbell, D. S. Garbuz, B. A. Masri, C. P. Duncan // Journal of Arthroplasty. – 2001. – Vol. 16, № 1. – P. 83–86. − doi: 10.1054/arth.2001.19157.

71. Chen, A. F. Method of intraoperative tissue sampling for culture has an effect on contamination risk / A. F. Chen, M. Menz, P. K. Cavanaugh, J. Parvizi // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2016. – Vol. 24, № 10. – P. 3075–3079. − doi: 10.1007/s00167-016-4307-7.

72. Chiarlone, F. Acetabular custom-made implants for severe acetabular bone defect in revision total hip arthroplasty: a systematic review of the literature / F. Chiarlone, A. Zanirato, L. Cavagnaro [et al.] // Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. – 2020. – Vol. 140, № 3. – P. 415–424. − doi: 10.1007/s00402-020-03334-5.

73. Chiu, F. Y. Cementless acetabular reconstruction for arthropathy in old acetabular fractures / F. Y. Chiu, Y. P. Lin, S. H. Hung [et al.] // Orthopedics. – 2015. – Vol. 38, № 10. – P. e934–e939. − doi: 10.3928/01477447-20151002-63.

74. Chiu, F. Y. Surgical treatment of displaced acetabular fractures – 72 cases followed for 10 (6-14) years / F. Y. Chiu, C. M. Chen, W. H. Lo // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2000. – Vol. 31, № 3. – P. 181–185. − doi: 10.1016/s0020-1383(99)00277-6.

75. Chu, X. B. Total hip arthroplasty for the post-traumatic osteoarthritis after open reduction and internal fixation of acetabular fracture / X. B. Chu, P. J. Tong, J. H. Zhang // Zhonghua Wai Ke Za Zhi. – 2010. – Vol. 48, № 14. – P. 1097–1100.

76. Clarke-Jenssen, J. Long-term survival of the native hip after a minimally displaced, nonoperatively treated acetabular fracture / J. Clarke-Jenssen, A. K. Wikerøy, O. Røise [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2016. – Vol. 98, № 16. – P. 1392–1399. − doi: 10.2106/JBJS.15.01154.

77. Clegg, T. E. Hip dislocations – epidemiology, treatment, and outcomes / T. E. Clegg, C. S. Roberts, J. W. Greene, B. A. Prather // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2010. – Vol. 41, № 4. – P. 329–334. − doi: 10.1016/j.injury.2009.08.007.

78. Cuckler, J. M. Dealing with post-traumatic arthrosis of the hip / J. M. Cuckler // Orthopedics. – 2001. – Vol. 24, № 9. – P. 867–868. − doi: 10.3928/0147-7447-20010901-18.

79. D’Antonio, J. A. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty / J. A. D’Antonio, W. N. Capello, L. S. Borden [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1989. – Vol. 243. – P. 126–137.

80. Daurka, J. S. Acetabular fractures in patients aged > 55 years: a systematic review of the literature / J. S. Daurka, P. S. Pastides, A. Lewis [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2014. – Vol. 96-B, № 2. – P. 157–163. − doi: 10.1302/0301-620X.96B2.32979.

81. Davis, A. M. Classifying failed hip arthroplasty: generalizability of reliability and validity / A. M. Davis, E. H. Schemitsch, J. D. Gollish [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2003. – Vol. 415. – P. 171–179.

82. De Pablos Fernández J. One-stage total knee arthroplasty plus corrective osteotomy for osteoarthritis associated with severe extra-articular deformity / J. De Pablos Fernández, L. Arbeloa-Gutierrez, A. Arenas-Miquelez // Arthroscopy Techniques. – 2019. – Vol. 8, № 11. – P. 1403–1410.

83. Dearborn, J. T High placement of an acetabular component inserted without cement in a revision total hip arthroplasty. Results after a mean of ten years / J. T. Dearborn, W. H. Harris // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1999. – Vol. 81, № 4. – P. 469–480. − doi: 10.2106/00004623-199904000-00004.

84. DeLee, J. G. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement / J. G. DeLee, J. Charnley // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1976. – Vol. 121. – P. 20–32.

85. Delgado Serrano, P. J. Clinical and laboral results of total hip arthroplasty in postraumatic osteoarthritis / P. J. Delgado Serrano, F. López-Oliva Muñoz, F. Forriol // Patologia del Aparato Locomotor. – 2007. – Vol. 5. – P. 83–92.

86. Delgado, D. A. Validation of digital visual analog scale pain scoring with a traditional paper-based visual analog scale in adults / D. A. Delgado, B. S. Lambert, N. Boutris [et al.] // Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons: Global Research and Reviews. – 2018. – Vol. 2, № 3. – Art. e088. – P. 1–6. − doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00088.

87. Deng, X. Total hip arthroplasty with femoral osteotomy and modular prosthesis for proximal femoral deformity / X. Deng, J. Liu, T. Qu [et al.] // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2019. – Vol. 14, № 1. – P. 282–289. − doi: 10.1186/s13018-019-1336-1.

88. Deo, S. D. Operative management of acetabular fractures in Oxford / S. D. Deo, S. P. Tavares, R. K. Pandey [et al.] // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2001. – Vol. 32, № 7. – P. 581–586. − doi: 10.1016/s0020-1383(00)00200-x.

89. D'Imporzano, M. Total hip arthroplasty after acetabular fracture / M. D'Imporzano, L. Pierannunzii, P. Fadigati [et al.] // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2003. – Vol. 54, № 2. – P. 111–118.

90. Dunet, B. Acetabular fracture: long-term follow-up and factors associated with secondary implantation of total hip arthroplasty / B. Dunet, C. Tournier, A. Billaud [et al.] // Orthopaedics & Traumatology Surgery and Research. –2013. – Vol. 99, № 3. – P. 281–290. − doi: 10.1016/j.otsr.2012.12.018.

91. Edwards, P. K. Are range of motion measurements needed when calculating the Harris hip score? / P. K. Edwards, R. M. Queen, R. J. Butler [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2016. – Vol. 31, № 4. – P. 815–819. − doi: 10.1016/j.arth.2015.10.016.

92. Eka, A. Patient-related medical risk factors for periprosthetic joint infection of the hip and knee / A. Eka, A. F. Chen // Annals of Translational Medicine. – 2015. – Vol. 3, № 16. – Art. 233. – P. 1–12. − doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.09.26.

93. Engh, C. A. Interobserver and intraobserver variability in radiogiographic assessment of osteolysis. / C. A. Engh, C. J. Sychterz, A. M. Young [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2002. – Vol. 17, № 6. – P. 752–759. − doi: 10.1054/arth.2002.33554.

