

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

А.А. Ахпашев², Н.В. Загородний², А.С. Канаев², С.Н. Кауркин¹, Д.В. Скворцов¹

¹ Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России, Ореховый бульвар, д. 28, Москва, Россия, 115682

² ФГАОУ ВПО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

Реферат

Целью данной работы является изучение движений в коленном суставе во время ходьбы до и после оперативного восстановления передней крестообразной связки (ПКС) для определения развивающихся функциональных нарушений.

Материал и методы. Изучены временные, кинематические и динамические параметры походки у 34 пациентов с верифицированным разрывом ПКС, в том числе у 11 пациентов до хирургического лечения (первая группа) и у 23 – после его выполнения (вторая группа). 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). Пациентам второй группы выполнялась стандартная артроскопическая анатомическая реконструкция ПКС аутотрансплантатом из сухожилий полусухожильной и нежной мышц. Исследование биомеханики походки проводили с помощью безплатформенных инерционных сенсоров, которые регистрируют углы поворота в пространстве. Регистрировали временные характеристики цикла шага, движения в тазобедренных и коленных суставах в трех взаимноперпендикулярных плоскостях, ударные нагрузки при ходьбе.

Результаты. Временные характеристики цикла шага в группах до и после оперативного лечения имели нормативные значения как на здоровой, так и на пораженной сторонах. Движения в тазобедренных и коленных суставах были в пределах нормы, достоверные отличия в одноименных показателях для каждой конечности не обнаружены. Ударные нагрузки при ходьбе находились в пределах 1,6 g и были симметричны с обеих сторон. Их динамика в группе пациентов после оперативного лечения отсутствовала. Результаты исследования не выявили специфичных для повреждения ПКС функциональных расстройств при произвольной ходьбе по ровной поверхности как при сравнении с нормой, так и со здоровой конечностью. Однако обнаружена тенденция к увеличению амплитуды движений в коленном суставе после восстановления ПКС. Полученные отличия не достигают уровня достоверности.

Выводы. В первой группе больных с разрывом ПКС не обнаружено специфичных функциональных симптомов нестабильности коленного сустава в условиях обычной функциональной активности. Это означает, что, с одной стороны, повреждение ПКС в этих условиях себя не проявляет, с другой, что при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе нестабильность коленного сустава не развивается. Данный результат даёт основания к ревизии самого понятия «нестабильность коленного сустава».

Ключевые слова: коленный сустав, разрыв передней крестообразной связки, биомеханика ходьбы.

Введение

Повреждения коленного сустава были и остаются одной из самых распространенных травм опорно-двигательного аппарата человека, приводящих к снижению качества жизни и физических возможностей пациентов, последующему развитию дегенеративных изменений не только коленного сустава, но и смежных сегментов конечности [18].

Одной из частых травм коленного сустава 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 [6, 13, 24, 26].

Ахпашев А.А., Загородний Н.В., Канаев А.С., Кауркин С.Н., Скворцов Д.В. Функция коленного сустава во время ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава до и после оперативного лечения. *Травматология и ортопедия России.* 2016; 22(2):15-24.

Ахпашев Александр Анатольевич. Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198; e-mail: akhpashev@yandex.ru

Рукопись поступила: 11.01.2016; принята в печать: 16.03.2016

За последние 15–20 лет качество и технологичность оперативного лечения ПКС выросли. Произошел качественный скачок, накоплен опыт применения различных имплантатов, фиксаторов, ауто- и аллопластических материалов [9, 22, 25].

Одним из показаний для реконструкции ПКС является наличие такой специфической жалобы пациентов, как неустойчивость в коленном суставе. Конечно, нестабильность возникает при повреждениях различных связок коленного сустава. По данным некоторых авторов, изолированное повреждение ПКС является более частой травмой (86% травм связочного аппарата коленного сустава), нежели разрыв нескольких связок [5, 11, 27]. Нестабильность коленного сустава может возникать в разных условиях, при различных физических нагрузках и движениях. Существуют различные варианты классификации нестабильности коленного сустава в зависимости от поврежденных анатомических структур.

