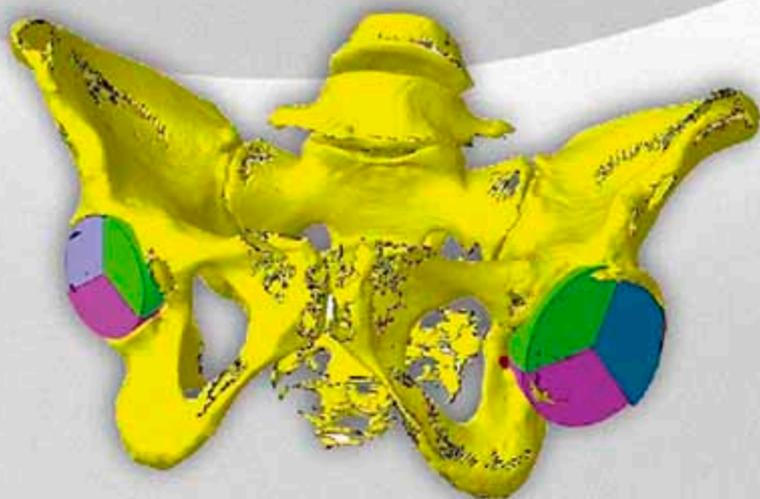


А.А. Пронских, С.В. Романова, В.А. Базлов,
В.М. Прохоренко, В.В. Павлов

**ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
ИМПЛАНТАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
И СТАНДАРТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ
ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ**



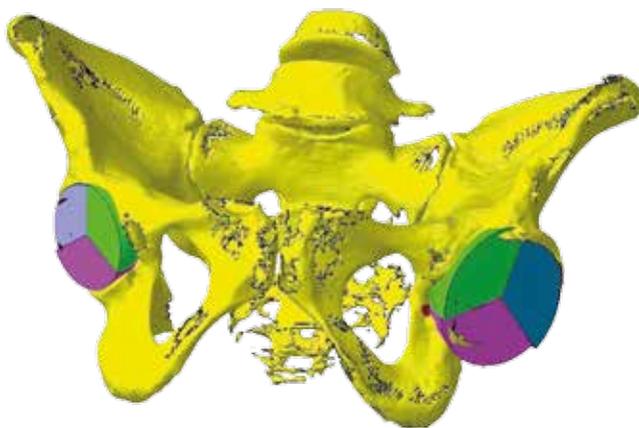
Учебное пособие

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

А.А. Пронских, С.В. Романова, В.А. Базлов,
В.М. Прохоренко, В.В. Павлов

**ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
ИМПЛАНТАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
И СТАНДАРТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ
ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ**

Учебное пособие



Новосибирск
2025

УДК 616.728.2-089.843+616.718.16+616.089.163

ББК 54.582.8

П 71

*Издается по решению Ученого совета
ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России
(протокол от 17.01.2025 г. № 1)*

Рецензент:

Ахтямов Ильдар Фуатович – доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, заведующий кафедрой

Авторы – сотрудники ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России:

Пронских Александр Андреевич – старший научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, врач травматолог-ортопед, доктор медицинских наук; e-mail: proal_88@mail.ru

Романова Светлана Владимировна – младший научный сотрудник отдела организации научных исследований, кандидат медицинских наук; e-mail: filatova0319@gmail.com

Базлов Вячеслав Александрович – научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, врач травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук; e-mail: sbazlov@yandex.ru

Прохоренко Валерий Михайлович – главный научный сотрудник отдела организации научных исследований, доктор медицинских наук, профессор; e-mail: VProhorenko@niito.ru

Павлов Виталий Викторович – начальник научно-исследовательского отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, врач травматолог-ортопед, доктор медицинских наук, доцент; e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Предоперационное планирование имплантации индивидуальных и стандартных конструкций у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины: учебное пособие / А.А. Пронских, С.В. Романова, В.А. Базлов, В.М. Прохоренко, В.В. Павлов. – Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, 2025, 48 с.

Пособие посвящено возможностям и способам предоперационного планирования при проведении сложного первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины. Приведены показания, противопоказания, возможные методы визуализации дефектов и деформаций вертлужной впадины, особенности предоперационного планирования. Данное пособие предназначено для учебных целей, адресовано для изучения врачами травматологами-ортопедами, занимающимися вопросами сложного первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, а также для применения в ходе обучения клинических ординаторов по специальности травматология и ортопедия. Распространяется бесплатно.

ISBN 978-5-6051722-6-0

УДК 616.728.2-089.843+616.718.16+616.089.163

ББК 54.582.8

© А.А. Пронских, С.В. Романова, В.А. Базлов, В.М. Прохоренко, В.В. Павлов, 2025

© ННИИТО, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
АНАТОМИЯ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ	6
ОСОБЕННОСТИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ	10
ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	11
ОСОБЕННОСТИ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА	13
ПЛОСКОСТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	13
ПЛАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МСКТ	18
МЕТОД ПОСЛОЙНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ	22
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	24
КОМПЬЮТЕР-АССОЦИИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	24
ВЫБОР ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ	35
КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	41
ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ	44
ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ВОПРОСАМ	46

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Кёлера запятая (А. Kohler; син. «фигура слезы») – тень на нормальной рентгенограмме тазобедренного сустава в переднезадней проекции, имеющая форму свисающей капли, расположенная у нижнемедиального края вертлужной впадины и соответствующая передней части тела седалищной кости, проецирующейся на лонную кость. Вогнутая наружная часть петли является отображением дна вертлужной впадины на уровне ее ямки и переходит в контур крыши. Внутренняя часть, более ровная отображает корковый слой седалищной кости, обращенной в полость малого таза. Внизу эти две линии образуют дугу, являющуюся контуром коркового слоя нижнего края вертлужной впадины.

Офсет ацетабулярный – расстояние между запятой Кёлера и вертикальной линией, проходящей через центр вращения тазобедренного сустава.

Офсет бедренный – расстояние между центральной продольной осью бедренной кости и центром вращения тазобедренного сустава. Также – *горизонтальное расстояние между вершиной конуса ножки и продольной осью тела ножки.*

Центр ротации тазобедренного сустава – это центр окружности, соответствующей контурам головки бедренной кости или вертлужной впадины.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВВ – вертлужная впадина

ВК – вертлужный (ацетабулярный, тазовый) компонент эндопротеза тазобедренного сустава

МРТ – магнитно-резонансная томография

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ТБС – тазобедренный сустав

ЭП – эндопротезирование

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно во всем мире выполняется около 1 млн оперативных вмешательств по эндопротезированию (ЭП) тазобедренного сустава (ТБС). Одним из ключевых моментов для достижения хорошего результата является правильное позиционирование компонентов эндопротеза, которое достигается за счет предоперационного планирования. Однако, среди рутинно выполняемых оперативных вмешательств встречаются такие случаи, когда требуется реконструкция положения вертлужной впадины (ВВ), центра вращения, коррекция деформаций, замещение костных и мягкотканых дефектов, восстановление подвижности и стабильности сустава, воссоздание объема костной массы. Другими словами, случаи сложного первичного ЭП. К данной категории вмешательств относятся диспластические артрозы, вторичные артриты на фоне системных заболеваний, а также последствия травм ВВ. В современной мировой литературе описаны многочисленные варианты оперативного лечения у данной категории пациентов, направленные на достижение стабильной первичной фиксации компонентов, замещение костных дефектов трансплантатами или аугментами, имплантацию вертлужного компонента (ВК) в истинный центр ротации для восстановления биомеханических взаимоотношений в пораженном суставе.

В настоящее время не существует общепринятой системы оценки посттравматических изменений ВВ, таких как дефект и деформация, что, в свою очередь, крайне затрудняет анализ результатов первичного ЭП у данной группы больных и разработку системного подхода при выборе хирургической тактики. При попытке описать локализацию и характер посттравматических изменений большинство авторов используют либо классификации переломов ВВ, либо классификации периацетабулярного остеолизиса, изначально разработанные для ревизионного ЭП, такие как AAOS, DGOT, A.E. Gross и K.J. Saleh, W.G. Paprosky. Классификации острых повреждений таза и описательные системы для ревизионного ЭП не могут в полной мере отразить всего разнообразия дефектов и состояния костной ткани ВВ, влияющих на выбор хирургической тактики.

При планировании тотального первичного ЭП ТБС, выборе ВК, решении вопроса о необходимости костной пластики требуется выбор способа реконструкции вертлужной впадины, основанный на описании объёма и локализации костного дефекта. Для восстановления биомеханики ТБС необходимо правильно реконструировать естественный центр вращения ТБС, длину ноги, бедренный и ацетабулярный офсет. При серьезных повреждениях предоперационное планирование можно выполнить на интактном ТБС с последующей адаптацией результатов к поврежденному суставу.

АНАТОМИЯ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

Тазовая кость (*os coxae*) у детей и подростков состоит из трех костей: подвздошной (*os ilium*), седалищной (*os ischii*) и лобковой (*os pubis*). Первичные точки окостенения закладываются после 8-й недели внутриутробного развития. Тазовая кость развивается из трех первичных точек окостенения и нескольких (до 8) добавочных точек. Первичные образуют подвздошную кость (появляется на третьем месяце внутриутробного развития плода), седалищную (на четвертом месяце) и лобковую (на пятом месяце); добавочные точки дополняют возвышения, углубления, края отдельных костей. К 8 годам жизни ветви лобковой и седалищной костей синостозируют в единую кость – *os ischiopubicum*. В области ВВ все 3 кости сначала соединяются хрящевыми прослойками (триангулярный хрящ), где к 16–18 годам появляются добавочные точки окостенения. Сращение всех точек окостенения происходит в возрасте 20–25 лет в области наибольшей нагрузки – вертлужной (ацетабулярной) впадине (*acetabulum*), являющейся суставной ямкой ТБС (рисунок 1).

