СОДЕРЖАНИЕ

Коллектив авторов. 4

Список сокращений и термины 5

Введение 6

1. УСТРОЙСТВО РОБОТА 8

2. БАЗОВОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАЦИЕНТОВ 12

Клиническое обследование 12

Лучевые методы исследования 14

Рентгенография коленного сустава 14

Телерентгенография нижних конечностей 14

Компьютерная томография 16

3. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ 17

4. ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАЦИИ 18

4.1. Предоперационное обследование 18

4.2. Предоперационное планирование 20

4.3. Выполнение операции 29

4.3.1. Подготовка операционной 29

4.3.2. Подготовка робота к работе 31

4.3.3. Основной этап операции 34

4.3.4. Окончание операции 42

5. КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ 45

Пример № 1 — нормальная ось конечности 45

Пример № 2 — варусная деформация 54

Пример № 3 — вальгусная деформация 62

6. ОСЛОЖНЕНИЯ 70

Данные литературы 70

Наши наблюдения 71

Список литературы 73

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации 76

Тестовые задания для контроля 101

Ответы на вопросы тестового контроля 115

Вопросы и задания для контроля 116

Видеолекции по эндопротезированию коленного сустава с использованием операционного робота 118

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) остается одной из наиболее часто выполняемых хирургических процедур во всем мире: только в Великобритании (до пандемии COVID-19[1]) ежегодно выполняется более 100 000 случаев [3]. В то время как тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава было описано как «операция века», более 90% вмешательств через 10 лет дает превосходный результат, превышающей 90% через 10 лет [4, 5], артропластика коленного сустава дает несколько худшие результаты [6].

Хотя принцип оптимального выравнивания при ТЭКС остается предметом дискуссий [7, 8], ключевыми факторами достижения хороших результатов операции являются точное позиционирование имплантата с прецизионной резекцией большеберцовой и бедренной костей в сочетании с достижением мягкотканного баланса [9–11].

Совершенствование техники артропластики делает такую операцию все более доступной, безопасной и эффективной, способствуя ее широкому распространению. Средний возраст пациентов, перенесших ТЭКС, снижается [12], и с учетом возрастающих функциональных ожиданий и требований, предъявляемых к результатам операции, необходимость точности резекции кости, позиционирования имплантата и балансировки связок имеет первостепенное значение, определяя в значительной степени выживаемость имплантатов и удовлетворенность пациентов.

Последние технологические достижения, в том числе робот-ассистированное ТЭКС (РаТЭКС), направлены на оптимизацию хирургической техники. Навигация при ТЭКС хорошо известна. Лежащий в ее основе принцип позволяет хирургам оценить анатомию кости пациента на экране в реальном времени во время операции, чтобы

[1] COVID-19 (от англ. COronaVIrus Disease 2019) — коронавирусная инфекция 2019 г.

более точно выполнить резекцию кости и балансировку связок. Ранее в Великобритании и США от 3 до 5% всех выполненных артропластик коленного сустава использовали навигацию, тогда как в Австралии этот показатель значительно выше — до 30% [13].

На этих же принципах навигации основаны методики РаТЭКС, позволяя хирургам после проведенного предоперационного планирования с большой точностью выполнять хирургическое вмешательство с помощью интраоперационной роботизированной *руки*, которая в зависимости от типа робота либо автономно выполнит заранее заданные резекции, либо поможет в этом хирургу [14–16].

Активные роботизированные системы используют предоперационные данные [в виде компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ)] в сочетании с интраоперационным анатомическим картированием для самостоятельного выполнения заранее запланированных хирургом костных резекций. Хирургический робот ROBODOC, ныне известный как TSolutionOne (THINK Surgical Inc., Фремонт, Калифорния, США), является хорошо известным примером полностью активной системы. Эта система использует предоперационную КТ для создания виртуальной модели, на которой хирург может планировать костные резекции для достижения желаемого выравнивания, а также расположение и размер имплантата [17, 18]. Авторы в течение 5 лет использовали данную систему и накопили определенный опыт ее применения, выполнено более 200 операций [19, 20].