J. Hughston с соавторами [16] предлагают следующую классификацию нестабильности коленного сустава:

Линейная нестабильность:

- 1) медиальная нестабильность;
- 2) латеральная нестабильность;
- 3) задняя нестабильность;
- 4) передняя нестабильность.

Ротационная нестабильность:

- 1) антеромедиальная;
- 2) антеролатеральная;
- 3) постеролатеральная;
- 4) комбинированная.

Имеются и различные трактовки понятия нестабильности [1, 11, 21]. M.J. Cross описывает состояние нестабильности коленного сустава с точки зрения биомеханики: амплитуда движений, физиологическая гибкость, патологическая гибкость или гипермобильность, нестабильность, потеря функции или потеря дееспособности [11].

Собственно нестабильность коленного сустава как термин и как определение клинического состояния имеет различные интерпретации. Варианты лежат между увеличением амплитуды движений, превышающим 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, не свойственных для него, или увеличение свойственных ему движений

выше нормы. При этом различают пассивную и активную нестабильность [21]. 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, с применением теста «переднего выдвигающего ящика», или инструментально, например, посредством артрометра КТ-1000. 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 повреждении ПКС [5, 15]. Это не единственные исследования, в которых отмечается именно уменьшение амплитуды смещений или обычных движений в коленном суставе. Пациенты с разрывом ПКС используют стратегию ходьбы с уменьшением разгибания коленного сустава [21]. Аналогичные данные M. Lewek с соавторами обнаружили и у больных после реконструкции ПКС [17]. По данным другого исследования, после реконструкции ПКС уменьшается первая амплитуда сгибания в коленном суставе во время теста ходьбы вниз по лестнице, уменьшается момент разгибания при ходьбе по лестнице как вверх, так и вниз, и увеличивается момент разгибания в тазобедренном суставе. Как отмечают исследователи, сила сгибателей коленного сустава существенно уменьшается. При этом отличий в кинематике между больной и здоровой сторонами выявлено не было [19].

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

Для изучения функции коленного сустава основными являются объективные методы регистрации биомеханических параметров [3, 4]. Необходимо отметить, что имеющиеся традиционные клинические инструменты и шкалы не заменяют информацию, получаемую посредством биомеханического исследования [2].

Целью данной работы является изучение движений в коленном суставе во время ходьбы до и после оперативного восстановления ПКС для определения развивающихся функциональных нарушений.

Материал и методы

Всего было исследовано 34 пациента с повреждениями передней крестообразной связки на базе ФНКЦ ФМБА (Москва), из них 11 пациентов с разрывом ПКС различной давности, а 23 пациента, оперированных ранее по поводу реконструкции ПКС. Пациенты с разрывом ПКС составили первую группу, пациенты после реконструкции ПКС – вторую группу. Пациентам второй группы была выполнена стандартная артроскопическая анатомическая реконструкция ПКС аутоотрансплантатом из сухожилий полусухожильной и нежной мышц. Критериями исключения были наличие остеоартроза 2 ст. и более по Kellgren, 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 количество мужчин составило 6, а женщин 5. Во второй группе мужчин было 15, женщин – 8.

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. Выбрали критерий прямая/непрямая травма. 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 мес. (23 года), а минимальное – 1 неделя. Средний промежуток времени от эпизода травмы до исследования составил 46,2 мес. (3,85 года).

Среднее значение показателя времени, прошедшего от момента травмы до исследования, в первой группе составило 17,7 мес., при этом минимальное значение составило 1 неделю, а максимальное – 72 мес. (6 лет). Среднее значение показателя времени, прошедшего от момента

травмы до исследования во второй группе пациентов, составило 58,5 мес. (4,9 года), при этом минимальное значение составило 4 мес., а максимальное – 276 мес. (23 года).

Во второй группе пациентов исследовали промежуток времени от эпизода травмы до даты оперативного лечения. Среднее значение составило 45,0 мес., при этом минимум составил 1 мес., а максимум – 240 мес. (20 лет). В группе оперированных пациентов лишь 9 пациентов оперированы в течение первого года после травмы, 3 пациента 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 мес., при этом минимальное значение – 1,5 мес., а максимальное – 66 мес.

