

ЛАБОРАТОРИЯ КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ (БИОМЕХАНИКИ)

В июле 2015 г. в ФНКЦ ФМБА России организовано новое подразделение в составе Центра реабилитации и спортивной медицины – лаборатория клинического анализа движений (биомеханики).

Лаборатория предназначена для проведения инструментальной функциональной диагностики двигательной патологии у больных ортопедо-травматологического, неврологического профиля и спортсменов – членов сборных команд России, а именно:

- патология опорно-двигательного аппарата: (спортивные травмы мышечно-связочного аппарата крупных суставов; разрывы крестообразных связок коленного сустава; повреждение вращательной манжеты плечевого сустава; сколиоз и пр.)

- заболевания центральной и периферической нервной системы (центральные парезы и параличи при нарушениях мозгового кровообращения, черепно-мозговой и спинальной травме, нейродегенеративных заболеваниях).

С открытием лаборатории клинической биомеханики в арсенале специалистов ФНКЦ появляются такие новейшие технологии как:

- функциональная диагностика двигательной патологии;
- количественная оценка нестабильности крупных суставов;
- функциональная электростимуляция мышц в физиологически обусловленную фазу;
- реабилитация движений с помощью метода биологической обратной связи;

- применение виртуальной реальности для реабилитации лежачих пациентов

Используемые методики позволяют регистрировать биомеханические параметры различных движений: ходьба, движения в верхних конечностях и отделах позвоночника, специализированные спортивные движения.

Чувствительность методик даёт возможность применять их для диагностики как доклинической патологии, например, последствий скрытых травм у спортсменов или ранние формы ортопедических и неврологических заболеваний, так и тяжёлой двигательной патологии – спинальная травма и другие состояния. В первом случае может не быть клинических проявлений, но иметь место на уровне функциональном, во втором – функция, определяемая обычными клиническими методами, может полностью отсутствовать. В любом случае, методики позволяют диагностировать и давать точную количественную и качественную оценку функциональных двигательных нарушений, как на макро, так и на микро уровне.

В настоящее время в лаборатории проводятся исследования больных ортопедического профиля с заболеваниями и повреждениями крупных суставов нижних конечностей, неврологического профиля с парезом верхних конечностей, возникшего в результате церебрального инсульта, и действующих спортсменов сборных команд Российской Федерации.

ФУНКЦИЯ ХОДЬБЫ У БОЛЬНЫХ С РАЗРЫВОМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Ахпашев А.А.¹, Загородний Н.В.², Кауркин С.Н.¹, Скворцов Д.В.¹

¹Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи
и медицинских технологий ФМБА, г. Москва

²Кафедра ортопедии-травматологии РУДН, г. Москва

Повреждения передней крестообразной связки (ПКС) остаются одними из самых частых травм коленного сустава. В данном исследовании изучена биомеханика походки по временным, кинематическим и динамическим параметрам у 34 пациентов с верифицированным разрывом ПКС. 11 из них были обследованы до оперативного восстановления ПКС и 23 после него. Исследование пациентов первой группы проводилось в сроки от 1 недели до 6 лет (среднее значение 18 месяцев). Во второй группе от 1,5 месяцев до 5,5 лет (среднее значение 13 месяцев).

Данное исследование не обнаружило специфичных для ПКС функциональных расстройств при произвольной ходьбе по ровной поверхности, как при сравнении с нормой, так и со здоровой конечностью. Однако, имеется тенденция к увеличению амплитуды движений сгибания-разгибания в коленном суставе после восстановления ПКС.

Данный результат даёт основания к ревизии понятия «нестабильность», поскольку убедительной симптоматики на нашем материале получено не было.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, нестабильность коленного сустава

GAIT ANALYSIS AT PATIENTS WITH ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RUPTURE BEFORE AND AFTER SURGICAL TREATMENT

Akhpashev A.A., Zagorodny N.V., Kaurkin S.N., Skvortsov D.V.

The anterior cruciate ligament (ACL) is most often structures to be damaged. In this research investigated biomechanics of walking at the timing, kinematics and dynamics parameters for 34 patients which had verified rupture of ACL. The 11 patients were investigated before surgical treatment and 23 after it. Investigations of patients of the first group were made at the time of 1 week to 6 years after trauma of the knee joint (the average meaning is 18 months). The second group was investigated at the time from 1,5 month to 5,5 years (the average meaning is 13 months).