ТЭКС, выполненное с помощью робота, является быстро развивающимся направлением в хирургической артропластике; создаются и совершенствуются все новые системы, их возможности расширяются. В настоящее время появилась активная роботическая система CJ150 CUVIS Joint® (CUREXO Inc., Сеул, Республика Корея), которая претерпела некоторые принципиальные изменения. В данных методических рекомендациях обобщен текущий статус роботизированной технологии CUVIS Joint в ТЭКС.

3. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ

Показаниями к первичному ТЭКС являются гонартроз III–IV степени по классификации Kellgren–Lawrence, нарастающая деформация коленного сустава, выраженный болевой синдром и отсутствие положительного эффекта от консервативных методов лечения. Эти показания общеизвестны и не нуждаются в пространных комментариях. Четкие показания именно к РаТЭКС до сих пор не сформулированы, однако считают, что улучшение позиционирования имплантатов является неоспоримым преимуществом перед традиционными методиками.

Кроме общеизвестных противопоказаний к ТЭКС (общая и местная инфекция в активной фазе, высокий анестезиологический риск, недостаточная комплаентность пациента, контрактура или анкилоз тазобедренного сустава, наличие металлоконструкции в зоне предполагаемой операции), следует обратить внимание на индекс массы тела пациента.

При использовании традиционной техники ТЭКС значение индекса массы тела >45 кг/м^2 ряд авторов считают противопоказанием к такой операции, обосновывая это характерной для данных пациентов полиморбидностью, повышенным риском локальных инфекционных осложнений и затруднениями в проведении полноценного реабилитационного периода. В то же время эти противопоказания следует считать относительными, и имеются сообщения об успешно выполненных операциях ТЭКС даже у таких пациентов.

При использовании методик РаТЭКС в рекомендациях фирм-разработчиков показатель индекса массы тела >45 кг/м^2 указан как абсолютное противопоказание, так как значительный по толщине слой мягких тканей в зоне операции не позволяет корректно установить направляющие винты Шанца и соответственно соблюсти необходимые технические условия, определенные для РаТЭКС.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАЦИИ

Технология РаТЭКС с использованием системы CUVIS Joint предусматривает последовательное выполнение трех этапов: 1) обследование пациента; 2) предоперационное планирование; 3) выполнение операции (**рис. 9**). При этом ключевым этапом, который требует от хирурга наибольшего времени, внимания и квалификации, является предоперационное планирование, результаты которого определяют параметры последующей работы робота, выполняющего операцию в строгом соответствии с ранее определенным планом.

Рис. 9. Этапы робот-ассистированного тотального эндопротезирования коленного сустава

4.1. ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Помимо стандартного (базового) протокола клинического обследования пациента, важнейшим компонентом данного этапа является получение данных КТ, так как они в дальнейшем будут использованы на всех последующих этапах. Протокол выполнения КТ для РаТЭКС предусматривает соблюдение следующих условий.

Пациента располагают в аппарате КТ в положении лежа на спине, планируемый к операции коленный сустав находится в прямом или согнутом до 175° положении.

Проверяют целостность калибровочного стержня и плотно фиксируют его лентами к нижней конечности в области верхней трети бедра и нижней трети голени строго по оси и параллельно конечности. Стопы при этом лежат ровно, большой палец смотрит вверх, между стоп устанавливают валик, фиксируя его лентой (**рис. 10**).