Подвздошная и седалищная кость занимают приблизительно по 40% от площади поверхности ВВ, лобковая – около 20 %.

На сегодняшний день существуют исследования, дающие более точную анатомическую и морфологическую характеристику ВВ. На основе морфометрии и компьютерной томографии Е.А. Анисимова, К.С. Юсупов и др. в 2013 г. провели анализ морфологии кост-

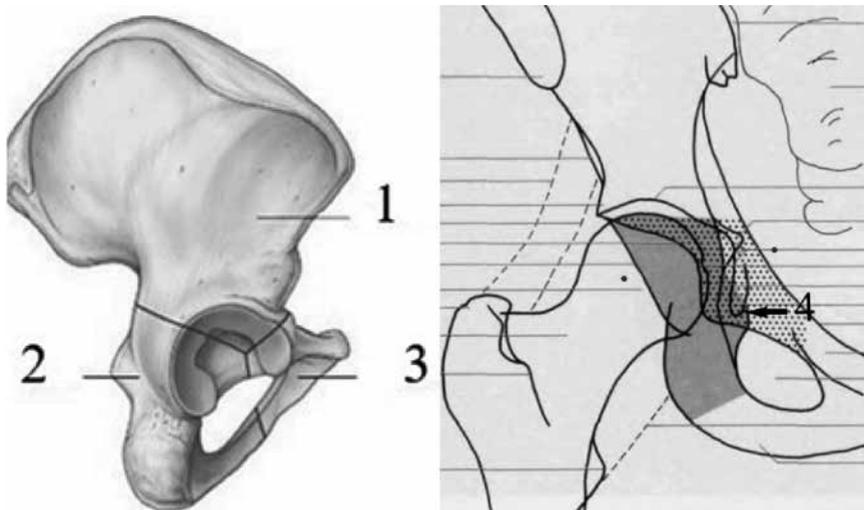


Рисунок 1 – Изображения тазовой кости; справа с рентгенологическими ориентирами. 1 – подвздошная кость; 2 – седалищная кость; 3 – лобковая кость; 4 – запятая Кёлера («фигура слезы»)

ных структур ВВ. В результате исследования были выявлены такие параметры, как варибельность толщины стенок ВВ (таблица 1).

На основании полученных данных можно говорить о границах ВВ в популяции и соответственно разграничить повреждения костей таза и изолированные повреждения ВВ.

Оптимальным условием функционирования ТБС среди прочих является совмещение центра ротации ВВ с анатомическим центром

Таблица 1 – Морфологические характеристики стенок вертлужной впадины (толщина в миллиметрах)

Стенка вертлужной впадины	Варибельность толщины в мм
Задняя	4,0–21,0
Нижняя	4,0–21,0
Верхняя (крыша)	14,1 ± 0,3 (10,0–19,0)
Передняя	7,6 ± 0,3 (4,0–15,0)

ТБС. Центры ротации здорового и поврежденного ТБС определяют по центру окружности, соответствующей контурам головки бедренной кости или ВВ. По касательной к обоим седалищным буграм проводят горизонтальную прямую. Перпендикулярно к ней через центр лобкового симфиза также проводится прямая.

Ацетабулярный офсет определяют по расстоянию между «запятой» Кёлера и вертикальным отрезком, проходящим через центр вращения ТБС, бедренный офсет определяют, как наименьшее расстояние между центральной продольной осью бедренной кости и центром ротации (рисунок 2). Любое несовпадение анатомического центра ротации называют смещением центра ротации.

Для определения размера и положения имплантата при помощи шаблонов оптимальной является рентгенограмма во фронтальной проекции в положении пациента лежа на спине или стоя.

Снимок должен быть симметричным, отцентрированным по центру лобкового симфиза, обе бедренные кости должны быть повернуты внутрь с углом вращения 20° . Масштаб рентгеновского снимка

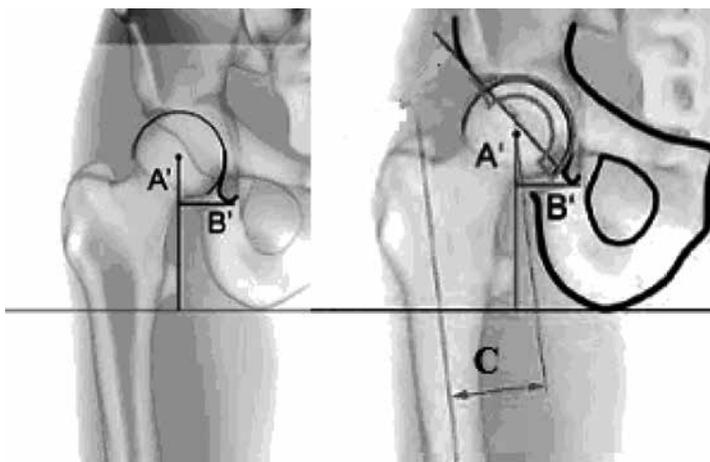


Рисунок 2 – Определение центра ротации и ацетабулярного офсета:
А) центр ротации; А-В) ацетабулярный офсет; С) бедренный офсет (CBC Evolution. Техника хирургической операции)

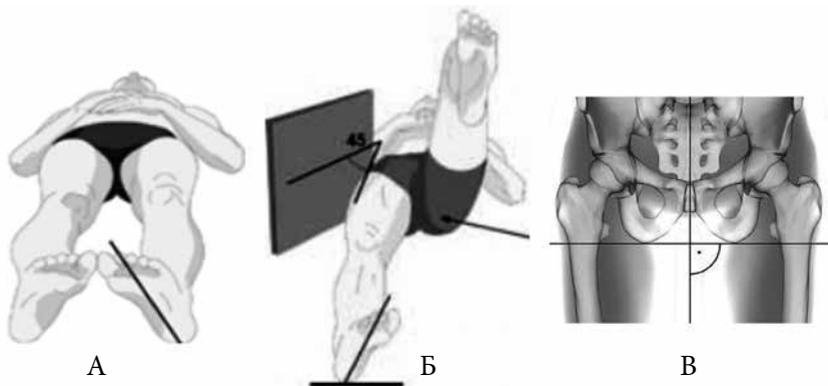


Рисунок 3 – Укладка пациента в положение лежа для выполнения рентгенографии тазобедренного сустава. А – прямая проекция. Б – боковая проекция. В – изображение отцентрированной рентгенограммы.

контролируют при помощи калибровочного объекта или используя фиксированное фокусное расстояние и располагая пациента на строго определенном расстоянии от пленки и источника рентгеновского излучения (рисунок 3).

Оценка ацетабулярного офсета размера и положения чашки

Центры вращения здорового (А) и поврежденного (А') ТБС определяют по центру окружности, соответствующей контурам головки бедренной кости или ВВ (рисунок 2). Затем по касательной к обоим седалищным буграм проводят первую горизонтальную прямую. Вторую прямую проводят перпендикулярно к первой через центр лобкового симфиза.

Если планируется коррекция длины ноги, то на этом этапе в качестве анатомического ориентира можно использовать новое положение седалищных бугров, ожидаемое после операции.

Ацетабулярный офсет определяют по расстоянию между запятой Кёлера (В или В') и вертикальным отрезком (А или А'), проходящим через центр вращения тазобедренного сустава (рисунок 2).

Положение чашки по отношению к тазу определяется на основании контуров ВВ, установленного центра вращения ТБС, позиции

запятой Кёлера и необходимого угла инклинации (рисунок 2).

Смещение центра ротации по вертикальной оси называют краниальным или каудальным. Относительно сагиттальной оси центр ротации может смещаться кнутри (медиально) или кнаружи (латерально). Относительно фронтальной оси встречается его смещение впереди или кзади.

В рамках классификационных схем оценка потери костной массы часто основывается на оставшихся анатомических ориентирах, контралатеральной стороне и/или опыте хирургов. Недостаточное восстановление механики ТБС приводит к увеличению количества таких осложнений, как вывихи бедренного компонента, раннее асептическое расшатывание компонентов эндопротеза. Для достижения хорошего клинического результата у таких пациентов возникает необходимость точного представления о положении ориентиров ВВ, тщательного восстановления таких параметров, как центр ротации и бедренный офсет. Эти параметры влияют на функцию мышц-абдукторов, являющихся главным стабилизатором ТБС. По данным мировой литературы, смещение центра ротации краниально более чем на 15 мм или изменение бедренного офсета более чем на 20 мм значительно влияют на послеоперационный объем движений, количество послеоперационных осложнений, и, как следствие, функциональный результат.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

При лечении пациентов с последствиями переломов ВВ высока вероятность развития порочной консолидации отломков, что приводит к нарушению анатомических взаимоотношений в суставе.

В клинической практике в определение посттравматического коксартроза включают как незначительные деформации ВВ, так и ложные суставы, консолидированные в порочном положении переломы костей, образующих ВВ, как с предшествующей хирургической операцией, так и без нее.