Сопутствующее повреждение мениска в коленном суставе было отслежено у 17 (50%) обследованных пациентов, 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 предъявляли 31 пациент из обследованных, при этом 2 пациента из группы неоперированных пациентов не жаловались на какую-либо неустойчивость в коленном суставе.

Исследование биомеханики походки проводили с помощью безплатформенных инерционных сенсоров «Траст-М» (ООО «Неврокор»). Регистрировали временные характеристики цикла шага, движения в тазобедренных и коленных суставах в трех взаимноперпендикулярных плоскостях, ударные нагрузки при ходьбе. Для регистрации сенсоры комплекса в количестве 5 штук фиксировали с помощью специальных манжет на крестце, в нижней трети бедра и нижней трети голени левой и правой конечностей (рис.). После этого производили регистрацию движений и временных характеристик во время ходьбы обследуемых в произвольном темпе на дистанцию 10 метров и ходьбе в быстром темпе на ту же дистанцию. При необходимости, ходьбу повторяли 2–4 раза. Для последующего анализа по данным акселерометров отмечали циклы шага, после чего производили расчёт средних гониограмм движений в суставах за цикл шага и временные характеристики цикла шага. В результате получали гониограммы движений в тазобедренных и коленных суставах в трёх взаимноперпендикулярных плоскостях, кривые вертикальных ускорений сенсоров, фиксированных на голени.



Рис. Исследование биомеханики походки с помощью безплатформенных инерционных сенсоров «Траст-М» (ООО «Неврокор»)

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

Движения в суставах анализировали следующим образом. В тазобедренном суставе при сгибании-разгибании регистрировались амплитуды максимального сгибания в начале периода опоры «А1» в градусах и фаза данной амплитуды «Х1 %» в процентах от цикла шага, амплитуда максимального разгибания «А2» в градусах и ее фаза «Х2 %» в процентах от цикла шага. Для коленного сустава регистрировали аналогичные параметры при сгибании-разгибании, где «А1» – амплитуда первого сгибания в ПО, а «А2» – амплитуда махового сгибания в периоде переноса и 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 в таблице Microsoft Excel. Проводилась оценка по сравнению с нормативными значениями [2] и одноимёнными показателями для больной и здоровой сторон. Различия между исследуемыми группами считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Временные характеристики ЦШ до и после оперативного лечения имеют нормативные значения без динамики, как на здоровой, так и на поражённой конечности (табл. 1).

На больной стороне после оперативного лечения сгибание (А1) увеличилось на 4° (табл. 2), но данное отличие не является статистически значимым ($p > 0,05$).

Сгибание и разгибание в тазобедренном суставе на больной стороне было в пределах нормы. После лечения суммарное увеличение амплитуды на 6° градусов наблюдалось только на стороне поражения ($p > 0,05$).

Движения отведения-приведения и ротации в тазобедренных суставах не обнаружили динамики и статистически значимых изменений ($p > 0,05$), поэтому их показатели не приводятся.

Движения сгибания и разгибания в коленном суставе в период переноса (А2) показали тенденцию к увеличению амплитуды как на больной, так и на здоровой сторонах после проведенного лечения ($p > 0,05$) (табл. 3).

Таблица 1

Временные характеристики цикла шага до и после оперативного лечения, процент от длительности цикла шага

Параметр	Больная сторона		Здоровая сторона	
	до операции	после операции	до операции	после операции
Длительность цикла шага, сек.	1,28±0,13	1,28±0,14	1,28±0,13	1,29±0,14
ПО	59,87±0,15	59,90±0,28	59,77±0,21	59,90±0,25
ДО	19,79±0,21	19,85±0,12	19,91±0,13	19,89±0,14
ОО	39,98±0,14	39,97±0,28	39,77±0,17	39,92±0,21
НВД	49,9±0,15	49,93±0,36	49,70±0,27	49,89±0,28

Таблица 2

Амплитудно-фазовые характеристики движений сгибания-разгибания в тазобедренных суставах до и после оперативного лечения

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

Таблица 3

Амплитудно-фазовые характеристики движений сгибания-разгибания в коленных суставах до и после оперативного лечения

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

Движения отведения-приведения и ротации не обнаружили существенных отличий до и после лечения как для пораженной, так и для здоровой конечностей (табл. 4, 5).