94. Enocson, A. Acetabular fractures in the elderly treated with a primary Burch-Schneider reinforcement ring, autologous bone graft, and a total hip arthroplasty: a prospective study with a 4-year follow-up / A. Enocson, R. Blomfeldt // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2014. – Vol. 28, № 6. – P. 330–337. − doi:10.1097/BOT.0000000000000016.

95. Ferguson, T. A. Fractures of the acetabulum in patients aged 60 years and older: an epidemiological and radiological study / T. A. Ferguson, R. Patel, M. Bhandari [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2010. – Vol. 92, № 2. – P. 250–257. − doi: 10.1302/0301-620X.92B2.22488.

96. Fica, G. Open reduction and internal fixation of acetabular fractures / G. Fica, M. Cordova, L. Guzman, D. Schweitzer // International Orthopaedics. – 1998. – Vol. 22, № 6. – P. 348–351. − doi: 10.1007/s002640050275.

97. Funsten, R. V. Dashboard dislocation of the hip: a report of twenty cases of traumatic dislocation / R. V. Funsten, K. Pretnice, C. J. Frankel // Journal of Bone and Joint Surgery. – 1938. – Vol. 20, № 1. – P. 124–132.

98. Gänsslen, A. Transverse + posterior wall fractures of the acetabulum: epidemiology, operative management and long-term results / A. Gänsslen, F. Hildebrand, C. Kretek // Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca. – 2013. – Vol. 80, № 1. – P. 27–33.

99. Gary, J. L. Survivorship of the native hip joint after percutaneous repair of acetabular fractures in the elderly / J. L. Gary, K. A. Lefaivre, F. Gerold [et al.] // Injury: International Journal of Care of Injured. – 2011. – Vol. 42, № 10. – P. 1144–1151. − doi: 10.1016/j.injury.2010.08.035.

100. Gautam, D. Total hip arthroplasty in acetabular fractures / D. Gautam, S. Gupta, R. Malhotra // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. – 2020. – Vol. 11, № 6. – P. 1090–1098. − doi: 10.1016/j.jcot.2020.10.037.

101. Giannoudis, P. V. Articular step-off and risk of post-traumatic osteoarthritis. Evidence today / P. V. Giannoudis, C. Tzioupis, A. Papathanassopoulos [et al.] // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2010. – Vol. 41, № 10. – P. 986–995. − doi: 10.1016/j.injury.2010.08.003.

102. Giannoudis, P. V. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis / P. V. Giannoudis, M. R. W. Gortz, C. Papakostidis, H. Dinopoulos // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2005. – Vol. 87, № 1. – P. 2–9.

103. Goyal, T. Acetabulum fractures in elderly: a systematic review of fracture pattern and treatment / T. Goyal, G. Singh, S. K. Tripathy [et al.] // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. – 2020. – Vol. 11, № 6. – P. 989–1001. − doi: 10.1016/j.jcot.2020.09.008.

104. Gozzard, C. A comparison of the reliability and validity of bone stock loss classification systems used for revision hip surgery / C. Gozzard, A. Blom, A. Taylor [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2003. – Vol. 18, № 5. – P. 638–642. − doi: 10.1016/s0883-5403(03)00107-4.

105. Greenky, M. Preoperative anemia in total joint arthroplasty: is it associated with periprosthetic joint infection? / M. Greenky, K. Gandhi, L. Pulido // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2012. – Vol. 470, № 10. – P. 2695–2701. − doi: 10.1007/s11999-012-2435-z.

106. Gross, A. E. Bone grafts in hip replacement surgery: the pelvic side / A. E. Gross, D. G. Allan, M. Catre [et al.] // Orthopedic Clinics of North America. – 1993. – Vol. 24, № 4. – P. 679–695.

107. Grubor, P. Controversies in treatment of acetabular fracture / P. Grubor, F. Krupic, M. Biscevic, M. Grubor // Medical Arhives. – 2015. – Vol. 69, № 1. – P. 16–20. − doi: 10.5455/medarh.2015.69.16-20.

108. Gupta, R. K. Acetabular fractures labelled poor surgical choices: analysis of operative outcome / R. K. Gupta, N. Jindal, M. Pruthi // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. – 2015. – Vol. 6, № 2. – P. 94–100. − doi: 10.1016/j.jcot.2015.03.003.

109. Harris, J. H, (Jr.) Acetabular fractures revisited: part 2, a new CT-based classification / J. H. Harris (Jr.), K. J. Coupe, J. S. Lee [et al.] // American Journal of Roentgenology. – 2004. – Vol. 182, № 6. – P. 1367–1375. − doi: 10.2214/ajr.182.6.1821367.

110. Harris, W. H. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment of mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation / W. H. Harris // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1969. – Vol. 51, № 4. – P. 737–755.

111. Heimke, I. M. Functional outcomes more than 5 years following acetabulum fracture / I. M. Heimke, S. Pothireddy, J. C. Krebs [et al.] // OTA International. – 2022. – Vol. 5, № 1. – Art. e173. – P. 1–5. − doi: 10.1097/OI9.0000000000000173.

112. Henry, P. D. The osteoporotic acetabular fracture / P. D. Henry, H. J, Kreder, R. J. Jenkinson // Orthopedic Clinics of North America. – 2013. – Vol. 44, № 2. – P. 201–215. − DOI: 10.1016/j.ocl.2013.01.002.

113. Hernandez-Irizarry, R. Impact of resident participation on laparoscopic inguinal hernia repairs: are residents slowing us down? / R. Hernandez-Irizarry, B. Zendejas, S. M. Ali [et al.] // Journal of Surgical Education. – 2012. – Vol. 69, № 6. – P. 746–752. − doi: 10.1016/j.jsurg.2012.08.013.

114. Hogan, C. Treatment of massive acetabular bone loss and pelvic discontinuity with a custom triflange component and ilio-sacral fixation based on preoperative CT templating. A report of 2 cases / Hogan C., Ries M. // HIP International. – 2015. – Vol. 25, № 6. – P. 585–588. − doi: 10.5301/hipint.5000247.

115. Horas, K. Acetabular defect classification in times of 3D imaging and patient-specific treatment protocols / K. Horas, J. Arnholdt, A. F. Steinert [et al.] // Orthopade. – 2017. – Vol. 46, № 2. – P. 168–178. − doi: 10.1007/s00132-016-3378-y.

116. Huo, M. H. Total hip replacements done without cement after acetabular fractures: a 4- to 8-year follow-up study / M. H. Huo, B. D. Solberg, L. E. Zatorski [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 1999. – Vol. 14, № 7. – P. 827–831. − doi: 10.1016/s0883-5403(99)90033-5.

