

Сравнение эффектов от водных упражнений и упражнений в зале у пациентов, проходящих курс реабилитации после хирургического восстановления внутрисуставной передней крестообразной связки.

Отчет предоставлен с разрешения Браина Тоувина, РТ, АТС.

Общий обзор и цель исследования: Водные упражнения доказали свою эффективность для укрепления силы и увеличения амплитуды пассивных движений (АПД). Традиционный реабилитационный курс после хирургического восстановления внутрисуставной передней крестообразной связки (ПКС) проводится в зале. Данное исследование направлено на сравнение эффективности водных упражнений для укрепления силы и увеличения объема бедренных мышц, амплитуды пассивных движений колена, расслабления суставов, выделения внутрисуставной жидкости, восстановления функций и эффективности подобных упражнений в зале после внутрисуставного хирургического восстановления ПКС.

**Браин Тоувин
Стивен Вулф
Брюс Гринфилд
Джери Кроуз
Блейн Вудфин**

Объекты исследования: Двадцать пациентов, служащих объектами исследования, были в произвольном порядке распределены по двум группам: водные упражнения и упражнения в зале.

Методы исследования: Были проведены измерения объема бедренных мышц, выделений внутрисуставной жидкости и АПД колена с интервалом в две недели в первые 8 недель после операции. По истечении этих восьми недель были получены результаты измерений максимальных изокинетических и изометрических показателей бедренных мышц, показания расслабления коленного сустава и показатель Лисхолма.

Результаты исследования: По сравнению с данными группы, занимающейся в зале, взятые по шкале Лисхолма показатели группы водных упражнений оказались выше. При сравнении показателей этих групп в отношении АПД колена, объема бедренных мышц или работы четырехглавой мышцы бедра никаких различий обнаружено не было. По истечении 8 недель в группе водных упражнений было отмечено меньшее количество выделяемой внутрисуставной жидкости. В группе, занимавшейся в зале, был отмечен более высокий максимальный изокинетический показатель сгибания колена.

Выводы и предмет для обсуждения: Хотя водные упражнения могут быть менее эффективными по сравнению с упражнениями в зале в отношении максимального восстановления работы мышц, реабилитационный курс в воде позволяет уменьшить количество выделений внутрисуставной жидкости и приводит в более высокому уровню восстановления функций при хирургическом восстановлении внутрисуставных ПКС. (Tovin BJ, Wolf SL, Grenfield BH и др. Сравнение эффектов от водных упражнений и упражнений в зале в отношении, проходящих курс реабилитации после хирургического восстановления внутрисуставной передней крестообразной связки. Физиотерапия 1994; 74: 710-719)

Основные понятия: колено; связки; нижние конечности, колено; работа мышц, нижние конечности; реабилитация.

Реабилитация после хирургического восстановления внутрисуставных передних крестообразных связок (ПКС) претерпела за последние несколько десятилетий значительные изменения, и теперь она считается важным условием для благополучного исхода после хирургического вмешательства. Такие усовершенствования хирургических приемов, как размещение и закрепление трансплантатов, а также применение артроскопических методов, повлияли в значительной мере на процесс реабилитации, также как накопленная информация о пределах нагрузки и напряжения в ПКС во время различных упражнений. Медицинские предписания, требующие полной иммобилизации и отсутствия нагрузок в течение двенадцати месяцев, уступили место предписаниям по ускоренному лечению, позволяющему сразу же устанавливать нагрузки, не требующем иммобилизации и позволяющему восстановить активность в течение 6 месяцев. Первоочередными задачами по-прежнему остаются восстановление объема движений суставов, работоспособности четырехглавой мышцы бедра и навыков хождения. Однако достижению этих целей может воспрепятствовать послеоперационное выделение внутрисуставной жидкости и перманентные боли. На ранней стадии реабилитации необходимо уменьшить негативные последствия хирургического вмешательства при помощи упражнений по увеличению объема движений и укреплению мышц, в то же время необходимо следить, чтобы каждое упражнение выполнялось без перегрузок трансплантата ПКС.

На ранних стадиях реабилитации после хирургического восстановления ПКС для сокращения атрофии мышц и для обеспечения восстановления сил необходимо использовать электромиографические данные обратной биологической связи и электрическое нейромышечное стимулирование. Эффективность этих двух приемов для восстановления силы четырехглавой мышцы бедра после хирургического восстановления ПКС измеряется изокинетическим динамометром. В ходе данных исследований, однако, обратная биологическая связь и электрическое нейромышечное стимулирование применялись во время изометрических упражнений для четырехглавой мышцы бедра, поэтому при данном подходе особенности функциональной деятельности, возможно, могут быть несмоделированы.

Мы полагаем, что упражнения по растяжению коленных мышц должны моделировать функциональную деятельность. Растяжение коленных мышц по принципу "замкнутой цепи" считается вполне безопасным упражнением для пациентов, перенесших хирургическое восстановление ПКС. В данных упражнениях применяется сопротивление последнего сустава участка конечности, которое ограничивает свободу движения сустава (например, вставание со стула), в то время как в упражнениях по принципу "разомкнутой цепи" применяется сопротивление до точки предела, таким образом, что периферический сустав неограничен в движении (например, взмах ноги). Хотя оба вида данных упражнений направлены на борьбу с физическими последствиями хирургического восстановления ПКС, исследование дает основание полагать, что упражнения по принципу замкнутой цепи безопасней, чем по принципу разомкнутой цепи, поскольку на трансплантат оказывается меньше давления. Однако, несмотря на это, у некоторых наблюдаемых объектов данного исследования после проведения занятий по принципу замкнутой цепи усиливалась боль и выделения внутрисуставной жидкости. Поэтому, очевидно, что уменьшению болей в колене и сокращению суставных выделений может способствовать выполнение упражнений по принципу замкнутой цепи с уменьшением воздействия на коленный сустав.