Современные исследования показали, что в большом количестве случаев после перенесенной травмы ацетабулярной области прогрессирует посттравматический артроз ТБС, причем независимо от того, была ли восстановлена анатомия сустава или нет.

ЭП ТБС у пациентов с последствиями травм ВВ сопряжено с целым комплексом сложностей:

- дефекты костной ткани ВВ, не позволяющие достичь прочной первичной фиксации стандартных ВК;
- нарушение анатомических взаимоотношений в суставе;
- выраженный мягкотканый рубцовый процесс;
- наличие металлоконструкций;
- повышенный риск развития инфекции, связанный с многочисленными хирургическими вмешательствами;
- асептический некроз головки бедренной кости, ограничивающий возможности костной аутопластики.

Предшествующие операции приводят к выраженному мягкотканому рубцовому процессу в области доступа и параартикулярных тканей, что увеличивает время оперативного вмешательства, снижает реабилитационный потенциал, повышает риск септических осложнений. Наличие металлоконструкций также ограничивает использование имплантатов, увеличивает риск развития параимплантной инфекции; а при необходимости удаления металлоконструкций увеличивается тяжесть интраоперационного травматического воздействия. Вследствие выраженного изменения анатомических соотношений формируется порочный мышечный стереотип ходьбы, что снижает реабилитационный потенциал.

ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рентгенологическое исследование является рутинным исследованием для пациентов с травмами ВВ и их последствиями. Выполняется обзорная рентгенография костей таза с захватом обоих ТБС с фокусным расстоянием 115 см в положении лежа на спине (рисунок 3).

Выполнение стандартной укладки по Dunn подразумевает сгибание в бедре под углом 45° , отведение на 20° и нейтральное положение стопы, однако в литературе зачастую выполнение укладки по Dunn в классическом варианте заменяется на выполнение этой укладки с ротацией 40° . При сгибании в ТБС на 45° и наружной ротации бедра на 40° выявление деформации улучшается

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

Во время проведения рентгенографии пациентам с последствиями переломов ВВ при поступлении в стационар важно обращать внимание на степень консолидации перелома, деформацию колонн ВВ, наличие дефектов костной ткани.

На рентгенограммах при застарелых переломах возможно определить такие изменения, как аваскулярный некроз головки бедренной кости и остеолизис костных отломков (рисунок 4).



Рисунок 4 – Обзорная рентгенография таза в передней-задней проекции. Консолидированный перелом заднего края левой вертлужной впадины, большого вертела левой бедренной кости в условиях остеометаллосинтеза

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

В ходе предоперационного планирования ЭП ТБС выбирается наиболее подходящая геометрия эндопротеза, в частности, тип и размеры бедренного компонента и ВК, способ их фиксации.

Методика предоперационного планирования включает 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 ВВ 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.

ПЛОСКОСТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Использование шаблонов (так называемое «шаблонирование») – позволяет более точно выбрать подходящий размер имплантата. Такое планирование выполняется путем сопоставления в нужной ориентации прозрачных пленок – шаблонов (от производителя) с рисунком планируемого имплантата с предоперационной рентгенограммой на бумажной основе (рисунок 5).

Самым распространенным сейчас является цифровое использование шаблона. В настоящее время существует три варианта предоперационного планирования:

- на цифровых изображениях;
- 2D-шаблонирование на цифровых изображениях;
- цифровой 3D-шаблон.

Современные цифровые рентгенологические установки влекут меньшую лучевую нагрузку и сохраняют изображение в междуна-



Рисунок 5 – Предоперационное планирование с использованием шаблонов на прозрачной пленке и стандартных рентгенограмм костей таза в прямой проекции

родном стандарте хранения медицинских изображений – DICOM. Сегодня на рынке существует множество программных обеспечений, позволяющих осуществить предоперационное планирование тотального ЭП суставов: Merge OrthoCase™ компании Watson Health (<http://www.merge.com>), mediCAD компании mediCAD Hectec (<https://www.hectec.de>), Optinav компании OptiNav Sp. (<https://optinav.pl>) и др. (рисунок 6).

Преимуществом компьютерного планирования является возможность применения рентгенограмм не только в формате DICOM, но обязательным наличием метки с известным диаметром. Данные программные продукты можно использовать для предоперационного планирования ЭП только при сохранной анатомии сустава и отсутствии объемных дефектов и деформаций.

Предоперационное планирование может быть эффективно не только для прогнозирования положения имплантата, но и для восстановления центра ротации и выравнивания длины конечностей, что предотвращает раннюю нестабильность ВК. Так, например,

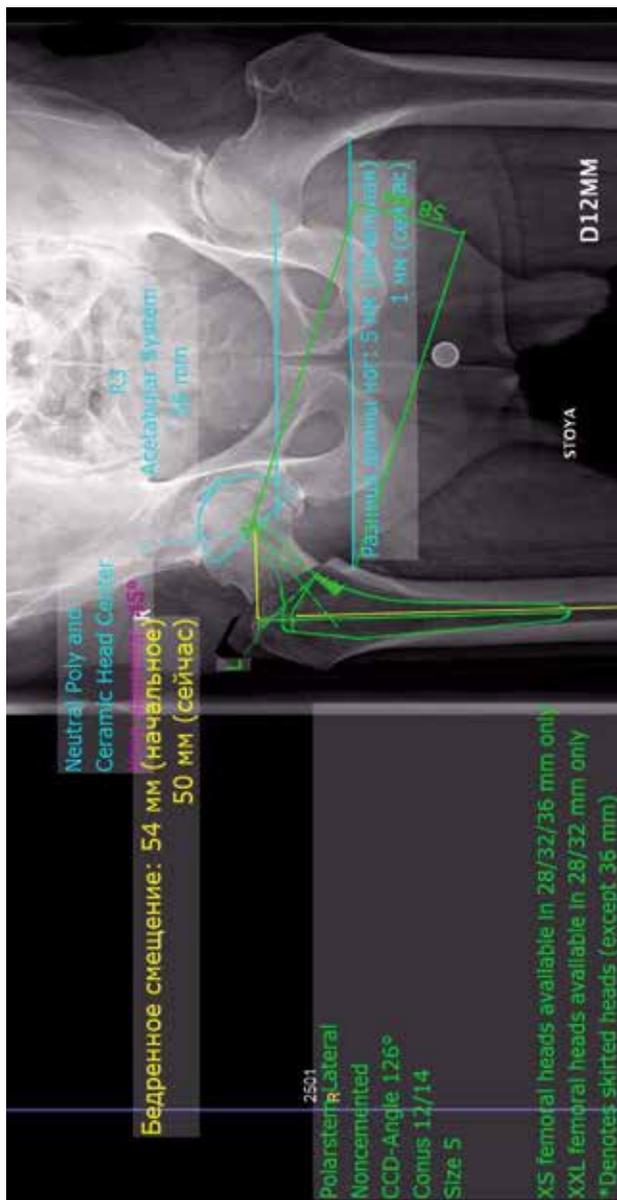


Рисунок 6 – Предоперационное планирование с использованием планировщика Medisad на базе модуля «Эндотрогезирование».

выбор бедренного компонента меньшего размера может привести к его установке в варусное положение, что может вызвать различные послеоперационные осложнения и раннее ревизионное вмешательство.

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) может быть использована как наиболее подходящий и качественный инструмент для анализа дефектов ВВ. Несколько исследовательских групп, используя трупный материал, смогли продемонстрировать, что КТ способна достоверно выявлять остеолитический и надежно отражать размеры перипротезных дефектов.

Надежность возрастает при использовании 3D-КТ вместо 2D-рентгенограмм, но по-прежнему сохраняется субъективная интерпретация данных. Для увеличения точности измерений в Новосибирском НИИТО используется протокол двухмерного и трехмерного планирования. Анализ степени смещения механических параметров проводится на стандартных рентгенограммах и срезах МСКТ в формате DICOM.

Центр ротации здорового ТБС определяется, путем измерения трех диаметров на окружности головки бедренной кости, в точке их пересечения отмечается 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 переносят на патологическую сторону, проецируя окружность с учетом сохранной части головки (рисунок 7).

Степень смещения измеряется, сравнивая параметры здорового сустава – вертикальное, горизонтальное положение центра ротации, и аналогичные параметры патологически измененного сустава. Вертикальное положение центра ротации определяется путем проведения перпендикуляра от центра ротации до линии, соединяющей «фигуры слез» (горизонтальная ось таза). Горизонтальное положение центра ротации определяется, как расстояние от центра ротации ТБС до вертикальной оси таза (линии, перпендикулярной горизонтальной оси и проходящей через середину крестца и середину лонного сочленения) по линии, параллельной линии, соединяю-



Рисунок 7 – Определение вертикального и горизонтального смещения центра ротации патологически измененного сустава в случае асептического некроза головки бедренной кости



Рисунок 8 – Измерение бедренного офсета здорового и патологически измененного сустава

щей «фигуры слез». Смещением в вертикальной плоскости считается разность между показателем здорового сустава и показателем патологически измененного сустава в абсолютных единицах – миллиметрах. Аналогичным образом измеряется степень смещения в горизонтальном направлении. Измерение данных параметров не требует проведения дополнительных методов обследования и определяется по обычным плоскостным рентгенограммам таза в прямой проекции, выполненным с фокусным расстоянием 1 м 15 см.