117. Hussain, K. S. Analysis of displaced acetabular fractures in adults treated with open reduction and internal fixation / K. S. Hussain, N. R. Kancherla, S. K. Kanugula, C. Patnala // International Journal of Research in Orthopaedics. – 2016. – Vol. 2, № 3. – P. 99–103. − doi: 10.18203/issn.2455-4510.IntJResOrthop20162886.

118. Hutt, J. R. B. The ongoing relevance of acetabular fracture classification / J. R. B. Hutt, A. Ortega-Briones, J. S. Daurka [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2015. – Vol. 97-B, № 8. – P. 1139–1143. − doi: 10.1302/0301-620X.97B8.33653.

119. Jasty, M. Management of limb length inequality during total hip replacement / M. Jasty, W. Webster, W. Harris // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1996. – Vol. 333. – P. 165–171.

120. Jeffcoat, D. M. Operative treatment of acetabular fractures in an older population through a limited ilioinguinal approach / D. M. Jeffcoat, E. A. Carroll, F. G. Huber [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2012. – Vol. 26, № 5. – P. 284–289. − doi: 10.1097/BOT.0b013e31821e10a2.

121. Jerosch, J. Radiologic evaluation of acetabular defects on acetabular loosening of hip alloarthroplasty / J. Jerosch, J. Steinbeck, S. Fuchs, C. Kirchhoff // Unfallchirurg. – 1996. – Bd. 99, № 10. – S. 727–733.

122. Jimenez, M. L. Total hip replacement after acetabular fracture / M. L. Jimenez, M. Tile, R. S. Schenk // Orthopedic Clinics of North America. – 1997. – Vol. 28, № 3. – P. 435–446. − doi: 10.1016/S0030-5898(05)70300-X.

123. Johanson, N. A. Grading acetabular defects: the need for a universal and valid system / N. A. Johanson, K. R. Driftmier, D. L. Cerynik, C. C. Stehman // Journal of Arthroplasty. – 2010. – Vol. 25, № 3. – P. 425–431. − doi: 10.1016/j.arth.2009.02.021.

124. Judet, R. Fractures of the acetabulum: classification, and surgical approaches for open reduction / R. Judet, E. Letournel, J. Judet // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1964. – Vol. 46, № 8. – P. 1615–1675.

125. Keggi, K. J. Anterior approach to total hip replacement: surgical techniques and clinical results of our first one thousand cases using non-cemented prostheses / K. J. Keggi, M. H. Huo, L. E. Zatorski // Yale Journal of Biology and Medicine. – 1993. – Vol. 66, № 3. – P. 243–256.

126. Kelly, M. Risk of revision and complications after total hip arthroplasty for acute treatment of acetabular fracture / M. Kelly, D. F. Peterson, J. Yoo [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2023. – Vol. 38, № 7, suppl. 2. – P. S270–S275. − DOI: 10.1016/j.arth.2023.05.038.

127. Khandekar, S. Abstracts from the 2005 meeting of the British Trauma Society, held jointly with the Hellenic Association of Orthopaedic Surgery and

Traumatology / Khandekar S., Dinopoulos H., Panagopoulos A. // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2007. – Vol. 38. – P. 133–135.

128. Khurana, S. Total hip arthroplasty for posttraumatic osteoarthritis of the hip fares worse than THA for primary osteoarthritis / S. Khurana, T. B. Nobel, J. S. Merkow [et al.] // American Journal of Orthopedics. – 2015. – Vol. 44, № 7. – P. 321–325.

129. Kim, H. T. Reconstruction of acetabular posterior wall fractures / H. T. Kim., J. M. Ahn, J. O. Hur [et al.] // Clinics in Orthopedic Surgery. – 2011. – Vol. 3, № 2. – P. 114–120. − doi: 10.4055/cios.2011.3.2.114.

130. Kreder, H. J. Determinants of functional outcome after simple and complex acetabular fractures involving the posterior wall / H. J. Kreder, N. Rozen, C. M. Borkhoff [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2006. – Vol. 88, № 6. – P. 776–782. − doi: 10.1302/0301-620X.88B6.17342.

131. Kumar, A. Operative management of acetabular fractures. A review of 73 fractures / A. Kumar, N. A. Shah, S. A. Kershaw, A. D. Clayson // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2005. – Vol. 36. – P. 605–612.

132. Kumar, P. Reliability of modified Harris Hip Score as a tool for outcome evaluation of Total Hip Replacements in Indian population / P. Kumar, R. Sen, S. Aggarwal [et al.] // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. – 2019. – Vol. 10, № 1. – P. 128–130. − doi: 10.1016/j.jcot.2017.11.019.

133. Lai, O. Midterm results of uncemented acetabular reconstruction for posttraumatic arthritis secondary to acetabular fracture / O. Lai, J. Yang, B. Shen [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2011. – Vol. 26, № 7. – P. 1008–1013. − doi: 10.1016/j.arth.2011.02.026.

134. Laird, A. Acetabular fractures: a 16-year prospective epidemiological study / A. Laird, J. F. Keating // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2005. – Vol. 87, № 7. – P. 969–973. − doi: 10.1302/0301-620X.87B7.16017.

135. Li, Y. A post-traumatic osteoarthritic model of hip following fracture of acetabulum in rabbit: a preliminary study by macroscopic and radiographic assessment /

Y. Li, R. Feng, X. Liu [et al.] // Orthopaedic Surgery. – 2021. – Vol. 13, № 1. – P. 296–305. − doi: 10.1111/os.12882.

136. Li, Y. L. Displaced acetabular fractures in the elderly: results after open reduction and internal fixation / Y. L. Li, Y. Y. Tang // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2015. – Vol. 45, № 12. – P. 1908–1913.

137. Liabaud, B. Higher body mass index leads to longer operative time in total knee arthroplasty / B. Liabaud, D. A. Patrick, J. A. Geller // Journal of Arthroplasty. – 2013. – Vol. 28, № 4. – P. 563–565. − doi: 10.1016/j.arth.2012.07.037

138. Lin, C. Functional outcomes after total hip arthroplasty for the acute management of acetabular fractures: 1- to 14-year follow-up / C. Lin, J. Caron, A. H. Schmidt [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2015. – Vol. 29, № 3. – P. 151–159. − doi: 10.1097/BOT.0000000000000164.

139. Little, N. J. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset / N. J. Little, C. A. Busch, J. A. Gallagher [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2009. – Vol. 467, № 11. – P. 2895–2900. − doi: 10.1007/s11999-009-0845-3.

140. Lizaur-Utrilla, A. Cementless acetabular reconstruction after acetabular fracture: a prospective, matched-cohort study / A. Lizaur-Utrilla, J. Sanz-Reig, R. Serna-Berna // Journal of Trauma and Acute Care Surgery. – 2012. – Vol. 73, № 1. – P. 232–238. − doi: 10.1097/TA.0b013e31824cf39e.