At the current research we did not find any specific for rupture of ACL functional disturbances during level walking compare to normal data and healthy limp. However, we assume some tendency to increase of flexion-extension movement at the damaged knee joint after surgery.

This result could give us some basis for revision the term of instability, because we did not get definite symptoms at our study.

Key words: anterior cruciate ligament, knee joint instability.

Введение

Повреждения коленного сустава (КС) были и остаются одной из самых распространенных травм опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека [Fields K. et al, 2013], приводящих к снижению качества жизни и физических возможностей пациентов, последующему развитию дегенеративных изменений не только коленного сустава, но и смежных сегментов конечности. Широкие возможности для занятий современными видами спорта, опасные, зачастую экстремальные увлечения неподготовленными и начинающими любителями-спортсменами приводят к увеличению количества травм и повышению травматизма во всех группах и слоях населения.

При этом мягкотканые повреждения (повреждения связочного аппарата, суставного хряща и менисков) зачастую могут быть нераспознаны своевременно. Одной из частых травм КС является повреждение связочного аппарата, особенно передней крестообразной связки (ПКС). До настоящего времени в научном сообществе дискутируется вопрос о необходимости восстановления ПКС, сроках восстановления, возрастных критериях пациентов, требующих или не требующих восстановления связочного аппарата. Опытным клиницистам хорошо известны случаи разрыва ПКС с последующим бессимптомным функционированием КС с одной стороны, и выраженной симптоматикой и жалобами на нестабильность и даже боли в КС, с другой.

В течение советского периода истории отечественной травматологии и ортопедии широкое распространение получило применение лавсана при реконструкции связочного аппарата и ПКС КС. По прошествии десятилетий от этой методики отказались, и в настоящее время мы получаем пациентов с исходами лавсанопластики в виде остеоартрозов значительной степени выраженности. Данное обстоятельство повлияло на сложный процесс выбора лечения пациентом, до сих пор встречается расхожее мнение, которое можно выразить кратко «сустав лучше не оперировать».

Безусловно, в последние 15-20 лет качество и технологичность диагностики и оперативного лечения во всем мире и в России выросли. В настоящее время большинство оперативных вмешательств может быть выполнено путем артроскопических методик. Произошел каче-

ственный скачок в лечении повреждений связочного аппарата коленного сустава, уже накоплен достаточный опыт и положительные результаты применения различных имплантатов, фиксаторов, аутопластических и аллопластических материалов. Уже сейчас мы можем утверждать, что профилактика дегенеративно-дистрофических и посттравматических заболеваний КС находится на более высоком качественном уровне.

Одним из показаний для реконструкции ПКС является наличие такой специфической жалобы пациента, как неустойчивость в коленном суставе. Конечно, нестабильность возникает при повреждениях различных связок КС, но по нашим данным, изолированное повреждение ПКС является более частой травмой (более 86% травм связочного аппарата КС), нежели разрыв нескольких связок. Нестабильность КС может возникать в разных условиях, при различных физических нагрузках и движениях. Многие авторы предлагают различные варианты классификации нестабильности КС в зависимости от поврежденных анатомических структур.

В работе Hughston с соавт. [Jack C. et al, 1976] предлагают следующую классификацию:

Линейная нестабильность:

1. Медиальная нестабильность.
2. Латеральная нестабильность.
3. Задняя нестабильность.
4. Передняя нестабильность.

Ротационная нестабильность:

1. Антеромедиальная ротационная нестабильность.
2. Антеролатеральная ротационная нестабильность.
3. Постеролатеральная ротационная нестабильность.
4. Комбинированная ротационная нестабильность.

В то же время, само понятие «нестабильность коленного сустава» определено разными авторами с разных точек зрения. Так, отечественные авторы Котельников Г.П. с соавт. [Котельников Г.П., Чернов А.П., Измалков С.Н., 2001] в монографии описывают концепцию нестабильности КС следующим образом: «Под нестабильностью коленного сустава мы понимаем невозможность активно-

го замыкания его в процессе реализации акта ходьбы без компенсаторных приспособлений организма или поддерживающих ортопедических устройств, а также необычные движения голени, выявляемые в период клинического обследования или во время ходьбы». В работе [M.J. Cross, 1996] описывает состояние нестабильности КС в привязке к биомеханическим терминам: амплитуда движений, физиологическая гибкость, патологическая гибкость или гипермобильность, нестабильность, потеря функции или потеря дееспособности.