Водные упражнения могут ускорить процесс реабилитации ввиду того, что в воде оказывается меньшее давление на суставы, улучшается кровообращение и облегчаются движения. Уже проводились исследования по анализу движений конечностей в воде и по сравнению различных устройств для упражнений в воде, однако лишь в немногих исследованиях была дана оценка восстановлению мышечной силы, которое происходит по прохождении программы водных упражнений. Бартоу и Даймонд (Bartow, Diamond) пришли к выводу, что упражнения, использующие воду в качестве источника сопротивления, способствуют у здоровых

наблюдаемых росту способности бедренных мышц наращивать силу. Гельсен (Gehlsen) и другие сделали схожий вывод в отношении пациентов, страдающих рассеянным склерозом, но они не опробовали эти выводы для сравнения на контрольной группе пациентов.

Наполетан (Napoletan) пришел к выводу, что у пациентов с восстановленными ПКС упражнения типа «велосипед» в сочетании с традиционным курсом реабилитации были более эффективны при замедлении атрофии бедра, чем при применении только традиционного реабилитационного курса. Однако, вопрос атрофии бедра - это лишь один из многих вопросов. Остается неясным, будет ли курс реабилитации в воде лучше или хуже традиционного курса при сокращении свободы движения коленного сустава, увеличении мышечной силы и улучшении функциональных способностей пациентов с восстановленными внутрисуставными ПКС.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы определить, будут ли упражнения, проводимые в бассейне, способствовать уменьшению выделений внутрисуставной жидкости, атрофии бедра, увеличению объема движений и силы мышц бедра, а также уменьшению физических проблем в повседневной жизни у пациентов, перенесших хирургическое восстановление внутрисуставных ПКС, по сравнению с упражнениями в зале. Была предпринята попытка унифицировать специальные упражнения в обеих группах таким образом, чтобы программы были идентичны и отличались только по месту их проведения.

Метод

Объекты исследования

В данном исследовании принимало участие 20 человек (14 мужчин и 6 женщин), в возрасте от 16 до 44 лет ($X=29.0$ $SD=7.8$). У всех пациентов были артроскопически восстановлены внутрисуставные ПКС с использованием пателлярно-костного сухожильно-костного автотрансплантата, выполненного одним и тем же хирургом-ортопедом. Из исследования были исключены пациенты, перенесшие до этого операцию с ПКС на колене, и пациенты, которым одновременно с этим была проведена операция на мениске.

Проведение исследования

В ходе предоперационного осмотра, пациенты знакомились с исследованием, а также им разъяснялись медицинские послеоперационные протоколы. Каждый пациент должен был дать письменное согласие, форма которого была составлена в соответствии с требованиями Emory University и Piedmont Hospital (Atlanta), а также ознакомиться с вопросником. После этого пациенты определялись либо в группу традиционной реабилитации (TR), либо в группу водной реабилитации (WR) при помощи следующего способа разбиения на группы. Первые два пациента, выбранные в произвольном порядке, были определены в одну из двух групп при помощи подбрасывания монеты. Следующие два пациента были определены в группу, противоположную той, в которой находились первые два. Таким же образом процедура продолжалась для каждых 4-х человек, пока не было набрано двадцать пациентов. В итоге, в WR группу попало 6 мужчин и 4 женщины, а в TR группу - 8 мужчин и 2 женщины. Этот способ формирования групп был использован для определения пациентов в одну из групп по принципу случайности, независимо от полового признака, применяя этот принцип и к самим группам.

Первая неделя: упражнения для обеих групп

В течение первого послеоперационного занятия пациенты в обеих группах занимались по одинаковой программе (таблица 1), которую они выполняли два раза в день. Первая неделя послеоперационного курса реабилитации заключалась в 3-4 лечебных занятиях, в ходе которых один из авторов контролировал домашние упражнения с тем, чтобы они выполнялись

безопасно для здоровья и раздельно. Для облегчения пассивного растяжения колена, каждый пациент находился в горизонтальном положении, а его больная нижняя конечность (от большей трети берцовой кости до ступни) была помещена вне банкетки или кровати, позволяя силе притяжения производить растяжение колена. Были также добавлены упражнения по поднятию вытянутой ноги и вращения ногой с использованием утяжелителей с изменяемым весом. Пациенты начинали выполнять каждое упражнение с трех подходов по 10 повторений без утяжелителей и увеличивали количество повторений, пока не смогли без труда сделать три подхода по 15 повторений. Затем пациенты надевали утяжелители весом по 0.9 кг (2 фунта) и повторяли упражнение по той же схеме, начиная с трех подходов по 10 повторов. Подобный подход был повторен, и вес утяжелителей увеличивался каждый раз по 0,9 кг (большинство пациентов увеличивали вес утяжелителей каждые 2-3 дня). Все пациенты получили инструкцию как вести дневник домашних упражнений, который проверялся одним из авторов исследования для контроля соответствия.

Нагрузка на нижнюю конечность

В первое послеоперационное занятие были также начаты прогулки с помощью костылей и специальных шин для фиксации колена. В первые 4-7 дней после операции шины были наложены по всей длине, а пациентам было поручено увеличивать нагрузку на нижнюю конечность. На 4-7 день после операции пациенты использовали уже только один костыль и как правило обходились совсем без них на 10 послеоперационный день. В начале второй недели коленные шины ослаблялись, позволяя колену сгибаться под углом в 90° . В начале третьей недели объем движений шины увеличивался до 120° , а к 6-й неделе после операции шины снимались.