141. Lopez, T (II) Clinical and radiological outcomes of trabecular metal systems and antiprotrusion cages in acetabular revision surgery with severe defects: a comparative study / T. Lopez (II), P. Sanz-Ruiz, C. Sanchez-Perez [et al.] // International Orthopaedics. – 2018. – Vol. 42, № 8. – P. 1811–1818. − doi: 10.1007/s00264-018-3801-6.

142. Macedo, C. A. Use of Spotorno expansive acetabulum in sequel of acetabular fracture / C. A. Macedo, C. R. Galia, F. A. Cejas [et al.] // Revista de la Facultad de Ciencias Medicas de Cordoba. – 2000. – Vol. 57, № 1. – P. 81–88.

143. Madhu, R. Outcome of surgery for reconstruction of fractures of the acetabulum. The time dependent effect of delay/ R. Madhu, R. Kotnis, A. Al-Mousawi

// Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2006. – Vol. 88, № 9. – P. 1197–1203. − doi: 10.1302/0301-620X.88B9.17588.

144. Makridis, K. G. Total hip arthroplasty after acetabular fracture: incidence of complications, reoperation rates and functional outcomes: evidence today / K. G. Makridis, O. Obakponovwe, P. Bobak, P. V. Giannoudis // Journal of Arthroplasty. – 2014. – Vol. 29, № 10. – P. 1983–1990. − doi: 10.1016/j.arth.2014.06.001.

145. Malhotra, R. Acute total hip arthroplasty in acetabular fractures using modern porous metal cup / R. Malhotra, D. Gautam // Journal of Orthopaedic Surgery. – 2019. – Vol. 27, № 2. – P. 1–7. − doi: 10.1177/2309499019855438.

146. Malkani, A. L. Increased peak contact stress after incongruent reduction of transverse acetabular fractures: a cadaveric model / A. L. Malkani, M. J. Voor, G. Rennirt [et al.] // Journal of Trauma. – 2001. – Vol. 51, № 4. – P. 704–709. − doi: 10.1097/00005373-200110000-00013.

147. Manirajan, A. Total hip arthroplasty after acetabular fractures in the older population: timing of intervention may improve patient outcomes / A. Manirajan, H. Seidel, M. Daccarett [et al.] // European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology. – 2023. – Vol. 33. – P. 2057–2062. − doi: 10.1007/s00590-022-03395-9.

148. Marmor, M. T. Mapping of the stable Articular surface and available bone corridors for cup fixation in geriatric acetabular fractures / M. T. Marmor, A. Huang, R. Knox [et al.] // Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2020. – Vol. 28, № 13. – P. e573–e579. − doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00445.

149. Marsh. J. L. Articular fractures: does an anatomic reduction really change the result / J. L. Marsh, J. Buckwalter, R. Gelberman [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2002. – Vol. 84, № 7. – P. 1259–1271.

150. Martin, C. T. A comparison of hospital length of stay and short-term morbidity between the anterior and the posterior approaches to total hip arthroplasty / C. T. Martin, A. Pugely, Y. Gao [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2013. – Vol. 28, № 5. – P. 849–854. − doi: 10.1016/j.arth.2012.10.029.

151. Marvin, T. Fractures of the pelvis and acetabulum: principles and methods of management / T. Marvin, D. L. Helfet, J. F. Kellam. – 4th ed. – Stuttgart: Thieme, 2015. – 978 p.

152. Matta, J. M. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury / J. M. Matta // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1996. – Vol. 78, № 11. – P. 1632–1645.

153. McCalden, R. W. A randomised trial comparing a short and a standard-length metaphyseal engaging cementless femoral stem using radiostereometric analysis / R. W. McCalden, A. Korczak, L. Somerville [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2015. – Vol. 97-B, № 5. – P. 595–602. − doi: 10.1302/0301-620X.97B5.34994.

154. Mears, D.C. Displaced acetabular fractures managed operatively: indicators of outcome / D. C. Mears, J. H. Velyvis, C. P. Chang // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2003. – Vol. 407. – P. 173–186. − doi: 10.1097/00003086-200302000-00026.

155. Meena, U. K. Predictors of postoperative outcome for acetabular fractures / U. K. Meena, S. K. Tripathy, R. K. Sen [et al.] // Orthopaedics & Traumatology Surgery & Research. – 2013. – Vol. 99, № 8. – P. 929–935. − doi: 10.1016/j.otsr.2013.09.004.

156. Meinberg, E. Fracture and dislocation classification compendium – 2018 / E. Meinberg, J. Agel, C. Roberts [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2018. – Vol. 32, № 1. – P. S1–S170. − doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.

157. Milenković, S. Surgical treatment of displaced acetabular fractures / S. Milenković, J. Saveski, M. Radenković // Srpski Arhiv za Celokupno Lekarstvo. – 2011. – Vol. 139, № 7/8. – S. 496–500.

158. Moed, B. R. Computed tomographic assessment of fractures of the posterior wall of the acetabulum after operative treatment / B. R. Moed, S. E. Carr, K. I. Gruson [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2003. – Vol. 85, № 3. – P. 512–522. − doi: 10.2106/00004623-200303000-00018.

159. Moed, B. R. Results of operative treatment of fractures of the posterior wall of the acetabulum / B. R. Moed., C. S. E. Willson., T. J. Watson // Journal of Bone and

Joint Surgery (American volume). – 2002. – Vol. 84, № 5. – P. 752–758. − doi: 10.2106/00004623-200205000-00008.

160. Moher, D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement / D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff [et al.] // Journal of Clinical Epidemiology. – 2009. – Vol. 62, № 10. – P. 1006–1012. − doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.

161. Moore, M. S. Radiographic signs of osseointegration in porous-coated acetabular components / M. S. Moore, J. P. McAuley, A. M. Young [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2006. – Vol. 444. – P. 176–183. − doi: 10.1097/01.blo.0000201149.14078.50.

162. Morison, Z. Total hip arthroplasty after acetabular fracture is associated with lower survivorship and more complications / Z. Morison, D. J. Moojen, A. Nauth [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2016. – Vol. 474. – P. 392–398. − doi: 10.1007/s11999-015-4509-1.

163. Mortazavi, S. M. Cementless femoral reconstruction in patients with proximal femoral deformity / S. M. Mortazavi, C. Restrepo, P. J. Kim // Journal of Arthroplasty. – 2011. – Vol. 26, № 3. – P. 354–359. − doi: 10.1016/j.arth.2010.09.002.

164. Mouhsine, E. Percutaneous retrograde screwing for stabilization of acetabular fractures / E. Mouhsine, R. Garofalo, O. Borens [et al.] // Injury: International Journal of Care of Injured. – 2005. – Vol. 36, № 11. – P. 1330–1336. − doi: 10.1016/j.injury.2004.09.016.