Таким образом, функционирование КС в условиях повреждения связочного аппарата в целом, и ПКС в частности, определение показаний и критериев для оперативной реконструкции связочного аппарата КС остаются важными и нерешенными вопросами современной ортопедической науки.

Собственно нестабильность коленного сустава (НКС), как термин, и как определение клинического состояния, имеет различные интерпретации. Варианты понимания лежат между увеличением амплитуды движений, превышающие норму, до наличия определённых клинических симптомов. При разрыве ПКС данный термин, как правило, подразумевает наличие смещения под действием внешней силы мышечков голени относительно мышечков бедра – так называемый симптом «переднего выдвигающего ящика». Другой вариант – это появление движений в суставе, несвойственных для него или увеличение свойственных ему движений выше нормальных. При этом различают пассивную и активную нестабильность [Heide В. 2013]. При пассивной нестабильности увеличиваются пассивные передне-задние или медиальные движения голени относительно бедра, а при активной – данные движения увеличиваются при ходьбе или ряде других движений. Пассивная нестабильность определяется мануально – симптом «переднего выдвигающего ящика» или инструментально, например, посредством артрометра KT1000. Аналогичное измерение активной нестабильности представляется весьма затруднительным, поскольку значительную ошибку вносят мягкие ткани. Исследования передне-задних движений в коленном суставе во время ходьбы посредством систем анализа движений показывают наличие смещений в пределах 30 мм в норме и их значительное уменьшение при по-

вреждении ПКС [Andriacchi T.P., Dyrby С.О. 2005; Gao В., Zheng N.N. 2010]. Это не единственные исследования, где отмечается именно уменьшение амплитуды смещений или обычных движений в коленном суставе. Как отмечено в работе [Heide В. 2013] пациенты с разрывом ПКС используют стратегию ходьбы с уменьшением разгибания коленного сустава. Для последствий реконструкции ПКС также имеются аналогичные результаты [Georgios В. et al, 2015], где обнаружено меньшее значение движений приведения в коленном суставе после выполнения реконструкции ПКС. По данным другого исследования [Hall M., Stevermer С.А., Gillette J.С. 2012] после реконструкции ПКС уменьшается первая амплитуда сгибания в коленном суставе во время теста ходьбы вниз по лестнице, уменьшение момента разгибания для теста по лестнице, как вверх, так и вниз и увеличение момента разгибания в тазобедренном суставе. Как отмечают исследователи, сила сгибателей коленного сустава была существенно уменьшена. При этом, отличий в кинематике между больной и здоровой стороной не было отмечено.

Таким образом, логический смысл понятия «нестабильность» и имеющаяся информация о функциональных последствиях в результате появления нестабильности КС существенно отличаются и требуют дальнейшего исследования.

Материалы и методы

Всего исследовали 34 пациента с повреждениями передней крестообразной связки (ПКС), из них 11 пациентов – с разрывом ПКС различной давности, и 23 пациента оперированных ранее по поводу реконструкции ПКС. Пациенты с разрывом ПКС составили первую группу, пациенты после реконструкции ПКС – вторую группу. Технику оперативного лечения использовали следующую: стандартная артроскопическая анатомическая реконструкция ПКС аутоплантатом из сухожилий полусухожильной и нежной мышц. Критериями исключения приняли наличие остеоартроза 2 ст. и более по Келгрену, повторные реконструктивные операции на связочном аппарате коленного сустава, травматические полнослойные повреждения суставного хряща более 1 см², повреждения двух и более связок коленного сустава.

Всего в обеих группах мужчин было 22, женщин – 12. При этом, в первой группе коли-

чество мужчин составило 6, а женщин – 5. Во второй группе количество мужчин составило 15, женщин – 8.

Минимальный возраст исследованных пациентов составил 19 лет, максимальный – 58 лет. Минимальный возраст в первой группе – 27 лет, во второй группе – 19 лет. Максимальный возраст в первой группе определяется как 51 года, во второй группе – 58 лет.