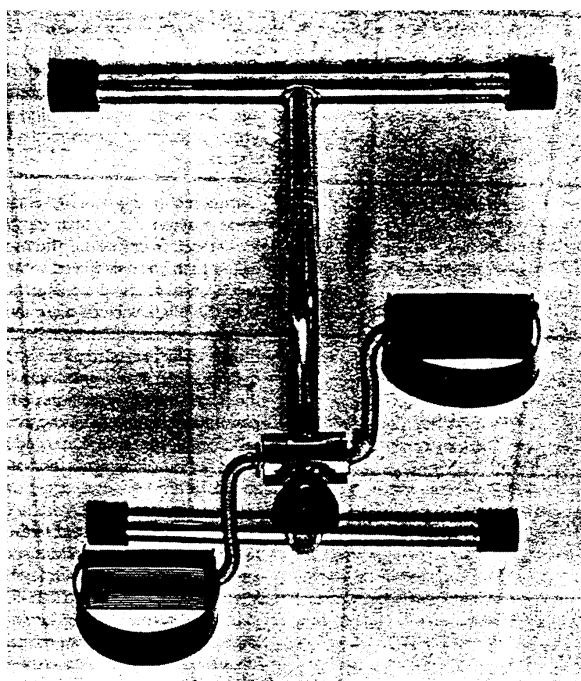


Схема 1. Педальное устройство, используемое в водных группах

Таблица 1. Программа реабилитации

Первая неделя и программа домашних упражнений в обеих группах.

1. приседания у стены - 25 повторов
2. самостоятельно-вспомогательный объем движений - 25 повторов
3. пассивное растяжение колена - 10 минут
4. растяжка подколенного сухожилия и икры - по 10 минут
5. упражнения для четырехглавой бедренной мышцы
6. поднятие вытянутой нижней конечности^а: 3 подхода по 10 повторений по сгибанию, абдукции, аддукции и растяжению мышц бедра
7. активное движение колена ^а: 3 подхода по 10 повторений
8. поднятие на мысках: 3 подхода по 10 повторений
9. неполные приседания у стены (обычно добавляются к домашней программе после первой недели): 3 подхода по 10 повторений

Программа упражнений 2-8 недель

Традиционная реабилитационная группа

1. велотренажер - 10 минут
2. ходьба без шин, попеременно вперед и назад - 10 минут
3. степ-тесты в бок, вперед, назад: начиная с трех походов по 10 повторов и заканчивая 3 подходами по 15 повторов
4. наклон, растяжение, абдукция и аддукция бедра в положении стоя с использованием настенного блока с дисками по 4,54 кг (10 фунтов): начиная с трех походов по 10 повторов и заканчивая 3 подходами по 15 повторов
5. сгибание колена в сидячем положении: три подхода по 10 повторов; задача: начиная с трех походов по 10 повторов и закончить 3 подходами по 15 повторов

Группа водной реабилитации

1. велотренажер - 10 минут^б
2. ходьба без шин, попеременно вперед и назад - 10 минут
3. степ-тесты в бок, вперед, назад: начиная с трех походов по 10 повторов и заканчивая 3 подходами по 15 повторов^в
4. наклон, растяжение, абдукция и аддукция бедра в положении стоя с использованием ортопедического ботинка Hydrotone : начиная с трех походов по 10 повторов и заканчивая 3 подходами по 15 повторов
5. сгибание колена в положении стоя с использованием ортопедического ботинка Hydrotone: начиная с трех походов по 10 повторов и закончить 3 подходами по 15 повторов

^а - в упражнениях по поднятию вытянутой нижней конечности и сгибанию колена утяжелители добавлялись по 0,91 кг (2 фунта)

^б - велосипедный тренажер в группе водной реабилитации представляет собой специальное устройство с педалями (рис. 1), а не обычный велотренажер.

^в - приставные шаги в воде выполнялись шагами по 20, 32см (8 инчей) и 40, 64см (16 инчей).

Реабилитационные программы

В течение 2-8 послеоперационных недель группа ТР выполняла курс реабилитации в зале, а группа ВР - похожую программу в воде (таблица 1). Обе программы выполнялись трижды в неделю при соблюдении одной и той же последовательности упражнений.

Участники группы ТР проводили разминку на велотренажере в течение 10 минут, после чего в течение 10 минут упражнялись в ходьбе (попеременно вперед и назад) и в течение 5 минут проводили пассивное растягивание. Группа ВР проводила разминку при помощи тех же упражнений, но вместо велотренажера в воде использовалось специальное pedalное устройство (схема 1).

Участники группы ТР начинали упражнения по принципу замкнутой цепи с шагом в 5,08 см (2 дюйма). При этом выполнялось три подхода по 10 повторений, доходя впоследствии до трех подходов по 15 повторений. Когда пациенты могли свободно выполнять три подхода по 15 повторов на заданной высоте, высота увеличивалась на 5, 08 см, а участники группы начинали выполнять упражнение опять с трех подходов по 10 повторений. Как правило, пациенты были готовы к упражнениям на новой высоте через 1-2 занятия, причем схема сохранялась прежней, а высота увеличивалась каждый раз на 5, 08 см. Обычно, все участники достигали максимальной высоты в 30, 48см (12 дюймов).