На рентгенограммах таза с ТБС в прямой проекции измеряется такой параметр, как разность бедренных офсетов здоровой и патологически измененной стороны. Измерение бедренного офсета проводится по стандартной методике: после построения анатомической оси бедренной кости на уровне верхушки большого вертела проводится линия от анатомической оси до центра ротации. Разность бедренного офсета здорового и патологически измененного контралатерального сустава определяется, как степень изменения бедренного офсета и измеряется в абсолютных единицах измерения – миллиметрах (рисунок 8).

ПЛАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАНЫХ МСКТ

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

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

Выполняется томограмма в прямой и боковой проекции, производится оценка томограмм: необходимо чтобы в плоскость сканиро-

вания попадал весь таз целиком, верхней границей является наивысшая точка подвздошных гребней, либо, что более удобно, – третий поясничный позвонок. Нижней границей зоны сканирования является малый вертел бедренной кости. В случае необходимости измерения бедренной антеверсии выполняется дистальный срез через середину мыщелков бедренной кости.

По данным архивных МСКТ оцениваются такие параметры, как степень восстановления анатомичности суставной поверхности – наличие и величина ступенеобразного смещения, диастаза фрагментов суставной поверхности (рисунок 9).

Также по данным предоперационного МСКТ определяется такой параметр, как степень смещения центра ротации патологически измененного сустава в переднезаднем направлении. Для измерения проводится аксиальная ось таза, на аксиальных срезах определяется данная ось как линия, проходящая через крестцово-подвздошные сочленения, параллельно аксиальной оси крестца. После определения центров ротации здорового сустава и патологически измененного сустава в аксиальной проекции по вышеуказанной методике измеряется расстояние на перпендикулярах, проведенных от центров ротации до аксиальной оси таза. Разность данных показателей определяется, как величина переднезаднего смещения в абсолютных единицах – миллиметрах (рисунок 10).

Трехмерный (3D) анализ изображений на основе КТ или магнитно-резонансной томографии (МРТ) потенциально может предоставить желаемую информацию, но их применение у пациентов с металлическими имплантатами до сих пор было ограничено наличием артефактов. Недавно внедрены новые методы визуализации, которые способны уменьшить влияние артефактов на сканирование и улучшить качество изображения, объем дефекта ВВ может быть измерен в см³ (мл), что позволяет определить размер аугментов ВВ или количество костного трансплантата, необходимого для реконструкции. Кроме того, потеря костной массы ВВ, которая оценена в количественном выражении (в мм или %), помогает определить опороспособность костной ткани ВВ, интактность передней и зад-

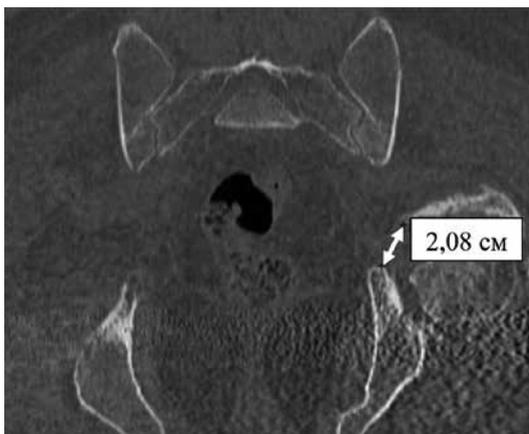


Рисунок 9 – МСКТ пациента с застарелым переломом обеих колонн вертлужной впадины. Величина диастаза между фрагментами суставной поверхности – 2,08 см

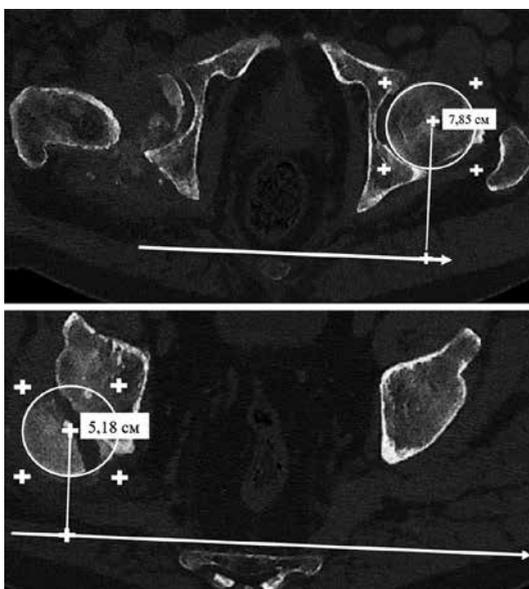


Рисунок 10 – Определение смещения центра ротации патологически измененного сустава в переднезаднем направлении относительно здорового сустава по данным МСКТ

ней колонн, также может быть предоставлен анализ общей толщины кости и кортикальной толщины.

В настоящее время технологии улучшили предоперационное планирование и хирургические процедуры, предоставляя визуальную, навигационную и механическую компьютеризированную помощь. Компьютер-ассоциированная хирургия, или Computer-assisted surgery (далее CAS) – хирургическая концепция и набор методов,

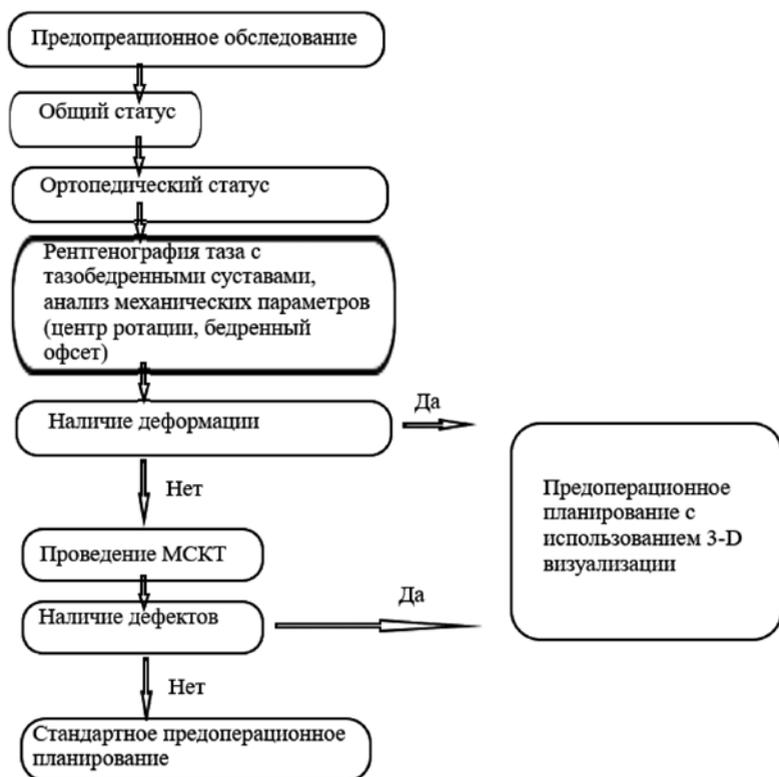


Рисунок 11 – Определение смещения центра ротации патологически измененного сустава в переднезаднем направлении относительно здорового сустава по данным МСКТ

в которых используются компьютерные технологии для хирургического планирования, а также для направления или выполнения хирургических вмешательств. Данная концепция обеспечивает большую точность и контроль при выполнении хирургического лечения, чем это было обеспечено ранее традиционными методами.

Области применения CAS обширны, как и их перспективы: эти технологии потенциально могут быть использованы в качестве исследовательских или обучающих инструментов в обычной клинической практике и проложить путь к менее или минимально-инвазивным хирургическим методам. Улучшая визуализацию и хирургическую точность, CAS может помочь расположить имплантаты в соответствии с уникальной анатомией пациента. Правильное расположение имплантатов улучшает функциональность эндопротезов ТБС, а также уменьшает риск раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза.

Алгоритм предоперационного обследования пациентов, используемый в клинике ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России представлен в виде блок-схемы (рисунок 11).

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 ТБС. По данным МСКТ формируется объемная модель, верифицируется дефект ВВ. Проводится анализ состояния костной ткани в пределах от 223 до 600 и выше единиц по НУ, 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 ви-

зуально 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 ВК эндопротеза, размер фрезы для обработки внутренней поверхности дефекта, определяется длина и направление хода фиксирующих винтов.

Для визуализации и верификации посттравматического дефекта костной ткани ВВ 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 хирургов области, далее на 3D-принтере производится 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 формируется имплантат, при этом определяются места крепления индивидуального имплантата к костной ткани, изменяется 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 получается точная копия 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.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Метод математического моделирования не подразумевает печать модели костей и индивидуального имплантата из пластика, соответственно, с точки зрения экономики он менее затратный. Данный метод моделирования возможно разбить на ряд этапов, которые описаны ниже.

Первый этап – МСКТ области предполагаемого оперативного вмешательства, преобразование формата DICOM (формат, в котором получаем стандартное МСКТ) с помощью конвертера DICOM Viewer 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 выделяется дефект костной ткани, оценивается локализация, геометрия и объем дефекта.

КОМПЬЮТЕР-АССОЦИИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

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

Первым этапом выполняется МСКТ таза с ТБС 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 12). Данная опция доступна при работе в большинстве графических редакторов для работы с DICOM-файлами. Данный формат является наиболее распространенным при моделировании трехмерных объектов.