165. Newman, E. A. Incidence of heterotopic ossification in direct anterior vs posterior approach to total hip arthroplasty: a retrospective radiographic review / E. A. Newman, D. C. Holst, D. N. Bracey [et al.] // International Orthopaedics. – 2016. – Vol. 40, № 9. – P. 1967–1973. − doi: 10.1007/s00264-015-3048-4.

166. Nie, Y. Effect of high hip center on stress for dysplastic hip / Y. Nie, F. Pei, Z. Li // Orthopedics. – 2014. – Vol. 37, № 7. – P. 637–643. − doi: 10.3928/01477447-20140626-55.

167. Ochs, B. G. Changes in the treatment of acetabular fractures over 15 years: analysis of 1 266 cases treated by the German Pelvic Multicentre Study Group

(DAO/DGU) / B. G. Ochs, I. Marintschev, H. Hoyer [et al.] // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2010. – Vol. 41, № 8. – P. 839–851. − doi: 10.1016/j.injury.2010.04.0104.

168. Olsen, M. Assessment of accuracy and reliability in preoperative templating for hip resurfacing arthroplasty / M. Olsen, P. Gamble, M. Chiu [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2010. – Vol. 25, № 3. – P. 445–449. − doi: 10.1016/j.arth.2009.01.022.

169. Ortega-Briones, A. Acetabular fractures in the elderly: midterm outcomes of column stabilisation and primary arthroplasty / A. Ortega-Briones, S. Smith, M. Rickman // BioMed Research International. – 2017. – Vol. 2017. – Art. 4651518. – P. 1–6. − doi: 10.1155/2017/4651518.

170. O'Toole, R. V. How often does open reduction and internal fixation of geriatric acetabular fractures lead to hip arthroplasty / R. V. O'Toole, E. Hui, A. Chandra [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2014. – Vol. 28, № 3. – P. 148–153. − doi: 10.1097/BOT.0b013e31829c739a.

171. Pang, Q. J. The management of acetabular malunion with traumatic arthritis by total hip arthroplasty / Q. J. Pang, X. Yu, X. J. Chen [et al.] // Pakistan Journal of Medical Sciences. – 2013. – Vol. 29, № 1. – P. 191–196. − doi: 10.12669/pjms.291.2900.

172. Paprosky, W. G. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty: a 6-year follow-up evaluation / W. G. Paprosky, P. G. Perona, J. M. Lawrence // Journal of Arthroplasty. – 1994. – Vol. 9, № 1. – P. 33–44.

173. Paprosky, W. G. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity / W. G. Paprosky, M. O’Rourke, S. M. Sporer // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2005. – Vol. 441. – P. 216–220. − doi: 10.1097/01.blo.0000194311.20901.f9.

174. Parry, M. C. A comparison of the validity and reliability of established bone stock loss classification systems and the proposal of a novel classification system /

M. C. Parry, M. R. Whitehouse, S. A. Mehendale [et al.] // HIP International. – 2010. – Vol. 20, № 1. – P. 50–55. − doi: 10.1177/112070001002000108.

175. Parvizi, J. Surgical treatment of limb- length discrepancy following total hip arthroplasty / J. Parvizi, P. F. Sharkey, G. A. Bissett [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2003. – Vol. 85, № 2. – P. 2310–2317. − doi: 10.2106/00004623-200312000-00007.

176. Pavelka, T. Hip joint arthroplasty following surgical treatment of acetabular fracture / T. Pavelka, M. Linhart, P. Houček // Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslovaca. – 2006. – Vol. 73, № 4. – S. 268–274.

177. Peet, M. M. Fracture of the acetabulum with intrapelvic displacement of the femoral head / M. M. Peet // Annals of Surgery. – 1919. – Vol. 70, № 3. – P. 296–304.

178. Perka, C. Revisionsendoprothetik / C. Perka, B. Fink, M. Millrose [et al.] // AE-Manual der Endoprothetik. – Berlin: Springer, 2012. – S. 441–587.

179. Petis, S. Surgical approach in primary total hip arthroplasty: anatomy, technique and clinical outcomes / S. Petis, J. L. Howard, B. L. Lanting, E. M. Vasarhelyi // Canadian Journal of Surgery. – 2015. – Vol. 58, № 2. – P. 128–139. − doi: 10.1503/cjs.007214.

180. Petsatodis, G. Surgically treated acetabular fractures via a single posterior approach with a follow-up of 2-10 years / G. Petsatodis, P. Antonarakos, B. Chalidis [et al.] // Injury: International Journal of Care of Injured. – 2007. – Vol. 38, № 3. – P. 334–343. − doi: 10.1016/j.injury.2006.09.017.

181. Pohlemann, T. Pelvic fractures: epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group / T. Pohlemann, H. Tscherne, F. Baumgärtel [et al.] // Unfallchirurg. – 1996. – Bd. 3, № 99. – S. 160–167.

182. Pope, D. Maximizing function and outcomes in acetabular reconstruction: segmental bony defects and pelvic discontinuity / D. Pope, B. Stuart, J. Gatoya [et al.] // Instructional Course Lectures. – 2014. – Vol. 63. – P. 187–197.

183. Ranawat, A. Total hip arthroplasty for posttraumatic arthritis after acetabular fracture / A. Ranawat, J. Zelken, D. Helfet, R. Buly // Arthroplasty. – 2009. – Vol. 24, № 5. – P. 759–767. − doi: 10.1016/j.arth.2008.04.004.

184. Rickman, M. Acetabular fractures in the 21st century / M. Rickman, M. Bircher // Trauma. – 2008. – Vol. 10, № 3. – P. 149–173. – doi: 10.1177/1460408608094125.

185. Rickman, M. Managing acetabular fractures in the elderly with fixation and primary arthroplasty: aiming for early weightbearing / M. Rickman, J. Young, A. Trompeter [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2014. – Vol. 472. – P. 3375–3382. – doi: 10.1007/s11999-014-3467-3.

186. Rommens, P. M. Traumatic damage to the cartilage influences outcome of anatomically reduced acetabular fractures: a medium-term retrospective analysis / P. M. Rommens, P. Ingelfinger, T. E. Nowak [et al.] // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2011. – Vol. 42, № 10. – P. 1043–1048. – doi: 10.1016/j.injury.2011.03.058.

187. Romness, D. W. Total hip arthroplasty after fracture of acetabulum. Long-term results / D. W. Romness, D. G. Lewallen // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 1990. – Vol. 72, № 5. – P. 761–764. – doi: 10.1302/0301-620X.72B5.2211750.