Участники группы ВР начинали выполнение упражнений по принципу замкнутой цепи с шагом в 20, 32см (8 дюймов). Участники начинали с трех подходов по 10 повторов и продолжали выполнять упражнение, пока не доходили до трех подходов по 15 повторов, выполняемых без усилий. Как правило, это достигалось в течение 1 недели курса реабилитации в воде. В течение 2-3 недели участники до ходили до отметки в 40, 64 см (16 дюймов) при глубине воды по грудь, после чего упражнения продолжались по нарастающей. В течение 4-8 недели участники группы выполняли упражнения с высотой ступени в 40, 64 см при глубине воды по пояс, что уменьшало плавучесть тела и увеличивало сопротивление. Упражнения на глубине по пояс проходили по той же нарастающей схеме. Если участники группы без усилий выполняли три подхода по 15 повторов при высоте ступени в 40, 64см на глубине воды по пояс, то их переводили на глубину по бедро при высоте ступени в 40, 65 см, что позволяло обеспечить максимальное сопротивление, и схема упражнений повторялась снова.

Следующая группа упражнений выполнялась в положении стоя и заключалась в сгибании, растяжении, абдукции и аддукции бедра и укрепляющем вращении колена. Группа ТР выполняла эти упражнения, используя блок с блинами по 4,5 кг (10 фунтов). Участники начинали каждое упражнение с тем весом, при котором они чувствовали себя нормально, выполняя по три подхода по 10 повторов, и продолжали выполнять его до тех пор, пока не могли сделать без усилий три подхода по 15 повторов. После чего добавлялся еще один блин весом в 4,5 кг и упражнение повторялось, начиная с трех подходов по 10 повторов.

Упражнения по укреплению бедра и вращению колена выполнялись с использованием ортопедического ботинка Hydrotone (рис.2). Выполнялись три подхода по 10 повторов упражнений на сгибание-растяжение бедра, абдукцию-аддукцию и вращение колена. Поскольку в задачу исследования не входило измерения силы сопротивления в воде или увеличение области применения ботинка Hydrotone в зале, то участникам группы было предписано передвигать прооперированные нижние конечности по воде с максимально доступной скоростью. По мере уменьшения болевых симптомов и улучшения работы мышц, пациенты увеличивали скорость передвижения и преодолевали большее сопротивление.

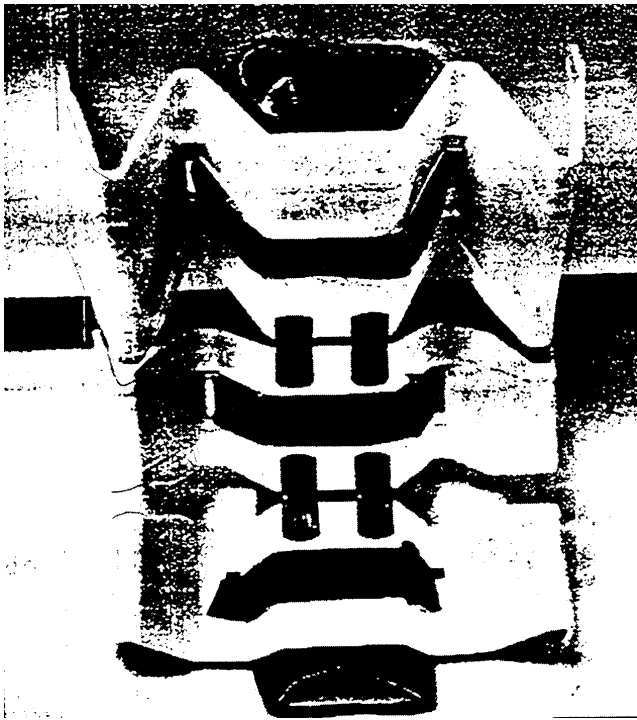


Схема 2. Ортопедический ботинок Hydrotone, использовавшийся в водных группах

Сбор данных

Артрометрические измерения. Измерения подвижности суставов проводились до операции и через 8 недель после операции. Измерения проводились одним из двух физиотерапевтов (ВЛТ или JS) с использованием коленного артрометра КТ-2000^г. Этот прибор сочетает в себе свойства пяти наиболее точных диагностических артрометрических приборов. Тестирование переднего выдвигающего ящика проводилось при сгибании колена на 30°. Переднее смещение берцовой кости относительно бедра измерялось в миллиметрах во время проведения тестов Лахмана (Lachman tests) с использованием груза в 6,8 кг (15 фунтов) и 9,1кг(20 фунтов). Большой вес не использовался из-за опасения перенапрячь трансплантат в этот критический для приживания трансплантата период. Измерения обоих физиотерапевтов совпали на 100% с точностью в 0,5мм как в ходе предварительного проверочного исследования, так и в ходе данного исследования.

Измерения работы мышц. Максимальное изометрическое и изокинетическое сгибание коленного сустава измерялось в конце 8 недели реабилитационного периода и производилось сравнение показателей двух групп. Для расчета и записи максимального сгибания (в футах-фунтах) использовался электромеханический динамометр и программное обеспечение LIDO AC+ (версия 5.1), после чего проводились измерения с учетом гравитации. По данным завода-изготовителя, точность динамометра самоопределяется при помощи пакета программного обеспечения. Все измерения проводил один из авторов исследования, не участвовавший в распределении по группам.

В ходе занятия, на котором проводилось измерение, участники должны были согнуть бедро на 80-90°. Бедра и измеряемые конечности участников были зафиксированы при помощи полос Velcro, протянутых через таз и бедро. Пациентам было предложено в ходе тестирования держаться за поручни. Ось вращения динамометра была приведена в соответствие с подобной осью колена и в 7,62 см (3 дюймах) ниже берцового туберкула была помещена специальная

подушечка. Пациентам было дано некоторое время для того, чтобы ознакомиться с различными режимами скоростей.