Средний возраст пациентов обеих групп составил 35,3 лет. В первой группе средний возраст составил 36,7 лет, во второй – 34,7 лет. Средний возраст мужчин в первой группе составил 38 лет, во второй – 33,8 лет. Средний возраст женщин в первой группе составил 35,2 лет, во второй – 36,4 лет.

Всего в обеих группах исследовали 17 левых коленных суставов и 18 правых. Разница в количестве суставов обусловлена наличием одной пациентки, у которой оперировали и исследовали оба коленных сустава.

Важным фактором, который оценивали у пациентов, является механизм травмы коленного сустава (КС). Выбрали критерий прямая/непрямая травма КС. Всего в обеих группах прямую первичную травму коленного сустава получили 5 пациентов. Остальные 29 пациентов получили травму непрямого характера. Повторную травму коленного сустава получили в различные сроки 11 пациентов, при этом в первой группе таких пациентов было всего 3.

Максимальное время, прошедшее от эпизода травмы до исследования, составило 276 месяцев или 23 года, а минимальное – 1 неделя. Средний промежуток времени от эпизода травмы до исследования составил 46,2 месяца или 3,85 года.

Среднее значение показателя времени, прошедшего от момента травмы до исследования в первой группе, составило 17,7 месяца, при этом минимальное значение составило 1 неделю, а максимальное – 72 месяца или 6 лет. Среднее значение показателя времени, прошедшего от момента травмы до исследования во второй группе пациентов, составило 58,5 месяца или 4,9 года, при этом минимальное значение составило 4 месяца, а максимальное – 276 месяца или 23 года.

Во второй группе исследовали промежуток времени от эпизода травмы до даты оперативного лечения. Среднее значение составило 45,3 месяца, при этом минимум составил 1 мес, а

максимум – 240 месяцев или 20 лет. В группе оперированных пациентов лишь 9 пациентов были прооперированы в течение первого года после травмы, 3 пациентов – в течение второго года после травмы, остальных 11 пациентов оперировали в сроки более 2 лет от даты травмы.

Важным критерием в нашей работе явилась оценка времени, прошедшего от даты операции до момента исследования. Среднее значение этого промежутка составило 13,1 месяца, при этом минимальное значение – 1,5 мес, а максимальное – 66 месяцев или 5,5 лет.

Сопутствующее повреждение мениска в коленном суставе было отслежено у 17 обследованных пациентов (50%), при этом, болевой синдром был выражен только у 16 пациентов; у данной категории больных повреждение мениска не всегда сопровождалось болевым синдромом. Жалобы на нестабильность коленного сустава предъявлял 31 пациент из обследованных, при этом 2 пациента из группы неоперированных пациентов не отмечали какую-либо неустойчивость в коленном суставе.

Исследование биомеханики походки проводилось с помощью безлатформенных инерционных сенсоров (рег. уд. № ФСР 2010/08881). Регистрировались временные характеристики цикла шага, движения в тазобедренных и коленных суставах в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, ударные нагрузки при ходьбе.

Для регистрации сенсоры комплекса в количестве 5 штук фиксировались с помощью специальных манжет на крестце, нижней трети бедра и нижней трети голени левой и правой ноги. После этого производилась регистрация движений и временных характеристик во время ходьбы обследуемых в произвольном темпе на дистанцию 10 метров и при ходьбе в быстром темпе на ту же дистанцию. При необходимости, ходьба повторялась 2-4 раза. В результате регистрации проходов обследуемого на экране компьютера получали гониограммы движений в тазобедренных и коленных суставах в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях, кривые вертикальных ускорений сенсоров, фиксированных на голених. Для последующего анализа по данным акселерометров отмечались циклы шага, после чего производился расчёт средних гониограмм движений в суставах за цикл шага и временные характеристики цикла шага.

Определяли следующие временные характеристики: длительность цикла шага (ЦШ) в секундах, остальные параметры в % от длительности ЦШ – период опоры (ПО), суммарный период двойной опоры (ДО), период одиночной опоры (ОО) и момент начала второй двойной опоры (НВД) (табл. 1).