Ударные нагрузки находились в пределах 1,6 g, были симметричны с обеих сторон, динамика с их стороны после лечения отсутствовала (табл. 6).

Таблица 4

Амплитудно-фазовые характеристики движений отведения-приведения в коленных суставах до и после оперативного лечения

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

Таблица 5

Амплитудно-фазовые характеристики движений ротации в коленных суставах до и после оперативного лечения.

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

Ударные нагрузки в начале и конце периода опоры до и после оперативного лечения

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

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 В. Muller с соавторами выявили увеличение разгибания в коленном суставе после оперативного лечения, хотя оно и не достигало значения нормы [24]. В исследовании J.H. Yim с соавторами 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 [30]. Увеличение скорости ходьбы никак не провоцировало появления специфической симптоматики. Н.Ф. Hart с соавторами отмечают факт увеличения амплитуды сгибания в коленном суставе на стороне поражения в сроки до 6 мес. после операции в сравнении с нормой [20].

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 несколько в согнутом положении) в результате значительного количества патологических процессов в коленном суставе, включая деформирующий остеоартроз [8]. Поэтому в нашем исследовании мы не измеряли данную амплитуду. Можно лишь отметить, что у значительного числа больных до оперативного лечения наблюдалось некоторое ограничение разгибания в суставе.

Ряд исследователей получили данные, сходные с нашими результатами. Н. Kazusa с соавторами показали, что у пациентов с разрывом ПКС, которые имели сильную четырехглавую мышцу бедра, амплитуда в коленном суставе при ходьбе и моменты сил были такими же, как у здоровых людей в контрольной группе [22]. В группе обследуемых со слабой четырехглавой

мышцей бедра наблюдались меньшие значения углов и моментов сил. В другом исследовании авторы не обнаружили отличий между пациентами с повреждениями ПКС после реабилитации и здоровыми людьми [13]. Н.Ф. Hart с соавторами обнаружили минимальные изменения кинематики коленного сустава у пациентов с полным повреждением ПКС. Один из существенных симптомов – уменьшение разгибания коленного сустава в середине периода опоры [21]. Однако М. Hall с соавторами не выявили изменений в кинематике движений в коленных суставах даже при функциональных тестах (ходьба по лестнице) [19].

Отметим, что такой простой функциональный тест, как увеличение темпа ходьбы, не позволяет обнаружить специфическую для повреждения ПКС симптоматику [30]. Данный момент представляется важным. Мы так же проводили аналогичный тест в рамках нашей работы с аналогичным результатом. Собственно, по этой причине результаты ходьбы в быстром темпе не вошли в эту работу.

Функциональная недостаточность в результате повреждения ПКС может быть адаптирована [24], что позволяет предотвращать переднезадние перемещения, но адаптация не может предотвращать ротационную нестабильность. Основываясь на данных нашего исследования, можно предположить, что при обычной ходьбе в суставах не развиваются ротационные усилия, достаточные для появления избыточных амплитуд. Это хорошо демонстрируют данные, представленные в таблице 5. Имеющиеся незначительные амплитуды движений, приходится на период переноса, т.е. свободно висющую голень. При этом можно отметить снижение амплитуды ротации в период переноса (A2) на стороне поражения. Однако данное отличие не достоверно.

В определенной степени на результаты нашего исследования повлияло отсутствие возможности 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 [2] и со здоровой конечностью. Несмотря на их чувствительность, функциональные изменения в результате разрыва ПКС не достигают порога, при котором данные параметры реагируют на недостаточность связочного аппарата, по крайней мере, при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе.

Анализ амплитуды движений при сгибании-разгибании в тазобедренных суставах статистически значимых отличий не выявил. Стабильной остаются и фазы экстремальных амплитуд как для тазобедренного, так и для коленного суставов. Движения отведения-приведения и, особенно, ротационные так же не показывают существенных отличий как в тазобедренных, так и в коленных суставах. Но в данном случае это больше было связано с большими различиями данных у разных пациентов.