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 са-

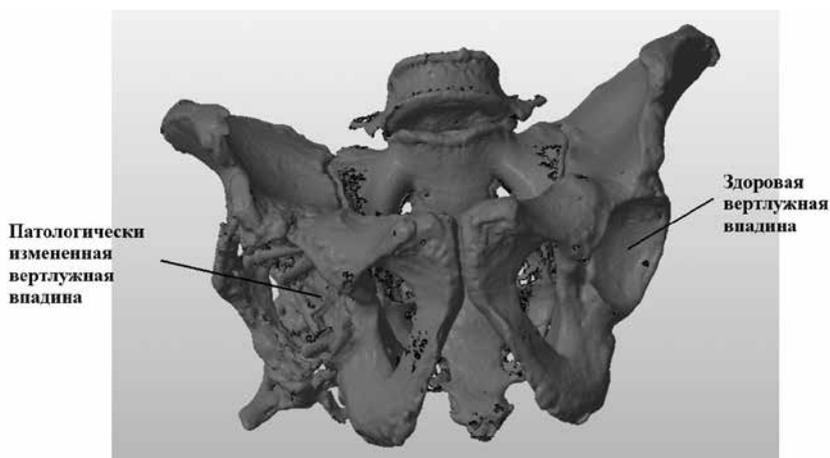


Рисунок 12 – Виртуальная модель таза

гиттальной плоскостями на уровне середины симфиза (рисунок 13).

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 перпендикулярна вертикальной и проходить через вершины седалищных бугров и 3-й копчиковый позвонок. Фронтальная плоскость строится перпендикулярно первым двум и соединениям крестцово-подвздошных сочленений.

Следующим этапом необходимо построение плоскости инклинации ВВ. Техника построения данной плоскости следующая: плоскость должна проходить через 2/3 самых выступающих точек входа в ВВ. Пространственно плоскость ориентируется таким образом, чтобы достичь пересечения с остальными плоскостями в точке «ноль» (рисунок 14).

После построения плоскости инклинации ВВ на здоровой стороне таза, на ней определяют центр ротации здорового ТБС. Простран-

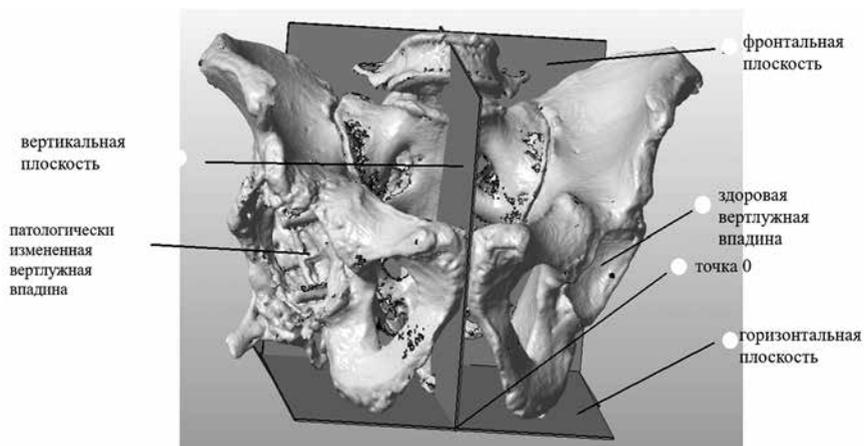


Рисунок 13 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями (вид спереди)

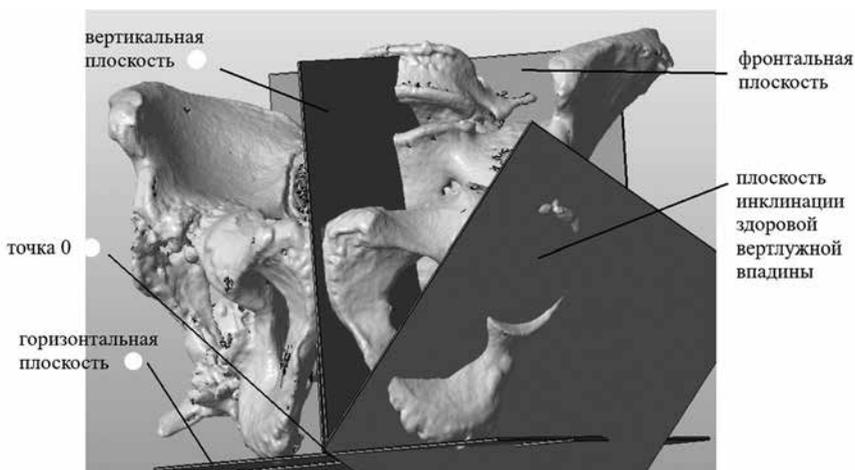


Рисунок 14 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями (вид $\frac{3}{4}$)

ственное 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 переднезаднего положения по данным МСКТ (расстояние от переднего и заднего краев, дна ВВ). 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 ТБС и служит для дальнейшего позиционирования и измерений.

Следующим этапом необходимо провести определение полусферы здорового ТБС путем очерчивания контуров здоровой ВВ инструментами, входящими в стандартный набор графического редактора. Задаются параметры плотности модели в диапазоне от 400 до 600 HU. Визуализированная область ВВ в этом диапазоне окрашивается цветом, отличающимся от остальной модели (рисунок 15).

Полусфера делится на три сектора, соответствующие лонной, седалищной и надацетабулярной частям ВВ. Данные сектора обозна-

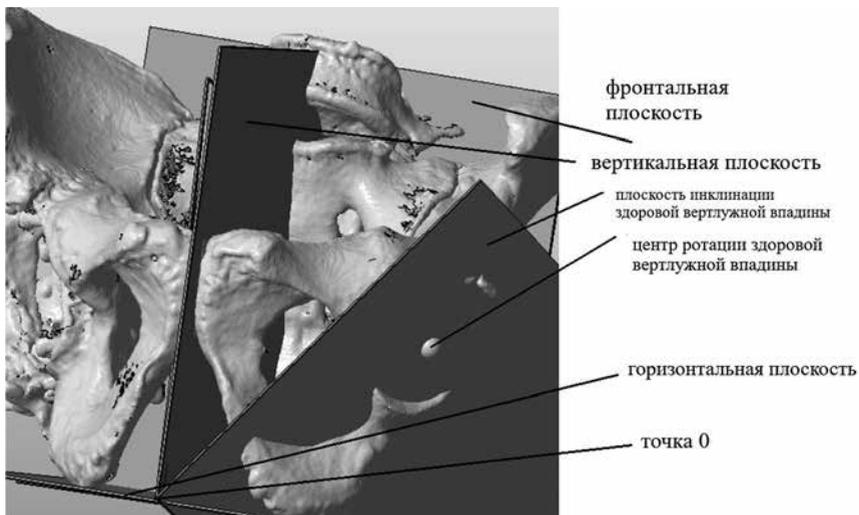


Рисунок 15 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями (вид $\frac{3}{4}$, определение центра ротации)

чаются буквами *P* (pubis), *Il* (Ilium) и *Is* (Ischiaticum). Выбор именно таких геометрических фигур обусловлен анатомической формой ВВ 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 ВВ (лонной, седалищной, подвздошной), представляющих собой $\frac{1}{3}$ разделенной соответственно на три части, полусферы, где есть сферическое основание, три контактные грани и вершина (рисунок 16).

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.

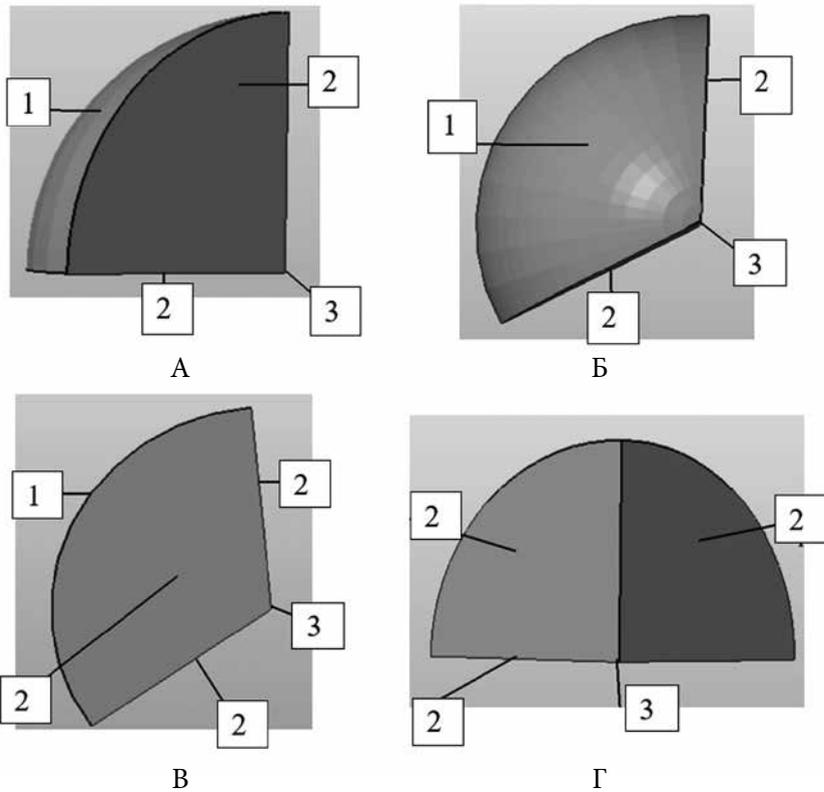


Рисунок 16 – Эскизы тестовой фигуры: А. Вид сбоку; Б. Вид сверху; В. Вид снизу; Г. Вид спереди. (1 – сферическое основание; 2 – контактная грань; 3 – вершина)

Контактные грани должны соприкасаться с контактными гранями других тестовых фигур и плоскостью инклинации здоровой ВВ (рисунок 17).