188. Sahu, R. L. Outcome of surgical treatment for displaced acetabular fractures: a prospective study / R. L. Sahu // Revista Brasileira de Ortopedia (English edition). – 2018. – Vol. 53, № 4. – P. 482–488. − doi: 10.1016/j.rboe.2017.12.007.

189. Salama, W. Simultaneous open reduction and internal fixation and total hip arthroplasty for the treatment of osteoporotic acetabular fractures / W. Salama, S. Mousa, A. Khalefa [et al.] // International Orthopaedics. – 2017. – Vol. 41, № 1. – P. 181–189. – doi: 10.1007/s00264-016-3175-6.

190. Salar, N. Total hip arthroplasty for acetabular fractures: «early application» / N. Salar, M. S. Bilgen, Ö. F. Bilgen [et al.] // Ulusal Travma ve Acil Cerrahi Derneği. – 2017. – Vol. 23, № 4. – P. 337–342. – doi: 10.5505/tjtes.2016.55675.

191. Schiffner, E. Is computerised 3D templating more accurate than 2D templating to predict size of components in primary total hip arthroplasty? /

E. Schiffner, D. Latz, P. Jungbluth P [et al.] // HIP International. – 2019. – Vol. 29, № 3. – P. 270–275.

192. Schreurs, B. W. Bone impaction grafting and a cemented cup after acetabular fracture at 3–18 years / B. W. Schreurs, M. Zengerink, M. L. Welten [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2005. – Vol. 437. – P. 145–151. – doi: 10.1097/01.blo.0000164408.86710.dc.

193. Schwarzkopf, R. Conversion total hip arthroplasty: primary or revision total hip arthroplasty / R. Schwarzkopf, M. Baghoolizadeh // World Journal of Orthopedics. – 2015. – Vol. 6, № 10. – P. 750–753. – doi: 10.5312/wjo.v6.i10.750.

194. Schwarzkopf, R. Do conversion total hip arthroplasty yield comparable results to primary total hip arthroplasty? / R. Schwarzkopf, G. Chin, K. Kim [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2017. – Vol. 32, № 3. – P. 862–871. – doi: 10.1016/j.arth.2016.08.036.

195. Sermon, A. Total hip replacement for acetabular fractures. Results in 121 patients operated between 1983 and 2003 / A. Sermon, P. Broos, P. Vanderschot // Injury : International Journal of Care of Injured. – 2008. – Vol. 39, № 8. – P. 914–921. – doi: 10.1016/j.injury.2007.12.004.

196. Sheth, N. P. Acetabular bone loss in revision total hip arthroplasty: evaluation and management / N. P. Sheth, C. L. Nelson, D. D. Springer [et al.] // Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2013. – Vol. 21, № 3. – P. 128–139. – doi: 10.5435/JAAOS-21-03-128.

197. Sheth, N. P. Two-centre radiological survivorship of acetabular distraction technique for treatment of chronic pelvic discontinuity / N. P. Sheth, C. M. Melnic, N. Brown [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2018. – Vol. 100-B, № 7. – P. 909–914. – doi: 10.1302/0301-620X.100B7.BJJ -2017-1551.R1.

198. Shinar, A. A. Bulk structural autogenous grafts and allografts for reconstruction of acetabulum in total hip arthroplasty. Sixteen-year-average follow-up / A. A. Shinar, W. H. Harris // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1997. – Vol. 79, № 2. – P. 159–168. – doi: 10.2106/00004623-199702000-00001.

199. Sierra, R. J. Acetabular fractures: the role of total hip replacement / R. J. Sierra, T. M. Mabry, S. A. Sems [et al.] // Bone and Joint Journal. – 2013. –Vol. 95-B, № 11. – P. 11–16. – doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32897.

200. Singh, A. Epidemiology of pelvic and acetabular fractures in a tertiary hospital in Singapore / A. Singh, A. Sh. M. Lim, B. P. H. Lau, G. O'Neill // Singapore Medical Journal. – 2022. – Vol. 63, № 7. – P. 388–393. – doi: 10.11622/smedj.2021024.

201. Smith, T. O. Reliability of the radiological assessments of radiolucency and loosening in total hip arthroplasty using PACS / T. O. Smith, T. H. D. Williams, A. Samuel [et al.] // HIP International. – 2011. – Vol. 21, № 5. – P. 577–582. – doi: 10.5301/HIP.2011.8660.

202. Smith, W. R. Fractures of the pelvis and acetabulum / W. R. Smith, B. H. Ziran, S. J. Morgan. – New York : Informa Healthcare, 2007. – 359 p.

203. Sporer, S. M. How to do a revision total hip arthroplasty: revision of the acetabulum / S. M. Sporer // Instructional Course Lectures. – 2012. – Vol. 61. – P. 303–311.

204. Stetzelberger, V. M. Lower 1-year postoperative mortality after acetabular versus proximal femoral fractures in elderly patients / V. M. Stetzelberger, I. F. Brouze, S. D. Steppacher [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2021. – Vol. 103, № 19. – P. 1807–1816. – doi: 10.2106/JBJS.20.01805.

205. Steward, M. J. Fracture-dislocation of the hip, an end result study / M. J. Steward, L. W. Milford // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 1954. – Vol. 36, № 2. – P. 315–342.

206. Stibolt, R. D (Jr.) Total hip arthroplasty for posttraumatic osteoarthritis following acetabular fracture: a systematic review of characteristics, outcomes, and complications / R. D. Stibolt (Jr.), H. A. Patel, S. R. Huntley [et al.] // Chinese Journal of Traumatology. – 2018. – Vol. 21, № 3. – P. 176–181. – doi: 10.1016/j.cjtee.2018.02.004.

207. Sugano, N. Mid-term results of cementless total hip replacement using a ceramic-on-ceramic bearing with and without computer navigation / N. Sugano,

T. Nishii, H. Miki [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2007. – Vol. 89, № 4. – P. 455–460. – doi: 10.1302/0301-620X.89B4.18458.

208. Surya Prakash Rao, V. Results of surgically treated displaced acetabular fractures among adults / V. Surya Prakash Rao, P. Chandrasekhar, A. L. V. Rajasekhara Rao, V. B. N. Prasad Rao // Clinical proceedings of Nizam's Institute of Medical Sciences. – 2005. – Vol. 17, № 27. – P. 12–16.

209. Suzuki. K. Cementless total hip replacement after previous intertrochanteric valgus osteotomy for advanced osteoarthritis / K Suzuki 1, S Kawachi, M Matsubara [et al.] // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 2007. – Vol. 89, № 9. – P. 1155–1157. – doi: 10.1302/0301-620X.89B9.19082.

210. Swanson, M. A. Total hip arthroplasty following previous acetabular fracture / M. A. Swanson, J. R. Knight, M. H. Huo // Operative Techniques in Orthopaedics. – 2009. – Vol. 19, № 3. – P. 150–154. – doi: 10.1053/j.oto.2009.07.004.