Изометрическое измерение заключалось в трех повторах на максимум в течение пяти секунд при колене, согнутом на 85° для измерения силы растяжения колена, и в трех повторах на максимум в течение пяти секунд при колене, согнутом на 60° для измерения силы сгибания колена. Между повторами участникам давался 30-секундный перерыв. Записывался самый высокий показатель.

Изокинетическое измерение проводилось при помощи трех независимых сокращений при 90°/сек с 30-секундным отдыхом между повторами. Изокинетическое растяжение измерялось при сгибании колена с 80 до 40°, а изокинетическое сгибание измерялось при разгибании колена с 0 до 70°. Измерение изокинетического растяжения производилось отдельно от изокинетического сгибания, чтобы избежать возможной интерференции при смене направления движения. Для каждого из четырех тестов фиксировались максимальные показатели по всем трем повторам. Порядок тестирования был одинаков для всех участников эксперимента.

[†] - Medmetric San Diego, CA

[†] - Loredan biomedical inc. 2121-B-2nd St. Sic 107 Davis CA

[†] - Velcro USA Inc. 406 Brown ave. Manchester, NH 06108

Измерения амплитуды пассивных движений. Измерения амплитуды пассивных движений сгибания и растяжения колена проводились одним из двух физиотерапевтов при помощи стандартного пластикового гониометра длиной в 17,78 см (7 дюймов) со шкалой в 360° и шагом в 1°. Измерения обоих физиотерапевтов совпали на 100% с точностью в 5 градусов как в ходе предварительного проверочного исследования, так и в ходе данного исследования.

Амплитуда пассивных движений измерялась в начале каждого лечебного занятия на 2-й, 4-й, 6-й и 8-й неделе после операции. Допускалась разминка в течении 3-х минут, которая заключалась в растяжке в пределах допустимого объема движений. Оба вида измерений проводились в положении лежа. При проведении измерений растяжения колена под лодыжку прооперированной ноги пациента подкладывался валик. Измерения сгибания колена проводились при бедре, согнутом под углом в 90°, а лодыжка подтягивалась к ягодицам. Предел объема движений определялся созданием повышенного давления до возникновения устойчивого сопротивления. Записывались максимальные показатели всех трех измерений.

Измерение размера. Измерения размера проводились одним из двух физиотерапевтов в ходе предоперационного посещения и на 2-й, 4-й, 6-й и 8-й неделе после операции. Измерения проводились на уровне середины коленной чашечки и в 15, 24 см (6 дюймов) выше уровня середины коленной чашечки с использованием обычной измерительной ленты с делениями в 0,3175см (1/4 дюйма). Пациенты находились при этом в положении лежа с расслабленной бедренной мускулатурой. Эти измерения были задокументированы и выявили изменения выделений внутрисуставной жидкости в коленном суставе и атрофии бедренных мышц. Измерения обоих терапевтов совпали на 100% с точностью в 0, 636 см (1/4 дюйма) как в ходе предварительного проверочного исследования, так и в ходе данного исследования.

Функциональная анкета. В конце восьмой недели после операции был роздан функциональный опросник. Он состоял из шкалы Лисхолма²⁷, по которой измеряется функциональное использование коленного сустава по шкале от 0 до 100. Эта шкала отражает отчет пациента о его ощущениях относительно таких способностей, как ходьба, подъем по лестнице, приседания и является принятым методом оценки функциональных нарушений²⁷⁻²⁸. Более высокие показатели отражают лучшее функциональное использование сустава при меньших болевых симптомах.

Управление данными и анализ

Различия в данных подвижности сустава были измерены и сопоставлены между группами как до операции, так и на 8-й неделе после неё. Средние колебания были сопоставлены при помощи анализа колебаний (ANOVA). Для сравнения внутри группы использовался турецкий метод попарного сравнения, а для сравнения между группами - метод попарного сравнения Бонферрони.

Измерения максимальных изометрических и изокинетических показателей для четырехглавой мышцы бедра и подколенных мышц были приведены к показателям недействующих контролатеральных мышц и выражены в процентном отношении. Между группами было проведено сравнение процента средних максимальных показателей скручивающего усилия и средних показателей по шкале Лисхолма при помощи Студенческого теста (Student's test). Для повторных процедур был проведен анализ показателей объема движений за 2, 4-ю, 6-ю и 8-ю недели при помощи двустороннего анализа колебаний (группы x недели). Для сравнения внутри группы был применен тест сравнения post hoc по турецкому методу попарного сопоставления, а для сравнений между группами - метод попарного сопоставления Бонферрони.

Измерения размера проводились на основании измерения размера в районе середины коленной чашечки и в 15,24 см выше этого участка. Средние колебания сопоставлялись на 2-й, 4-й, 6-й и 8-й неделях при помощи тестов, аналогичных тем, которые использовались при измерении объема движений. Уровень значения альфа был принят на отметке 0,05.

Результаты

Результаты анализа колебаний по измерениям подвижности сустава, представленные в таблице 2 и 3, показывают отсутствие значительных изменений между группами ($F=3,43$; $4,04$; $df=1,1$ $P=0,08$ $0,06$), что означает, что ни одна программа не позволила добиться большей подвижности, чем другая. Наблюдается значительная разница при приложении сил в 6,8 кг ($F=8,39$ $df=1$, $P=0,01$) и 9,1 кг ($F=24,0$ $df=1$ $P=0,0001$), что означает, что в обеих группах подвижность сустава была значительно меньше через 8 недель после операции по сравнению с дооперационным периодом.