После подбора правильно ориентированной фигуры с известными показателями объема и площади поверхности эти параметры описываются для каждого сектора, соответствующего лонной, садищной и подвздошной поверхностям ВВ (рисунок 18). Объем каждой фигуры определяется по формуле:

$$V=(2/3)\pi r^3/3. \quad (1)$$

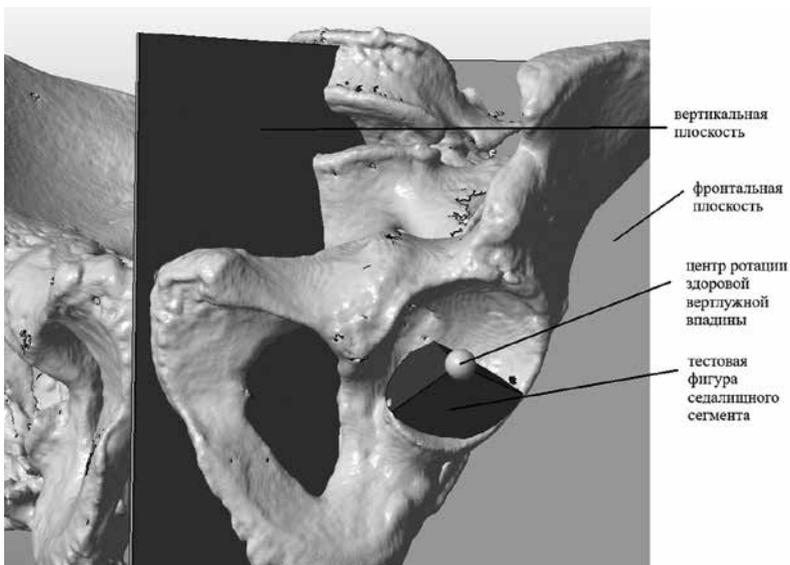


Рисунок 17 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями, центром ротации и примеркой тестовой фигуры сидящего сегмента

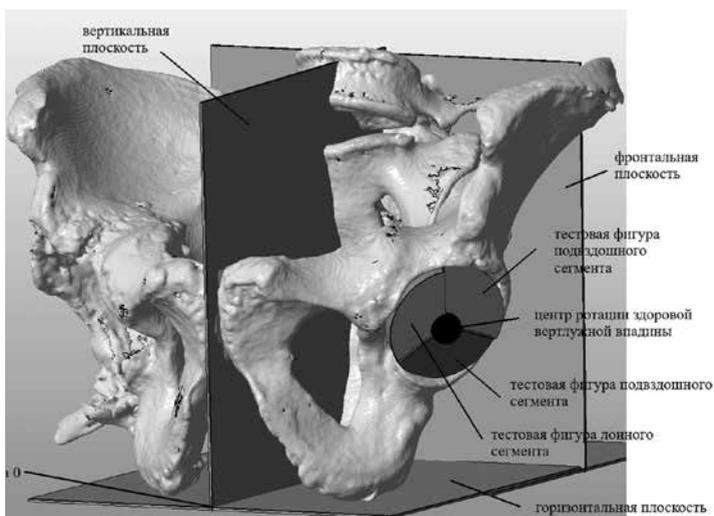


Рисунок 18 – Виртуальная модель таза. Подобранные тестовые фигуры здоровой вертлужной впадины

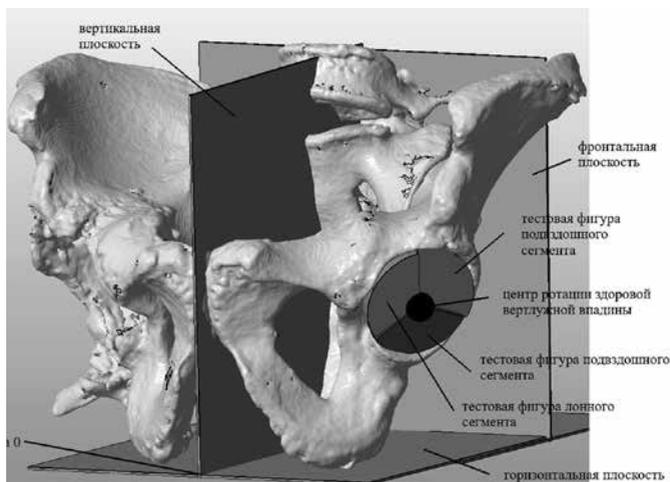


Рисунок 19 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями. Зеркальный перенос центра ротации на патологическую вертлужную впадину

Третьим этапом плоскость инклинации зеркально переносится на сторону поврежденной ВВ, центр ротации переносится зеркально (рисунок 19).

Определяются границы дефекта ВВ путем очерчивания контуров в каждой отдельной кости, образующей ВВ. Затем в очерченные контуры дефекта каждой кости, формирующей ВВ, 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 ВВ (рисунок 20).

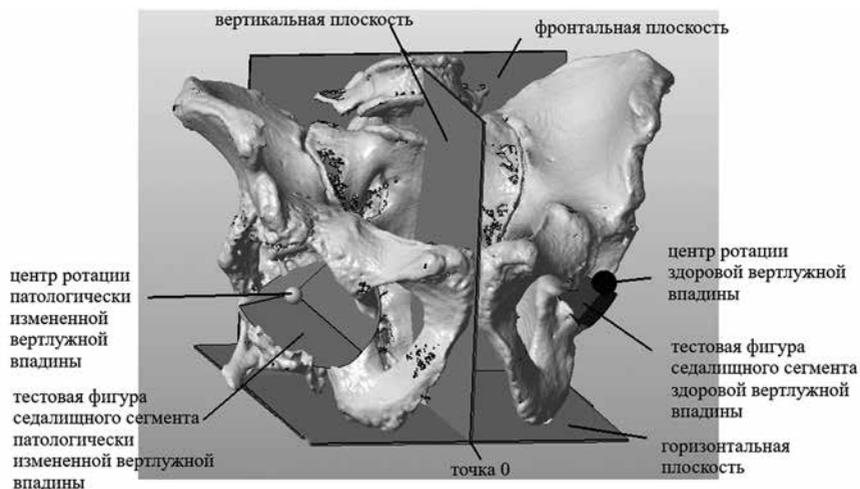


Рисунок 20 – Виртуальная модель таза с построенными плоскостями. Подбор тестовой фигуры седалищного сегмента

Позиционируются лонная и подвздошная тестовые фигуры, которые совмещаются между собой контактными гранями. Вершины фигур объединяются в одну точку, которая является центром ротации, расположенным на плоскости инклинации (рисунок 21).

Констатируем объем (V) каждой отдельной фигуры.

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

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

где V (патологический) – объем шаблона на поврежденном ТБС;
 V (нормальный) – объем шаблона на здоровом ТБС.

Для лонного сектора:

$$100\% - (VP \text{ (патологический)} / VP \text{ (Нормальный)}) * 100\%. \quad (3)$$

Для седалищного сектора:

$$100\% - (VIs \text{ (патологический)} / VIs \text{ (Нормальный)}) * 100\%. \quad (4)$$

Для подвздошного сектора:

$$100\% - (VII \text{ (патологический)} / VII \text{ (Нормальный)}) * 100\%. \quad (5)$$

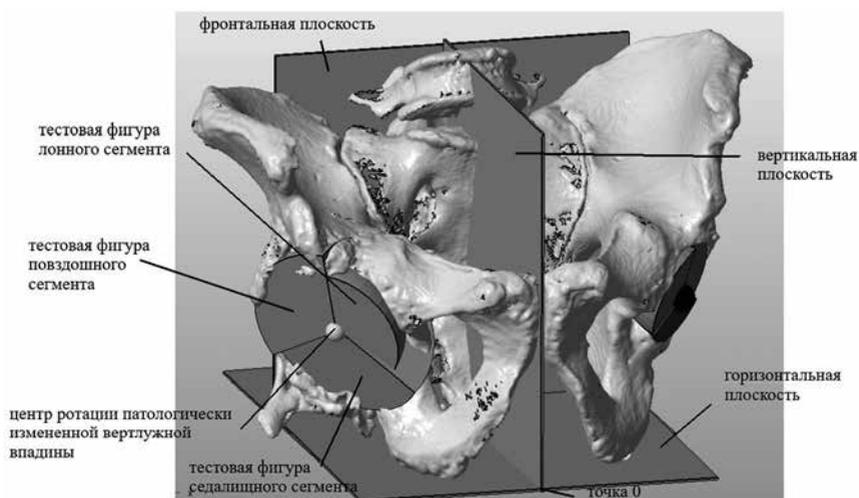


Рисунок 21 – Виртуальной модель таза с построенными плоскостями. Подбор тестовых фигур каждого сегмента

По полученным данным определяется дефект для каждой кости, образующей ВВ (рисунок 22).