211. Swanson, M. A. Total hip arthroplasty for post-traumatic arthritis after previous acetabular fractures / M. A. Swanson, M. H. Huo // Seminars in Arthroplasty. – 2008. – Vol. 19, № 4. – P. 303–306. – doi: 10.1053/j.sart.2008.10.007.

212. Taheriazam, A. Conversion to total hip arthroplasty in posttraumatic arthritis: short-term clinical outcomes / A. Taheriazam, A. Saeidinia // Orthopedic Research and Reviews. – 2019. – Vol. 11. – P. 41–46. – doi: 10.2147/ORR.S184590.

213. Taniguchi, N. Effect of pore size on bone ingrowth into porous titanium implants fabricated by additive manufacturing: an in vivo experiment / N. Taniguchi, Sh. Fujibayashi, M. Takemoto [et al.] // Materials Science and Engineering: C. – 2016. – Vol. 59. – P. 690–701. – doi: 10.1016/j.msec.2015.10.069.

214. Taunton, M. J. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option / M. J. Taunton, T. K. Fehring, P. Edwards [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2012. – Vol. 470, № 2. – P. 428–434. – doi: 10.1007/s11999-011-2126-1.

215. Telleria, J. J. Classifications in brief: the Paprosky classification of acetabular bone loss / J. J. Telleria, A. O. Gee // Clinical Orthopaedics and Related

Research. – 2013. – Vol. 471, № 11. – P. 3725–3730. – doi: 10.1007/s11999-016-5012-z.

216. Tile, M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? / M. Tile // Journal of Bone and Joint Surgery (British volume). – 1988. – Vol. 70, № 1. – P. 1–12. – doi: 10.1302/0301-620X.70B1.3276697.

217. Tornetta, P (3rd) Non-operative management of acetabular fractures: the use of dynamic stress views / H. Tornetta (3rd) // Journal of Bone and Joint Surgery (British). – 1999. – Vol. 81, № 1. – P. 67–70. – doi: 10.1302/0301-620x.81b1.8805.

218. Veerappa, L. A. Management of neglected acetabular fractures / L. A. Veerappa, S. K. Tripathy, R. K. Sen // European Journal of Trauma and Emergency Surgery. – 2015. – Vol. 41, № 4. – P. 343–348. – doi: 10.1007/s00068-014-0462-z.

219. Verbeek, D. O. Predictors for long-term hip survivorship following acetabular fracture surgery: importance of gap compared with step displacement / D. O. Verbeek, J. P. Van der List, C. M. Tissue, D. L. Helfet // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2018. – Vol. 100, № 11. – P. 922–929. – doi: 10.2106/JBJS.17.00692.

220. Vinden, C. Teaching surgery takes time: the impact of surgical education on time in the operating room / C. Vinden, R. Malthaner, J. McGee [et al.] // Canadian Journal of Surgery. – 2016. – Vol. 59, № 2. – P. 87–92. – doi: 10.1503/cjs.017515.

221. Wang, Q. Longer operative time results in a higher rate of subsequent periprosthetic joint infection in patients undergoing primary joint arthroplasty / Q. Wang, K. Goswami, N. Shohat [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2019. – Vol. 34, № 5. – P. 947–953. – doi: 10.1016/j.arth.2019.01.027.

222. Watts, C. D. Anatomic hip center decreases aseptic loosening rates after total hip arthroplasty with cement in patients with crowe type-II dysplasia: a concise follow-up report at a mean of thirty-six years / C. D. Watts, M. P. Abdel, A. D. Hanssen, M. W. Pagnano // Journal of Bone and Joint Surgery (American volume). – 2016. – Vol. 98, № 11. – P. 910–915. – doi: 10.2106/JBJS.15.00902.

223. Weber, M. Total hip arthroplasty after operative treatment of an acetabular fracture / M. Weber, D. J. Berry, W. S. Harmsen // Journal of Bone and Joint Surgery

(American volume). – 1998. – Vol. 80, № 9. – P. 1295–1305. – doi: 10.2106/00004623-199809000-00008.

224. Williams, M. B. Digital radiography image quality: image acquisition / M.B. Williams, E. A. Krupinski, K. J. Strauss [et al.] // Journal of the American College of Radiology. – 2007. – Vol. 4, № 6. – P. 371–388. – doi: 10.1016/j.jacr.2007.02.002.

225. Wind, M. A (Jr.) Short-term results of a custom triflange acetabular component for massive acetabular bone loss in revision THA / M. A. Wind (Jr.), M. L. Swank, J. I. Sorger // Orthopedics. – 2013. – Vol. 36, № 3. – P. e260–e265. – doi: 10.3928/01477447-20130222-11.

226. Wu, E. S. Outcomes of delayed total hip arthroplasty in patients with a previous ipsilateral acetabular fracture / E. S. Wu, J. J. Jauregui, S. Banerjee [et al.] // Expert Review of Medical Devices. – 2015. – Vol. 12, № 3. – P. 297–306. – doi: 10.1586/17434440.2015.1026327.

227. Yu, L. Middle and long-term results of total hip arthroplasties for secondary post-traumatic arthritis and femoral head necrosis after acetabular fractures / Yu L, Zhang C, Guo T, et al. // Zhongguo Gu Shang. – 2016. – Vol. 29, № 2. – P. 109–113 (In Chinese).

228. Yu, R. Validity and reliability of the Paprosky acetabular defect classification / R. Yu, J. G. Hofstaetter, T. Sullivan [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2013. – Vol. 471, № 7. – P. 2259–2265. – doi: 10.1007/s11999-013-2844-7.

229. Zahar, A. Total hip arthroplasty with acetabular reconstruction using a bulk autograft for patients with developmental dysplasia of hip results in high failure rates at mid-term follow-up / A. Zahar, K. Papik, J. Lakatos // International Orthopaedics. – 2014. – Vol. 38, № 5. – P. 947–519. – doi: 10.1007/s00264-014-2280-7.

230. Zampelis, V. Custom-made 3D-printed cup-cage implants for complex acetabular revisions: evaluation of pre-planned versus achieved positioning and 1-year migration data in 10 patients / V. Zampelis, G. Flivik // Acta Orthopaedica. – 2021. – Vol. 92, № 1. – P. 23–28. – doi: 10.1080/17453674.2020.1819729.

231. Zhang, J. Short-term effectiveness of total hip arthroplasty for posttraumatic osteoarthritis secondary to acetabular fracture / J. Zhang, J. Ling, H. Liu [et al.] // Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. – 2013. – Vol. 27, № 8. – P. 990–993.