Сравнение максимальных процентных показателей скручивающей силы четырехглавой мышцы бедра и подколенного сухожилия (таблица 4) между группами не дает никакой значительной разницы для изометрического сгибания колена, изометрического растяжения колена и процентных показателей максимального скручивающего момента растяжения колена. Тем не менее, процентный показатель максимального скручивающего момента растяжения колена был значительно выше для группы TP ($X=96,4$ $SD=13,5$) по сравнению с группой BP ($X=81,7$ $SD=11,1$)($P=0,01$).

Процент изометрической скручивающей силы ($0^\circ/\text{сек}$)

Таблица 2. Результаты анализа колебаний при измерении подвижности сустава при тестировании по методу Лахмана с весом в 6,8 кг (15 фунтов).

Источник	df	SS	MS	F	P
Между членами группы (А)	1	21.00	21.00	3.43	0.082
Погрешность	17	104.08	6.12		
По каждому члену, недели (Б)	1	50,84	50,84	8,39	0,01
АхБ	1	0,003	0,003	0,00	0,984
Погрешность	17	103,05	6,06		

Измерения амплитуды пассивных движений были проведены во 2-ю, 4-ю, 6-ю, и 8-ю недели. В таблице 5 показано, что не было отмечено никаких значительных различий в показателях в каждый период ($F=0,38$ $df=1$ $P=0,546$). Как и ожидалось, был отмечен временной эффект ($F=116,49$ $df=3$ $P=0,0001$), означающий, что амплитуда пассивных движений (АПД) коленного сустава в обеих группах к концу 8 недели увеличилась. На 2-й неделе после операции измерение АПД показало, что в обеих группах в среднем АПД составляет 117° . С течением времени в обеих группах наметился прогресс, который составил 20° на 2-4 неделе, 8 градусов - на 4-й-6-й неделе и четыре и более на 6-8 неделе. Средний показатель АПД колена для обеих групп в конце 8-недельной программы составил 150 градусов. Анализ post hoc показал, что значительный прогресс АПД в обеих группах был только в первые 6 недель. Между группами никаких существенных различий отмечено не было. Не было отмечено никакого значительного изменения показателя группа x время, что означает, что изменение АПД с течением времени не зависело от распределения групп.

Были проведены сопоставления измерений размеров в районе середины коленной чашечки и в 15,24см выше этого участка между коленями для выявления показателя средней разницы. (таблица 6). Анализ показателей между группами показал, что размер в группах ВР был меньше, чем в группах ТР по каждому параметру измерений в области середины коленной чашечки, но эта разница была существенной только на 8-й неделе. Между группами не было отмечено никакой существенной разницы ($F=2,09$ $df=1$ $P=0,166$). Был отмечен временной эффект ($F=23,45$ $df=4$ $P=0,0001$), поскольку в обеих группах было отмечено значительное увеличение размера в области середины коленной чашечки между первоначальным измерением и на второй неделе после операции. Кроме того, в обеих группах было отмечено значительное уменьшение размера в районе середины коленной чашечки после второй недели, но это продолжалось только до 4-й недели. В районе 15,54 см выше середины коленной чашечки в обеих группах было отмечено существенное уменьшение размера по сравнению с первоначальным измерением и измерением на второй неделе после операции, однако между самими группами никакой разницы отмечено не было. Средний показатель Лисхолма был значительно выше в группах ВР ($X=92.2$ $SD=4.31$), в то время как в группах ТР он составил ($X=82.4$ $SD=12.36$), ($P=0,03$).

Таблица 2. Результаты анализа колебаний при измерении подвижности сустава при тестировании по методу Лахмана с весом в 9,1 кг (15 фунтов).

источник	df	SS	MS	F	P
Между членами группы (А)	1	37,16	37,16	4,04	0,06
погрешность	17	156,20	9,19		
По каждому члену, недели (Б)	1	123,73	123,73	24,00	0,0001
АхБ	1	0,25	0,25	0,05	0,827
погрешность	17	87,64	5,16		

Информация для обсуждения

Измерения по шкале Лисхолма показали, что группах ВР к концу 8-й недели индикаторы были значительно выше, чем в группе ТР, что означает, что в этих группах существовало меньше сложностей с деятельностью в повседневной жизни. Низкие показатели в группах ТР объясняются жалобами пациентов на усиление боли и припухлость колен при деятельности в повседневной жизни. Возможное объяснение более высоких показателей по шкале Лисхолма в группе ВР может заключаться в результатах измерений размера и подвижности.

На 8-й неделе после операции в обеих группах отмечалась разница не более 3мм в подвижности сустава между прооперированным и незадействованным коленом при тестах Лахмана как с весом в 6,8кг, так и с весом в 9,1кг. Ни одна из программ не стимулировала подвижность коленного сустава, так как разница подвижности ≤ 3 мм считается нормальной²⁹. Хотя при сравнении между группами существенных отличий выявлено не было, средние данные сравнения внутри группы показали, что к концу 8 недели в группе ТР подвижность по обоим тестам была на 1,5 мм больше, чем в группе ВР. Невозможность выявить значительное отличие между группами возможно объясняется недостаточным количеством испытуемых. Результат может объясняться большими нагрузками на коленный сустав при курсе реабилитации в зале по сравнению с водным курсом¹⁵. Увеличение подвижности коленного сустава на прооперированной нижней конечности на 8 неделе после операции может привести к увеличению выделений внутрисуставной жидкости, что в свою очередь приводит к более низким показателям по шкале Лисхолма.