Движения в суставах анализировались следующим образом: тазобедренный сустав – сгибание-разгибание: отмечались амплитуды максимального сгибания в начале ПО «А1» в градусах и фазу данной амплитуды «Х1 %» в % от ЦШ, амплитуду максимального разгибания «А2» в градусах и ее фазу «Х2 %» в % от ЦШ. Для коленного сустава – сгибание-разгибание аналогичные параметры, где «А1» – амплитуда первого сгибания в ПО, а «А2» – махового сгибания в периоде переноса. Их фазы «Х1 %», «Х2 %» соответственно.

Для движений отведения-приведения и ротации обеих суставов регистрировались максимальная «А1» и минимальная «А2» амплитуды и их фазы «Х1 %», «Х2 %» соответственно.

Ударные нагрузки определялись в начале периода опоры «А1, g» и в периоде переноса «А2, g» (два экстремума), а так же их фазы «Х1 %», «Х2 %» соответственно.

Полученные результаты обработаны стандартными методами вариационной статистики.

Результаты

Временные характеристики ЦШ до и после оперативного лечения имеют нормативные значения без динамики, как на здоровой, так и на поражённой конечности.

На больной стороне имеется увеличение на 4 градуса движений сгибания (А1) после оперативного лечения, но данное отличие не достигает критерия достоверности.

Сгибание-разгибание ТБС на больной стороне в пределах нормы. После лечения суммарное увеличение амплитуды на 6 градусов только на стороне поражения, также отличие не достигает критерия достоверности.

Движения отведения-приведения и ротации в тазобедренных суставах не обнаруживают динамики (табл. 3 и 4).

Движения сгибания-разгибания в коленном суставе в период переноса (А2) показывают тенденцию к увеличению амплитуды, как на больной, так и на здоровой стороне после

проведенного лечения. Однако, отличия недостоверны (табл. 5).

Движения отведения-приведения и ротационные не обнаруживают существенных отличий до и после лечения, как для поражённой, так и для здоровой конечности (табл. 6 и 7).

Ударные нагрузки находятся в пределах 1,6 g, симметричны с обеих сторон, динамика с их стороны после лечения отсутствует (табл. 8).

Обсуждение и выводы

Первое на, что можно обратить внимание – это отсутствие специфической функциональной симптоматики, характерной для повреждения ПКС в нашем исследовании. Данные, которые приводят другие исследователи, несколько противоречат друг другу. Так [Shabani B. et al, 2015] показывают увеличение разгибания в коленном суставе после оперативного лечения, хотя оно и не достигает значения группы нормы. В другой работе [Yim J.H. et al, 2015] больные с подострой фазой дефицита ПКС показали меньшую амплитуду разгибания в середине ПО, чем на здоровой стороне. Амплитуда ротации голени не отличалась от интактной конечности. Увеличение скорости ходьбы никак не провоцировало появление специфической симптоматики. В исследовании [Hart H.F. et al, 2015] отмечается факт увеличения амплитуды сгибания в коленном суставе на стороне поражения в сроки до 6 мес. после операции, в сравнении с нормой.

В нашем исследовании мы подвергли анализу основные амплитуды сгибания коленного сустава в начале ПО и в периоде переноса. Действительно, амплитуда разгибания (в середине ПО) часто уменьшается (сустав остается в несколько согнутом положении) в результате значительного количества патологических процессов в коленном суставе, включая деформирующий остеоартроз [Astephen J.L. et al, 2008; Vytyqi D. et al, 2014]. Поэтому в нашем исследовании мы не измеряли данную амплитуду. Можно отметить лишь, что у значительного числа больных до оперативного лечения некоторое ограничение разгибания в суставе можно было отметить. Но, как уже было сказано ранее, это, обычно, первая находка в изменении функции, что ставит под сомнение ее специфичность.