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:

$$100\% - (V \text{ (патологический)} / V \text{ (Нормальный)}) * 100\%. \quad (6)$$

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

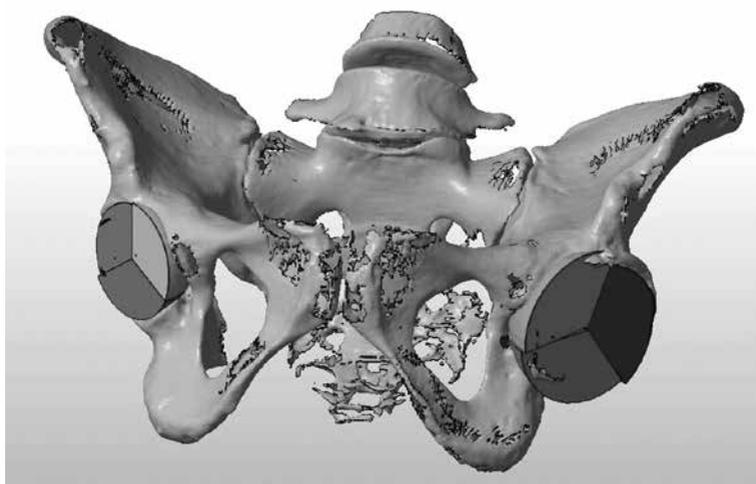


Рисунок 22 – Виртуальная модель после проведения подбора секторов для проведения измерения

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

$$- \text{ для лонного: } 100\% - (VP (\text{патологический}) / VP (\text{Нормальный}) * 100\%); \quad (7)$$

$$- \text{ для седалищного: } 100\% - (VIs (\text{патологический}) / VIs (\text{Нормальный}) * 100\%); \quad (8)$$

$$- \text{ для подвздошного: } 100\% - (VII (\text{патологический}) / VII (\text{Нормальный}) * 100\%); \quad (9)$$

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 ВВ: для лонного сегмента – *P*, седалищного – *Is*, подвздошного – *Il*. Например, *P1*, *Is2*, *Il2*.

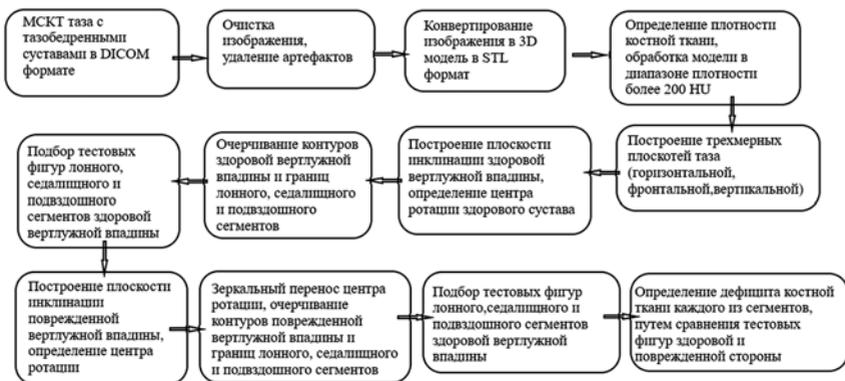


Рисунок 23 – Схема последовательности компьютер-ассоциированного предоперационного планирования тотального эндопротезирования у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины

Таким образом, диагностическая схема последовательности компьютер-ассоциированного предоперационного планирования тотального ЭП у пациентов с последствиями переломов ВВ представлен на (рисунке 23).

ВЫБОР ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

На основании клинического опыта учреждения, а также отечественных и зарубежных публикаций, была сформирована система выбора тактики оперативного лечения с учетом различных типов и способов фиксации ВК в зависимости от степени деформации и дефекта ВВ (таблица 2).

Основополагающим принципом при проведении ЭП авторы настоящего учебного пособия считают восстановление следующих механических параметров ТБС: центра ротации, бедренного офсета путем достижения стабильной фиксации ВК с опорой на три опорные точки ВВ и замещением костного дефекта.

Таблица 2 – Выбор тактики оперативного лечения с учетом различных типов и способов фиксации вертлужного компонента в зависимости от степени деформации и дефекта вертлужной впадины

Выраженность дефекта	Локализация дефекта (сегменты)		
	Лонный – Р	Седалищный – Is	Подвздошный – П
I до 25%	Стандартный ВК бесцементной фиксации + костная пластика	Стандартный ВК бесцементной фиксации + костная пластика	Стандартный ВК бесцементной фиксации
II от 26 до 40%	ВК бесцементной фиксации + костная пластика + винтовая фиксация / ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами	ВК бесцементной фиксации/ ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами / ВК бесцементной фиксации + аугмент опорный	ВК бесцементной фиксации + костная пластика + аугмент полусферический / ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами
III от 41 до 60%	Индивидуальный ВК + костная пластика / ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами	Индивидуальный ВК + костная пластика / ВК бесцементной фиксации + опорный аугмент + полусферический аугмент / ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами	Индивидуальный ВК + костная пластика / ВК бесцементной фиксации+ + полусферический аугмент / ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами
IV от 61 до 80%	Индивидуальный ВК простой геометрии + реконструкция передней колонны / Индивидуальный ВК сложной геометрии	Индивидуальный ВК простой геометрии + реконструкция задней колонны / Индивидуальный ВК сложной геометрии	Индивидуальный ВК простой геометрии + + полусферический аугмент / Индивидуальный ВК сложной геометрии
V свыше 80%	Индивидуальный ВК внеацетабулярной фиксации	Индивидуальный ВК внеацетабулярной фиксации	Индивидуальный ВК внеацетабулярной фиксации

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациент З., 1972 г.р., поступил в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в октябре 2020 г. Из анамнеза: в 2016 году диагностирован центральный вывих левого бедра, перелом вертлужной впадины и перелом большого вертела бедренной кости. Большой прооперирован – остеосинтез вертлужной впадины пластиной, остеосинтез большого вертела винтами. При поступлении жалобы на боль по шкале ВАШ = 6, укорочение конечности 6 см, ограничение движений в левом тазобедренном суставе

На основании клинико-рентгенологического обследования пациенту поставлен диагноз: Левосторонний посттравматический коксартроз 3 стадии. Аvascularный некроз головки левой бедренной кости. НФС 3 степени. Синдром левосторонней коксалгии. Консолидированный в условиях металлоosteосинтеза перелом заднего края вертлужной впадины. Консолидированный в положении смещения искусственный перелом большого вертела левой бедренной кости. Рентгенограмма таза и ТБС в прямой проекции (рисунок 24), МСКТ таза и ТБС (рисунок 25).

Результаты, полученные после переноса данных лучевых исследований на поврежденную сторону: дефицит лонного сегмента – 47% Р III; дефицит подвздошного сегмента – 62% ИL IV; дефицит седалищного сегмента – 63% IS IV (рисунок 26).

Согласно описанной методике принято решение об ЭП левого ТБС с использованием индивидуального ВК с полиаксиальным проведением винтов, реконструкцией задней колонны пластиной и костной пластикой. Учитывая наличие стабильного остеосинтеза заднего края решено не удалять накостную пластину, а использовать ее в качестве армирующей конструкции. Индивидуальный ВК был спроектирован и изготовлен с учетом направления фиксирующих винтов. Винты были проведены таким образом, чтобы обеспечить стабильную фиксацию ВК, избежать контакта с имеющимися металлоконструкциями и обеспечить направление винтов вне воздействия срезающих нагрузочных сил.



Рисунок 24 – Рентгенография таза и тазобедренных суставов пациента 3. в прямой проекции до операции

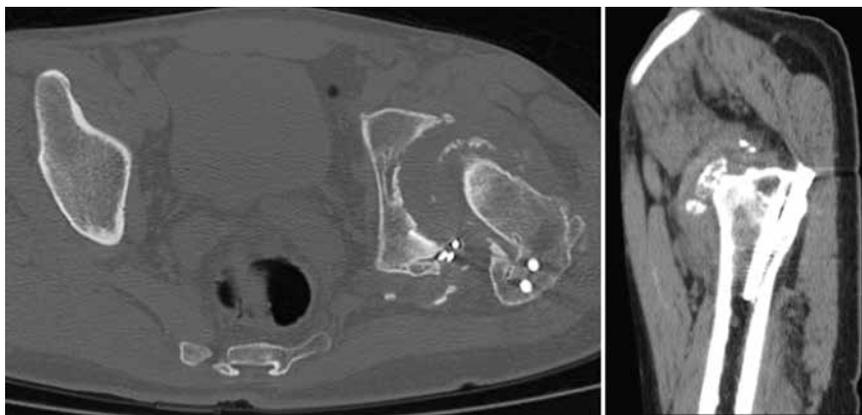


Рисунок 25 – Данные МСКТ таза и тазобедренных суставов пациента 3. в горизонтальной и сагиттальной плоскостях для предоперационного планирования

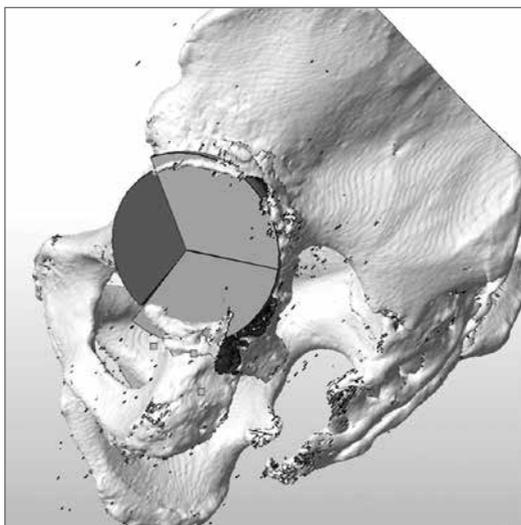


Рисунок 26 – Виртуальная модель таза пациента 3. Зеркальный перенос полученных параметров на пораженную сторону

ЭП проведено с учетом предоперационного планирования. Время операции – 86 минут, кровопотеря – 320 мл.