Таблица 4 Средние и стандартные изменения по скручивающей силе для лечебных групп на 8-й неделе после операции (процент от скручивающей силы незадействованной нижней конечности)

Группа	Процент изометрической скручивающей силы (0°/сек)		Процент изометрической скручивающей силы (90°/сек)	
	X	SD	X	SD
ТР n=9		9,1	96,4	13,5
Сгибание	85,1			
Растяжение	43,1	11,6	56,1	19,2
ВР n=10		10,6	82,7	11,1
Сгибание	83,7			
Растяжение	42,8	12,7	50,6	18,1

Измерения размера в районе 15,24 см выше середины коленной чашечки не выявили существенной разницы между группами относительно атрофии бедренных мышц. Сравнение внутри группы показало тем не менее, что в обеих группах проходили одинаковые серьезные изменения в показателях до операции и на 8 неделе после операции. В обеих группах, наибольшая разница отмечалась между дооперационными измерениями и измерениями на 2-й неделе после операции, причем самое заметное уменьшение размера произошло на 4-й неделе после операции. Атрофия бедренных мышц как правило наблюдается в критический послеоперационный период вследствие заторможенности функционирования мышц из-за усиления боли и увеличения внутрисуставной жидкости. DeAcrade с коллегами³⁰ показал, опираясь на данные измерения электромиографической деятельности, что с увеличением выделения внутрисуставной жидкости уменьшается работа мышц.

Размер бедра стал увеличиваться после 4-й недели после операции и прооперированная конечность отличалась к концу 8 недели от непрооперированной на 1,90 см (0.75 дюймов) в обеих группах. Увеличение размера бедра в этот период может иметь несколько объяснений. Поскольку после операции выделения внутрисуставной жидкости и боль уменьшаются, а объем движений увеличивается, это позволяет тренировать мышцы большим объемом движений. Поскольку упражнения выполняются более подвижно, мышечная ткань гипертрофируется, что приводит к увеличению периферических показателей.

Измерения размера, взятые в области середины коленной чашечки, показывают, что этот показатель был постоянно меньше в группах ВР во все промежутки времени, но разница стала существенной только на 8 неделе. Как упоминалось ранее, больший размер в группах ТР может объясняться выделением внутрисуставной жидкости, как следствие более сильной нагрузки на сустав при упражнениях в зале по сравнению с упражнениями в воде. Увеличение выделения внутрисуставной жидкости может привести к уменьшению показателей по шкале Лисхолма.

При сравнении показателей внутри группы выясняется, что изменения в размере середины коленной чашечки в обеих группах были идентичны: измерения в этой области были обратно пропорциональны измерениям в 15,24 см выше середины коленной чашечки. Заметное увеличение размера было обнаружено при сравнении предоперационных данных и данных, взятых на 2 неделе после операции, что явилось следствием выделения внутрисуставной жидкости, последовавшего за операцией. Все это означает, что при уменьшении выделения внутрисуставной жидкости объем мышц увеличивается, что происходит примерно между 4-й и 6-й неделями после операции.

Таблица 5 Результаты анализа колебаний в отношении объема движений между реабилитационными группами.

Источник	df	SS	MS	F	P
Между членами группы (А)	1	132,61	132,61	0,38	0,546
Погрешность	18	6287,63	349,31		
По каждому члену, недели (Б)	3	13277,84	4425,95	116,49	0,0001
АхБ	3	48,24	16,08	0,42	0,737
Погрешность	54	2051,66	37,99		

Таблица 6 Результаты анализа колебаний измерений размера в области середины коленной чашечки и выше этой области на 40,64см (6 инчей) между группами реабилитации.

Источник	df	SS	MS	F	P
Середина коленной чашечки Между членами группы (А)	1	0,42	0,42	2,09	0,166
Погрешность	17	3,44	0,20		
По каждому члену, недели (Б)	4	2,93	0,73	23,45	0,0001
АхБ	4	0,06	0,02	0,5	0,730
40,54см выше середины коленной чашечки Между членами группы (А)	1	0,006	0,006	0,01	0,933
Погрешность	17	15,53	0,80		
По каждому члену, недели (Б)	4	5,24	1,31	22,98	0,0001
АхБ	4	0,39	0,098	1,71	0,157
Погрешность	68	3,88	0,06		

Сравнение между группами процентных показателей скручивающей силы показало, что при 90°/сек для подколенной мышцы этот индикатор был значительно выше в группах ТР, что означает, что традиционный подход более эффективен для укрепления подколенной мышцы, чем курс водной реабилитации. Это имеет два объяснения. Во-первых, сопротивление в воде частично определялось скоростью движения конечности, что контролировалось самим пациентом¹⁶. Пациент же мог при этом руководствоваться какими-то своими соображениями или ощущением боли. Поэтому он мог не создавать сопротивления, которое бы позволило обеспечить максимальное напряжение. Упражнения на подколенные мышцы проводились в группе ТР с использованием грузов, таким образом сопротивление не зависело от пациента. Во-вторых, существует разница в том, как сокращаются мышцы в зале. На основании опыта видно, что для восстановления мышечной активности важны эксцентрические сокращения мышц. Такой тип сокращений чаще всего происходит в зале, а не в воде из-за возрастания силы гравитации.