232. Zhang, L. Total hip arthroplasty for failed treatment of acetabular fractures: a 5-year follow-up study / L. Zhang, Y. Zhou, Y. Li [et al.] // Journal of Arthroplasty. – 2011. – Vol. 2, № 8. – P. 1189–1193. – doi: 10.1016/j.arth.2011.02.024.

233. Zhang, Ya. The contribution of pore size and porosity of 3D printed porous titanium scaffolds to osteogenesis / Ya. Zhang, N. Sun, M. Zhu [et al.] // Materials Science and Engineering: C. – 2022. – Vol. 133, № 4. – Art. 112651. – doi: 10.1016/j.msec.2022.112651.

234. Ziran, N. Outcomes after surgical treatment of acetabular fractures: a review / N. Ziran, G. L. S. Soles, J. M. Matta // Patient Safety in Surgery. – 2019. – Vol. 13. – Art. 16. – P. 1–19. – doi: 10.1186/s13037-019-0196-2.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Модифицированная шкала Harris Hip Score: оценочная система для тазобедренного сустава

I. Боль (максимально – 44 балла)

Характер боли	Баллы
а) отсутствует или может быть проигнорирована	44
б) легкая, периодическая, не ограничивающая активность	40
в) мягкая боль, не влияющая на обычную активность, редко – умеренная боль при необычной нагрузке, можно принять аспирин	30
г) умеренная боль, стойкая; некоторое ограничение обычной активности или работы; периодически может потребоваться прием препаратов сильнее, чем аспирин	20
д) выраженная боль, сильно ограничивающая активность	10
е) боль в постели, калечащая, приковывающая к постели	0

II. Функция (максимально – 47 баллов)

Составляющие функции			Баллы
1			2
А. Походка (максимально – 33 балла)			
1			2
	1. Хромота	а) отсутствует	11
		б) легкая	8
		в) умеренная	5
		г) выраженная	0
	2. Дополнительные средства опоры	а) отсутствуют	11
		б) трость на длинных дистанциях	7
		в) трость большая часть времени	5
		г) один костыль	3
		д) две трости	0
		е) два костыля	0
	3. Дистанция передвижения	а) не ограничена	11
		б) шесть кварталов	8
		в) два-три квартала	5
		г) только внутри дома	2
		д) кровать и стул	0
Б. Активность (максимально – 14 баллов)			

	1. Ходьба по ступенькам	а) нормально, без использования перил	4
		б) нормально, с использованием перил	2
		в) затруднена	1
		г) невозможна	0
	2. Возможность надевать туфли и носки	а) легко	4
		б) с трудом	2
		в) невозможно	0
	3. Возможность сидеть	а) комфортно на обычном стуле в течении часа	5
		б) на высоком стуле в течение получаса	3
		в) невозможно сидеть комфортно на любом стуле	0
	4. Езда на общественном транспорте		0

III. Отсутствие деформации (максимально – 4 балла):

а) фиксированная сгибательная контрактура менее 30° (минус 1 балл); б) фиксированная приводящая контрактура менее 10° (минус 1 балл);

в) фиксированная внутренняя ротация при разгибании менее 10° (минус 1 балл); г) укорочение конечности менее 3,2 см (минус 1 балл).

IV. Амплитуда движений (максимально – 5 баллов).

Возможная амплитуда движений в каждом интервале умножается на соответствующий индекс.

А. Сгибание: 0-45° х 1,0

45-90° х 0,6

90-110° х 0,3.

Б. Отведение: 0-15° х 0,8

более 20° х 0.

В. Наружная ротация: 0-15° х 0,4

более 15° х 0.

Г. Внутренняя ротация: любая х 0

0-5-20° х 0,3

Д. Приведение: 0-15° х 0,2.

Для получения оценки в баллах этого признака сумма произведений, полученных по каждому диапазону и по каждой плоскости, умножается на 0,05.

Харрис: оценочная система для тазобедренного сустава (W.H. Harris, 1969: Evaluation system of the hip).

V. Боль (максимально – 44 балла)

Характер боли	Баллы
а) отсутствует или может быть проигнорирована	44
б) легкая, периодическая, не ограничивающая активность	40
в) мягкая боль, не влияющая на обычную активность, редко – умеренная боль при необычной нагрузке, можно принять аспирин	30
г) умеренная боль, стойкая; некоторое ограничение обычной активности или работы; периодически может потребоваться прием препаратов сильнее, чем аспирин	20
д) выраженная боль, сильно ограничивающая активность	10
е) боль в постели, калечащая, приковывающая к постели	0

VI. Функция (максимально – 47 баллов)

Составляющие функции			Баллы
1			2
А. Походка (максимально – 33 балла)			
1			2
	1. Хромота	а) отсутствует	11
		б) легкая	8
		в) умеренная	5
		г) выраженная	0
	2. Дополнительные средства опоры	а) отсутствуют	11
		б) трость на длинных дистанциях	7
		в) трость большая часть времени	5
		г) один костыль	3
		д) две трости	0
		е) два костыля	0
	3. Дистанция передвижения	а) не ограничена	11
		б) шесть кварталов	8
		в) два-три квартала	5
		г) только внутри дома	2
		д) кровать и стул	0
Б. Активность (максимально – 14 баллов)			
	1. Ходьба по ступенькам	а) нормально, без использования перил	4

		б) нормально, с использованием перил	2
		в) затруднена	1
		г) невозможна	0
	2. Возможность надевать туфли и носки	а) легко	4
		б) с трудом	2
		в) невозможно	0
	3. Возможность сидеть	а) комфортно на обычном стуле в течении часа	5
		б) на высоком стуле в течение получаса	3
		в) невозможно сидеть комфортно на любом стуле	0
	4. Езда на общественном транспорте		0

VII. Отсутствие деформации (максимально – 4 балла):

а) фиксированная сгибательная контрактура менее 30° (минус 1 балл);

б) фиксированная приводящая контрактура менее 10° (минус 1 балл);

в) фиксированная внутренняя ротация при разгибании менее 10° (минус 1 балл);

г) укорочение конечности менее 3,2 см (минус 1 балл).

VIII. Амплитуда движений (максимально – 5 баллов).

Возможная амплитуда движений в каждом интервале умножается на соответствующий индекс.

А. Сгибание: 0-45° х 1,0

45-90° х 0,6

90-110° х 0,3.

Б. Отведение: 0-15° х 0,8

более 20° х 0.

В. Наружная ротация: 0-15° х 0,4

более 15° х 0.

Г. Внутренняя ротация: любая х 0

0-5-20° х 0,3

Д. Приведение: 0-15° х 0,2.

Для получения оценки в баллах этого признака сумма произведений, полученных по каждому диапазону и по каждой плоскости, умножается на 0,05.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Шкала ВАШ

Рисунок Б.1 – Сравнительная таблица болевых ощущений