Пациент активизирован на 2 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 ТБС, восстановление опороспособности левой нижней конечности (рисунок 27).

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, переднезаднее смещение – 2 мм, что позволяет говорить о том, что предоперационное планирование было выполнено корректно.



Рисунок 27 – Рентгенография таза пациента 3. в прямой проекции после эндопротезирования тазобедренного сустава и реконструкции вертлужной впадины, проведенной на основе предложенного способа предоперационного планирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предоперационное планирование первичного ЭП ТБС позволяет заранее определить размеры компонентов и в некоторых случаях предположить вариант их установки, спланировав расположение центра ротации, медиализацию ВК и бедренный офсет. Однако, плоскостные методы планирования с использованием стандартных рентгенограмм таза в прямой проекции не всегда информативны при сложном первичном ЭП и в частности при посттравматических деформациях ВВ. Связано это, в первую очередь, с невозможностью объемной оценки ВВ, что особенно важно для посттравматических деформаций и дефектов ВВ.

Однако при предоперационном выполнении МСКТ имеется возможность построения и оценки объемной модели костей таза, что позволяет определить размер и положение ВК в переднезаднем

направлении, а зеркальный перенос анатомических ориентиров со здоровой ВВ позволяет со значительной точностью определить центр ротации ВК эндопротеза. Описанный подход позволяет скорректировать длину нижней конечности, продлить срок службы компонентов эндопротеза за счет точной установки, определить в предоперационном периоде необходимость и объем использования костной пластики и возможность применения индивидуальных компонентов.

Безусловно, современные роботизированные системы позволяют выполнить предоперационное планирование с наибольшей точностью, однако дороговизна и техническая сложность методики делают данный метод недоступным в широком применении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровков, В. Н. Дорожно-транспортный травматизм как комплексная медико-социальная проблема потерь здоровья населения России / В.Н. Боровков, В. Г. Семенова, А. А. Хрупалов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – Т.61, №3. – С. 101–108.
2. Гринь, А. А. Выбор операционного доступа при лечении двухколлонных переломов вертлужной впадины / А. А. Гринь, А. В. Рунков, И. Л. Шлыков // Травматология и ортопедия России. – 2014. – Т.71, №1. – С. 92-97.
3. Загородний, Н. В. Эндопротезирование тазобедренного сустава. Основы и практика: руководство / Н. В. Загородний. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – С. 460–466.
4. Кузьмин, И. И. Тромбоэмболические осложнения при эндопротезировании тазобедренных суставов / И. И. Кузьмин, И. Ф. Ахтямов, В. А. Сорокин // Гений ортопедии. – 2004. – №4. – С. 63–68.
5. Современные тенденции в оперативном лечении больных с повреждениями таза и вертлужной впадины (обзор литературы) / Н. В. Загородний, А. И. Колесник, А. Ф. Лазарев [и др.] // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 266–274.

-
6. 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, А. О. Денисов // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. № 1. – С. 122–141.
 7. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическим коксартрозом и обширным дефектом вертлужной впадины. (случай из практики) / А. А. Пронских, Т. З. Мамуладзе, В. А. Базлов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – С. 155.
 8. 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.
 9. Atlas of Anatomy atlas of anatomy image collection general anatomy and musculoskeletal system / M. Schuenke, E. Schulte, U. Schumacher [et al.]. – New Yor: Thieme, 2006. – 388 p.
 10. 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.
 11. Comparison of analog and digital preoperative planning in total hip and knee arthroplasties. A prospective study of 173 hips and 65 total knees / B. The, R. L. Diercks, P. M. van Ooijen, J. R. van Horn // Acta Orthopaedica. – 2005. – Vol. 76, № 1. – P. 78–84.
 12. Langlotz, F. Technical approaches to computer-assisted orthopedic surgery. / F. Langlotz, L. P. Nolte. // European Journal of Trauma. – 2004. – Vol. 30. – P. 1–11.
 13. Mayo, K. A. Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures / K. A. Mayo // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1994. – Vol. 305. – P. 31–37.
 14. Mazurov, A. I. Recent advances in digital radiology / A. I. Mazurov // Meditsinskaya tekhnika [Medical equipment]. – 2010. – № 5. – P. 10–14.
 15. 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.
16. 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.
 17. Rahm, S. Indications for joint replacement: total hip arthroplasty / S. Rahm, P. O. Zingg // Zeitschrift für Rheumatologie. – 2018. – Vol. 77, № 1. – P. 55–65.
 18. Sereda, A.P. Hip replacement: all the answers / A. P. Sereda. – Moscow: Granat, 2014. – 121 p.
 19. Telleria, J. J. Classifications in brief: Paprosky classification of acetabular bone loss / J. J. Telleria, A.O Gee // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2013. – Vol. 471, № 11. – P. 3725–37330.
 20. 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, № 2. – P. 392–398.
 21. Value of 3D preoperative planning for primary total hip arthroplasty based on artificial intelligence technology / J. Huo, G. Huang, D. Han [et al.] // Journal of Orthopaedic Surgery and Research – 2021. – Vol. 16, № 1. – P. 156.

ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

(один правильный ответ)

1. Факторами, приводящими к развитию посттравматического артроза тазобедренного сустава, являются:
 - А) Избыточная масса тела
 - Б) Длительная иммобилизация нижней конечности
 - В) Перелом костей, образующих вертлужную впадину

2. Центр ротации тазобедренного сустава образован:
 - А) Точкой, находящейся в пересечении трех диаметров головки бедренной кости
 - Б) Половиной расстояния между анатомической осью бедренной кости и средней вертикальной линией таза
 - В) Линией, перпендикулярной линии горизонтального наклона таза и линией, соединяющей «фигуры слез»

3. Для предоперационного планирования первичного сложного тотального эндопротезирования используются следующие методы исследования:
 - А) УЗИ мягких тканей бедра
 - Б) МРТ таза с тазобедренными суставами
 - В) Рентгенография и/или МСКТ таза с тазобедренными суставами в прямой проекции.

4. Дефицит костной ткани (посттравматический дефект) патологически измененного сустава определяется относительно:
 - А) Здорового контрлатерального сустава
 - Б) Анатомических границ вертлужной впадины
 - В) Массы тела пациента

5. Противопоказанием к эндопротезированию тазобедренного сустава у пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины является:

-
-
- A) Не санированные очаги хронической инфекции, острый воспалительный процесс в области оперативного вмешательства
Б) Сниженный иммунный статус пациента
В) Наличие у пациента сопутствующего ревматоидного полиартрита

6. Рекомендовано использовать ВК большого размера с полиаксиальной фиксацией винтами или индивидуальный ВК с использованием аугментов при посттравматическом дефекте ВВ

- A) 31–50%
Б) 41–60%
В) 51–70%

7. Рекомендовано использовать индивидуальный ВК простой геометрии с реконструкцией колонны или индивидуальным вертлужным компонентом сложной геометрии

- A) 31–50%
Б) 41–60%
В) 61–80%

8. Рекомендовано применять индивидуальный ВК сложной геометрии внеацетабулярной фиксации при посттравматическом дефекте ВВ

- A) более 80%
Б) более 71%
В) более 75%

Тестовые вопросы
(два правильных ответа)

9. Основными механическими параметрами тазобедренного сустава являются

- A) Центр ротации
Б) Бедренный офсет
В) Длина конечностей

10. Метод послойной объемной визуализации применяется для

- А) Анализа данных плотности костной ткани
- Б) Определения истинной геометрии дефекта
- В) Планирования размеров ятрогенного постимплантационного дефекта вертлужной впадины
- Г) Оценки функциональных результатов после проведения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

11. Показанием к использованию индивидуальных вертлужных компонентов является дефицит костной ткани патологически измененной вертлужной впадины:

- А) до 25%
- Б) от 61 до 80%
- В) свыше 80%

Правильные ответы к тестовым вопросам

1 – В; 2 – А; 3 – В; 4 – А; 5 – А; 6 – Б; 7 – В; 8 – А; 9 – А,Б; 10 – А,Б; 11 – Б,В.

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

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая
медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81

Учебное пособие

Пронских Александр Андреевич
Романова Светлана Владимировна
Базлов Вячеслав Александрович
Прохоренко Валерий Михайлович
Павлов Виталий Викторович

ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
ИМПЛАНТАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
И СТАНДАРТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ
ПЕРЕЛОМОВ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

Подписано в печать 18.04.2025

Формат 60 × 84/16.

Тираж 100 экз.

Заказ № 10560.

ISBN 978-5-6051722-6-0



9 785605 172260