В обеих группах эффективность восстановления активности четырехглавой мышцы бедра была одинаковой. Эти данные также показали, что большее выделение внутрисуставной жидкости в группе ТР не повлияло сколько-нибудь заметно на скручивающую силу мышц. Возможным объяснением может стать то, что измерения у всех пациентов проводились при сгибании колена от 85 до 40 градусов, а не на пределе движения, где выделения внутрисуставной жидкости, как было показано, влияют на работу мышц.³⁰

Средний процент скручивающей силы в обеих группах был идентичным показателям других пациентов с восстановленной ПКС⁵. В других исследованиях^{7,8} значения скручивающей силы оказались выше. Двумя возможными объяснениями низких показателей процента скручивающей силы в данном исследовании, возможно, служат разница в типе тренировки четырехглавой мышцы бедра и в методологическом подходе.

Тип тренировки четырехглавой мышцы бедра

В обеих группах при тренировке четырехглавой мышцы бедра основной акцент был сделан на упражнениях по принципу замкнутой цепи, которые, возможно, на четырехглавой мышце бедра достаточного стимула развить максимальную силу. В предыдущих исследованиях^{7,8}, в которых силовые показатели оказались больше, применялась электрическая нейромышечная стимуляция в ходе упражнений по принципу открытой цепи по растяжению колена. Обе группы данного исследования, возможно, получили положительный эффект от независимых упражнений по растяжению колена с ограниченным объемом движений (сгибание с 90 градусов до 40 для обеспечения сохранности трансплантата), поскольку в ходе последних исследований было выяснено, что одних упражнений по принципу замкнутой цепи будет недостаточно для обеспечения максимального напряжения мышц, что было показано данными изокинетических измерений.³²

Методологические факторы

Изменение в методологии могло бы привести к более высоким средним показателям процента скручивающей силы. Выполнение трех пятисекундных сокращений четырехглавой мышцы бедра привело к боли в области пересадки (место, откуда было взято третье центральное надколенное сухожилие в качестве автотрансплантата) у некоторых пациентов, что могло бы привести к изменению остальных тестов. Боли в передней части колена встречаются довольно часто на ранних стадиях реабилитации ПКС при использовании автотрансплантата переднего сухожилия. Изометрическое тестирование и использование пониженных скоростей увеличивает реакцию сустава вокруг коленной чашечки, но, как правило, служит лучшим индикатором силы. Хотя силовое тестирование в данном исследовании обеспечивало необходимую защиту трансплантата, тестирование в начале на высоких скоростях а в конце на низких, возможно, привело к более высоким показателям процента скручивающей силы. В данном исследовании при тестировании такие факторы не учитываются, т.к. на момент начала исследования не было опубликованных исследований, содержащих изокинетическое тестирование в течение 8 недель для пациентов с автотрансплантатами надколенных сухожилий.

Клинические следствия

Хотя первоочередной задачей реабилитации пациентов с восстановленным ПКС является восстановление деятельности четырехглавой мышцы бедра, методы достижения этого должны исключать повышенные нагрузки на трансплантат и увеличение выделения внутрисуставной жидкости. К тому же, для ускорения выздоровления, пациенты должны пройти всю программу реабилитации. Некоторые пациенты считают, что первые упражнения после операции чересчур болезненны в силу возраста и низкого уровня активности до операции, или же из-за повышенной чувствительности к боли, и поэтому процесс реабилитации на ранних этапах тормозится.

Упражнения в воде могут сделать всю программу восстановления более приемлемой. Хотя применение полной водной программы реабилитации может оказаться ненужным, однако сочетание курса реабилитации в зале с упражнениями в воде может позволить сильнее нагрузить сустав. Для пациентов, которые не переносят боль от упражнений в зале, упражнения в воде могут помочь перейти к более активным упражнениям. В данном исследовании показано, что вода оказала положительный эффект на занятия по принципу замкнутой цепи, такие как ходьба и степ-тесты; также блоки с грузами способствовали лучшему укреплению подколенного сухожилия и бедра. Отдельные сокращения четырехглавой мышцы бедра с ограниченным объемом движения на занятиях по принципу открытой цепи также могут использоваться в обеих группах с положительным результатом.

Пациенты, проходящие курс водной реабилитации, могут выдержать более насыщенную и напряженную программу реабилитации, чем показано в данном исследовании. В данном исследовании упражнения в обеих группах должны быть тщательно подобраны с тем, чтобы основной эффект программ реабилитации соответствовал тому, где проводятся занятия. Группа ВР могла выполнять более напряженные упражнения, но варьирование упражнений могло затруднить объяснение результатов из-за различий, существующих между группами, что могло быть следствием разницы в среде, в упражнениях или в сочетании обоих факторов.

Выводы

Хотя традиционные упражнения используются в большинстве клиник, результаты этого исследования дают основания полагать, что программа реабилитации для пациентов с восстановленными внутрисуставными ПКС, выполненная в воде, является более эффективной с точки зрения уменьшения выделения внутрисуставной жидкости и восстановления функций нижних конечностей, как это видно на шкале Лисхолма. Результаты дают также основание полагать, что реабилитация в воде не менее эффективна, чем традиционная в отношении восстановления объема движений колена и силы четырехглавой мышцы бедра, хотя и не так эффективна в восстановлении силы подколенного сухожилия. Клиники, которые хотят обеспечить максимальную нагрузку на нижнюю конечность, возможно, сочтут полезным использование водных упражнений. В будущих исследованиях будет проанализирована эффективность программы, которая сочетает в себе элементы традиционных и водных упражнений с большим количеством участников эксперимента и более продолжительным сроком наблюдения.

Благодарность

Мы выносим свою благодарность Lynn Snyder-Mackler, ScD PT за помощь в подготовке работы. Roberto Infante PT и сотрудникам Resurgeons Orthopaedics за помощь в сборе данных и больнице Piedmont Hospital за возможность использовать их помещение и оборудование.