Ряд исследователей получили данные, которые можно определить, как сходные с нашими. В исследовании [Lewek M. et al, 2002] показа-

Таблица 1

Временные характеристики ЦШ больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	Длит.с.	ПО	ДО	ОО	НВД
Бол. До	1,28±0,13	59,87±0,15	19,79±0,21	39,98±0,14	49,9±0,15
Бол. После	1,28±0,14	59,90±0,28	19,85±0,12	39,97±0,28	49,93±0,36
Здор. До	1,28±0,13	59,77±0,21	19,91±0,13	39,77±0,17	49,70±0,27
Здор. После	1,29±0,14	59,90±0,25	19,89±0,14	39,92±0,21	49,89±0,28

Таблица 2

Амплитудно-фазовые характеристики движений сгибания-разгибания в тазобедренных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	5,64±4,08	20,19±4,85	58,19±2,10	-9,62±5,92
Бол. После	4,15±2,99	24,28±4,50	57,20±2,21	-10,98±5,00
Здор. До	5,95±4,31	23,81±5,30	56,87±2,97	-8,93±4,63
Здор. После	5,80±3,65	23,64±4,34	56,92±2,81	-9,04±4,59

Таблица 3

Амплитудно-фазовые характеристики движений отведения-приведения в тазобедренных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	36,80±21,34	8,95±6,93	74,92±11,91	-1,81±5,29
Бол. После	32,85±17,25	6,14±6,56	76,77±12,10	-2,28±6,26
Здор. До	45,87±16,58	7,76±5,14	78,25±7,81	-3,39±5,26
Здор. После	32,49±18,87	8,49±6,44	72,48±17,70	-1,61±7,41

Таблица 4

Амплитудно-фазовые характеристики движений ротации в тазобедренных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	20,17±23,06	3,43±9,79	53,79±26,88	0,99±7,90
Бол. После	29,26±23,04	2,32±10,28	67,07±19,22	-0,21±7,42
Здор. До	15,44±9,56	0,86±7,65	52,89±24,01	0,82±11,30
Здор. После	19,73±16,54	0,67±7,12	57,57±16,26	2,00±7,87

Таблица 5

Амплитудно-фазовые характеристики движений сгибания-разгибания в коленных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	16,37±3,52	10,39±6,33	74,13±3,90	48,55±13,88
Бол. После	18,93±3,70	10,37±6,98	74,64±1,75	54,10±9,16
Здор. До	14,84±5,56	14,60±6,71	75,49±2,69	50,95±31,41
Здор. После	17,50±2,58	10,65±6,98	75,82±1,83	60,07±5,33

Таблица 6

Амплитудно-фазовые характеристики движений отведения-приведения в коленных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	16,59±21,31	2,65±7,11	74,04±9,33	10,39±11,45
Бол. После	25,13±27,98	0,60±6,01	76,62±9,47	-2,28±14,25
Здор. До	27,98±26,53	1,44±4,78	79,27±7,53	3,43±11,26
Здор. После	23,02±26,38	-1,27±4,48	75,03±11,05	2,57±13,66

Таблица 7

Амплитудно-фазовые характеристики движений ротации в коленных суставах больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, град	X2%	A2, град
Бол. До	17,48±24,51	-1,80±7,34	73,18±18,69	5,94±12,50
Бол. После	22,38±23,87	0,93±9,82	68,87±26,13	1,41±11,94
Здор. До	18,85±25,68	0,12±6,47	69,55±27,12	2,86±12,21
Здор. После	15,43±16,69	3,58±10,57	67,26±22,29	3,77±9,95

Таблица 8

Ударные нагрузки в начале и конце периода опоры больной (Бол.) и здоровой (Здор.) стороны до и после оперативного лечения

Параметр	X1 %	A1, g	X2 %	A2, g
Бол. До	6,62±1,78	-1,61±0,22	73,03±5,05	-0,45±0,25
Бол. После	6,45±2,75	-1,59±0,23	74,00±2,74	-0,32±0,16
Здор. До	6,05±3,17	-1,61±0,25	74,89±3,75	-0,38±0,19
Здор. После	7,35±2,29	-1,64±0,17	75,55±2,46	-0,36±0,17

но, что у пациентов с разрывом ПКС, которые имели сильную четырехглавую мышцу бедра, показатели углов в коленном суставе и моментов сил были неотличимы от здоровой группы. В группе со слабой четырехглавой мышцей бедра демонстрировались меньшие значения углов и моментов сил. В другой работе [DeVita P. et al, 1998] по данным исследования кинематики походки не отмечено отличий в результатах реабилитации больных после повреждения ПКС и здоровыми. В исследовании кинематики движений коленного сустава с полным повреждением ПКС [Heide B. 2013] обнаружены минимальные изменения. Один из существенных симптомов – уменьшение разгибания коленного сустава в середине периода опоры. В другом исследовании [Hall M., Stevermer C.A., Gillette J.C., 2012] на уровне данных кинематики движений в коленных суставах, даже при функциональных тестах (ходьба по лестнице) изменений обнаружено не было.