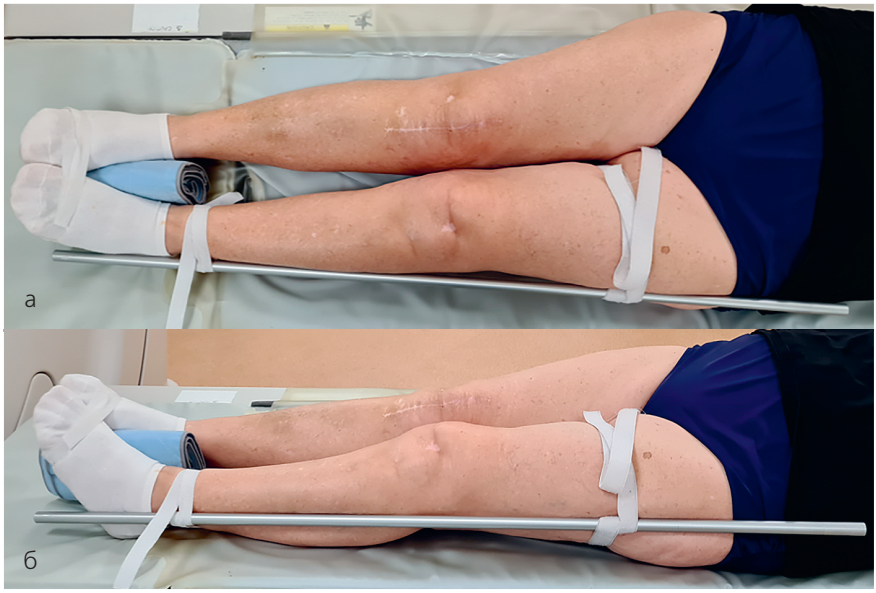

Рис. 10. Укладка нижней конечности пациента с калибровочным стержнем при выполнении компьютерной томографии

Пациенту объясняют, что во время исследования необходимо лежать спокойно, дышать ровно и не двигать конечностями. После выполнения укладки пациента задают необходимые параметры исследования КТ:

- горизонтальное положение стола, без наклона;
- положение пациента на столе или головой вперед, или ступнями вперед;
- КТ-сканирование проводят от головки бедренной кости до голеностопного сустава (включая головку бедра и таранную кость);
- спиральный режим съемки;
- толщина срезов не более 1,25 мм;

– количество срезов не должно превышать 1500;
– область исследования, ширина (D-FOV) = 250;
– реле напряжения (kV) = 120;
– размер матрицы 512×512;
– режим реконструкции мягкотканный или костный;
– калибровочный стержень должен быть виден на всех срезах, круглой формы, без смещения (**рис. 11**).

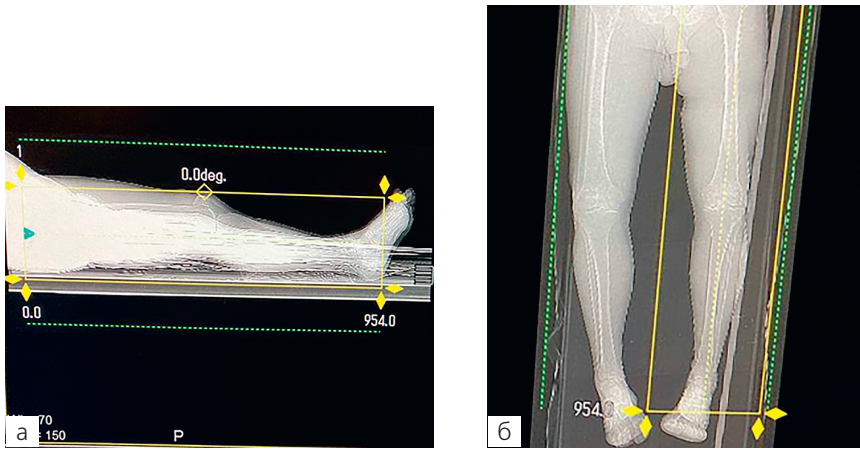

Рис. 11. Определение области исследования: а – боковая проекция; б – прямая проекция

После получения данных КТ, соответствующих перечисленным требованиям, их переносят в компьютерную систему CUVIS Joint jPlanner для проведения предоперационного планирования.

Данные КТ должны быть получены не ранее чем за 1 мес до выполнения операции. Если этот срок будет превышен, КТ-исследование следует провести заново.

4.2. ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

КТ-сканирование должно соответствовать всем заданным условиям. Полученные данные сохраняют в несжатом виде. В базе на каждого пациента сохраняются: прямая и боковая проекции сканограммы, изображения серии реконструкций конечности и DICOMDIR-файл. Информация записывается на USB-носитель.

На основе данных выполненной КТ проводят обработку КТ-сканов (DICOM file) и с помощью предустановленной программы для виртуального 3D-планирования CUVIS Joint jPlanner выполняют компьютерное моделирование будущей операции с определением осей конечности, размера и позиции имплантатов. Разработанный план операции записывают в виде файла в цифровом формате (OPERATING file).

В начале работы запускают программу CUVIS Joint jPlanner (**рис. 12**).