Отметим, что такой простой функциональный тест, как увеличение темпа ходьбы не позволяет обнаружить специфическую для повреждения ПКС симптоматику [Yim J.H. et al, 2015]. Данный момент представляется важным. Мы также проводили аналогичный тест в рамках представляемой работы с аналогичным результатом. Собственно, по этой причине данные ходьбы в быстром темпе не вошли в настоящую работу. Некоторые объяснения данного явления содержатся в работе [Shabani B. et al, 2014]. Авторы обнаружили, что дефицит в результате повреждения ПКС может быть адаптирован функционально, что позволяет предотвращать переднезадние перемещения, но адаптация не может предотвращать ротационную нестабильность. По нашему предположению, основываясь на данных обследования, при обычной ходьбе не развиваются ротационные усилия в суставах, достаточные для появления избыточных амплитуд. Это хорошо вид-

но из таблицы 7. Имеющиеся незначительные амплитуды движений приходится на период переноса, т.е. свободно висящую голень. Из таблицы можно отметить снижение амплитуды ротации в этот период (А2) на стороне поражения. Однако, данное отличие не достоверно.

В определенной степени, на результат нашего исследования также влияет то, что в этой пилотной работе не было возможности, по фактору времени, выполнить исследование на одной и той же группе больных, а расхождение данных в разных группах должно быть заведомо более высоким.

Таким образом, данное исследование показывает, что временные характеристики ЦШ не имеют существенных изменений по сравнению с нормой [Скворцов Д.В., 2007] и со здоровой конечностью. Несмотря на их чувствительность, функциональные изменения в результате разрыва ПКС не достигают порога, при котором данные параметры реагируют.

По движениям в тазобедренных суставах по основной амплитуде сгибания-разгибания достоверных отличий также не обнаружено. Стабильной остаются и фазы экстремальных амплитуд, как для тазобедренного, так и для коленного сустава. Движения отведения-приведения и, особенно, ротационные, также не показывают существенных отличий, как для тазобедренных, так и для коленных суставов. Но, в данном случае, это больше связано с высоким разбросом данных от одного пациента к другому.

Движения сгибания-разгибания в коленных суставах обнаруживают тенденцию к увеличению амплитуды движений на стороне поражения после проведенного оперативного лечения. При этом, основная, маховая амплитуда (А2) ниже таковой для здоровой стороны.

Другими словами, функциональные изменения кинематики коленного сустава при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе, практически отсутствуют.

Очень интересен результат, полученный для ударных нагрузок, которые регистрировались сенсором, фиксируемым на лодыжках голени. Симметричность не нарушена, ни по амплитуде, ни по фазе (таблица 8). Данный результат пока не представляется возможным сравнить с аналогичными работами, поскольку такая техника измерений начала использоваться относительно недавно и методически

они существенно отличны от применяемой в нашем исследовании [Sinclair J. et al, 2013; Ex-lubeskie С. 2013].

Таким образом, наше исследование показывает, что при ходьбе в обычном темпе по ровной поверхности коленный сустав с поврежденной ПКС не обнаруживает специфической функциональной симптоматики со стороны различных параметров походки и кинематики движений в коленных и тазобедренных суставах. Такой результат даёт основания предполагать, что ПКС при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе и сохранённой функции мышц не включается в процесс стабилизации КС в переднее-заднем направлении. Поэтому, для обнаружения специфической симптоматики повреждения ПКС необходима разработка специальных двигательных тестов-провокаторов.

Что касается собственно нестабильности КС, как понятия, то в данном исследовании мы не получили больших амплитуд во фронтальной и поперечной плоскости в поражённом КС до операции. Из анамнеза пациентов очевидно, что ощущение неустойчивости в повреждённом КС является последствием неконтролируемых смещений во время ряда движений, а также потери проприоцептивного поля в виде работающей ПКС. У обследованных нами пациентов мы не обнаружили симптомов активной нестабильности по [Heide В. 2013]. Возможно, что данный вид нестабильности является казуистическим или крайним вариантом. Пациент на основании уже имеющегося у него опыта сам пытается избегать ситуаций, когда нестабильность может себя проявить. В том числе, и при обычной ходьбе включаются дополнительные механизмы самоконтроля, что подтверждают исследования [Andriacchi Т.Р., Dyrby С.О., 2005; Gao В., Zheng N.N., 2010], демонстрирующие уменьшение «паразитных» движений в повреждённом КС. Поэтому данное исследование не имеет доказательств в отношении термина «нестабильность» КС, как состояния избыточных движений. Скорее приходится говорить о некой тактике двигательного поведения больных с целью избежать таких или несвойственных в КС движений. В любом случае, термин «нестабильность» приобрёл широкое употребление в ортопедической среде и нуждается в точной конкретизации.

Литература:

1. Котельников Г.П., Чернов А.П., Измалков С.Н. Нестабильность коленного сустава. Самара. 2001. 229 с.
2. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. Т.М. Андреева, М.: 2007. – 640 с.: ил.
3. Joseph A.M., Collins C.L., Henke N.M., Yard E.E., Fields S.K., Comstock R.D. A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. // Journal of Athletic Training 2013;48(6):810–817.
4. Andriacchi T.P., Dyrby C.O. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. J Biomech. 2005 Feb;38(2):293-8.
5. Astephen J.L., Deluzio K.J., Caldwell G.E., Dunbar M.J. Biomechanical changes at the hip, knee, and ankle joints during gait are associated with knee osteoarthritis severity. J.OrthopRes. 2008 Mar; 26(3): 332-41.
6. Bytyqi D., Shabani B., Lustig S., Cheze L., KarahodaGjurgjeala N., Neyret P. Gait knee kinematic alterations in medial osteoarthritis: three dimensional assessment. IntOrthop. 2014 Jun; 38(6):1191-8.
7. Cross M.J. Clinical Terminology for Describing Knee Instability. // Sports Medicine and Arthroscopy Reviews 1996 ;4:313-18.
8. DeVita P., Hortobagyi T., Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. Med-SciSportsExerc. 1998 Oct;30(10):1481-8.
9. Gao B., Zheng N.N. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and -reconstructed knees during walking. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2010 Mar;25(3):222-9.
10. Hall M., Stevermer C.A., Gillette J.C. Gait analysis post anterior cruciate ligament reconstruction: knee osteoarthritis perspective. GaitPosture. 2012 May;36(1):56-60.
11. Hart H.F., Collins N.J., Ackland D.C., Cowan S.M., Crossley K.M. Gait Characteristics of People With Lateral Knee OA After ACL Reconstruction. Med Sci Sports Exerc. 2015 Nov;47(11):2406-15.
12. Heide B. Evaluation and characterization of knee joint instability in ACL deficient patients. Ph.D. Dissertation, Berlin University, 2013.
13. Lewek M., Rudolph K., Axe M., Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. ClinBiomech (Bristol, Avon). 2002 Jan;17(1):56-63.
14. Shabani B., Bytyqi D., Lustig S., Cheze L., Bytyqi C., Neyret P. Gait knee kinematics after ACL reconstruction: 3D assessment. IntOrthop. 2015 Jun; 39(6):1187-93.
15. Yim J.H., Seon J.K., Kim Y.K., Jung S.T., Shin C.S., Yang D.H., Rhym I.S., Song E.K. Anterior translation and rotational stability of anterior cruciate ligament-deficient knees during walking: speed and turning direction. JOrthopSci. 2015 Jan;20(1):155-62.

Информация об авторах:

Загородний Николай Васильевич – заведующий кафедрой травматологии и ортопедии РУДН, д.м.н., профессор, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, Заслуженный деятель науки Российской Федерации

Скворцов Дмитрий Владимирович – д.м.н., зав. лабораторией клинического анализа движений (биомеханики) Центра реабилитации и спортивной медицины ФНКЦ ФМБА России, профессор кафедры реабилитации и спортивной медицины РНИМУ им. Н.И. Пирогова.

Ахпашев Александр Анатольевич – к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и артрологии ФПК МР РУДН, Тел.: +79255448851, e-mail: akhpashev@yandex.ru.

Кауркин Сергей Николаевич – н.с. лаборатории клинического анализа движений (биомеханики) Центра реабилитации и спортивной медицины ФНКЦ ФМБА России