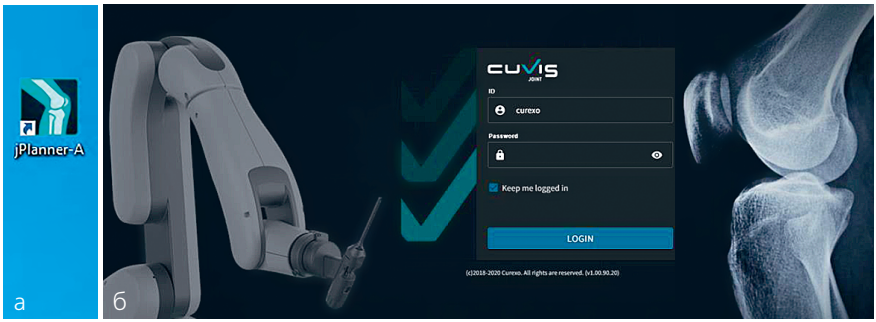

Рис. 12. Вид рабочего стола на мониторе персонального компьютера: а — ярлык программы планировщика; б — рабочее окно программы

В программу загружают данные КТ-исследования с USB-носителя (**рис. 13–15**).

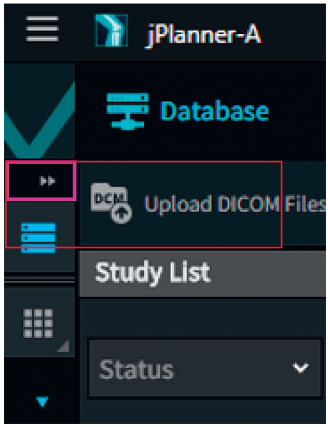

Рис. 13. Загрузка данных с внешнего носителя (нужно выбрать Upload DICOM Files)

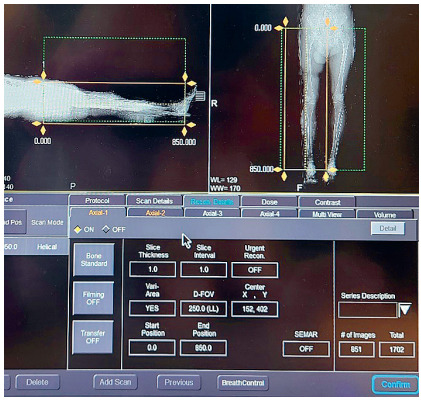

Рис. 14. Вид монитора компьютерной томографии с отображенными параметрами толщины срезов и режима реконструкции (изображение в боковой и прямой проекциях)

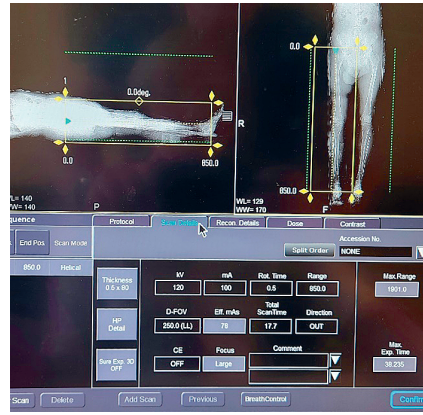

Рис 15. Вид монитора компьютерной томографии с отображенными параметрами ширины поля и напряжения

В рабочем окне программы появятся данные исследования пациента, после чего программа попросит выбрать сторону планирования для создания 3D-модели (**рис. 16**).

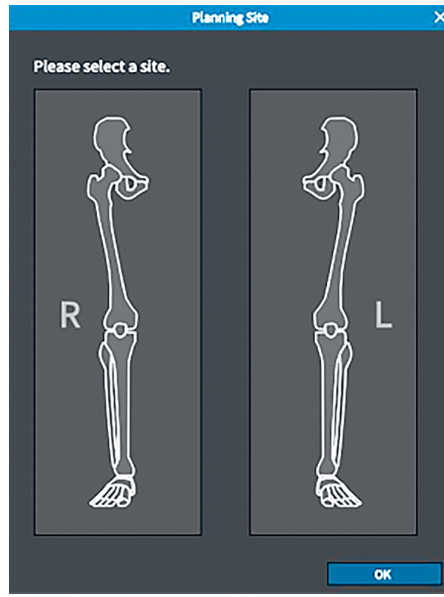

Рис. 16. Выбор стороны планирования