Движения сгибания-разгибания в коленных суставах показали тенденцию к увеличению амплитуды движений на стороне поражения после проведенного оперативного лечения. При этом основная амплитуда в периоде переноса (A2) была ниже таковой на здоровой стороне. Другими словами, изменения в кинематике коленного сустава при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе практически отсутствуют.

Очень интересен результат, полученный при ударных нагрузках, которые регистрировались сенсором, фиксируемым на лодыжках голени. Симметричность была не нарушена ни по амплитуде, ни по фазе (см. табл. 6). Данный результат не представляется возможным сравнить с аналогичными работами [29], поскольку мы в настоящем исследовании использовали несколько иные методики и технику.

Таким образом, данное исследование показало, 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 основание предполагать, что ПКС при ходьбе по ровной поверхности в произвольном темпе и сохранённой функции мышц не включается в процесс стабилизации коленного сустава в передне-заднем направлении. Поэтому для обнаружения специфической симптоматики повреждения ПКС необходима разработка специальных двигательных тестов-провокаторов.

В отношении понятия «нестабильность коленного сустава» можно добавить следующее.

В данном исследовании мы не получили больших амплитуд во фронтальной и поперечной плоскостях в поражённом КС до операции. Из анамнеза пациентов видно, что ощущение неустойчивости в повреждённом КС является последствием неконтролируемых смещений во время ряда движений, а так же потери проприоцептивного поля в виде работающей ПКС. У обследованных нами пациентов мы не обнаружили симптомов активной нестабильности по В. Heide [21]. 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 проявлять. В том числе при обычной ходьбе включаются дополнительные механизмы самоконтроля, что подтверждают исследования, демонстрирующие уменьшение «паразитных» движений в повреждённом КС [5, 15]. Поэтому данное исследование не выявило доказательств в отношении термина «нестабильность» КС как состояния избыточных движений. Скорее приходится говорить о некой тактике двигательного поведения больных с целью избежать несвойственных для КС движений. В любом случае термин «нестабильность» приобрёл широкое распространение в ортопедической среде и нуждается в точной конкретизации.

Таким образом, выполненное нами исследование не обнаружило функциональных симптомов нестабильности КС в результате разрыва ПКС при ходьбе в произвольном темпе по ровной поверхности. Сам термин «нестабильность» нуждается в дополнительной конкретизации.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: фонд ФМБА.

Литература

1. Котельников Г.П., Чернов А.П., Измалков С.Н. Нестабильность коленного сустава. Самара; 2001. 229 с.
2. Скворцов Д.В., Андреева Т.М. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. М.; 2007. 640 с.
3. Арьков В.В., Калинин Л.А., Миленин О.Н., Тоневицкий А.Г. Стабило- и тензометрия при травме нижних конечностей спортсмена. *Вестник спортивной науки*. 2008; (2):30-34.
4. Ромакина Н.А., Федонников А.С., Киреев С.И., Бахтеева Н.Х., Норкин И.А. Использование методов биомеханики в оценке состояния и коррекции патологии опорно-двигательной системы (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2015; 11(3): 310-316.
5. Agel J., Arendt E.A., Bershadsky B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med*. 2005; 33(4):524-530.

6. Andersson C., Odensten M., Good L., Gillquist J. Surgical or non-surgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament. A randomized study with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1989; 71:965-974.
7. Andriacchi T.P., Dyrby C.O. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech.* 2005; 38(2):293-298.
8. 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 Orthop Res.* 2008; 26(3):332-341.
9. Bottoni C.R., Smith E.L., Shaha J., Shaha S.S., Raybin S.G., Tokish J.M., Rowles D.J. Autograft Versus Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Clinical Study With a Minimum 10-Year Follow-up. *Am J Sports Med.* 2015; 43(10):2501-2509.
10. Bytyqi D., Shabani B., Lustig S., Cheze L., Karahoda Gjurgjeala N., Neyret P. Gait knee kinematic alterations in medial osteoarthritis: three dimensional assessment. *Int Orthop.* 2014; 38(6):1191-1198.
11. Clayton R.A., Court-Brown C.M. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury.* 2008; 39:1338-1344.
12. Cross M.J. Clinical Terminology for Describing Knee Instability. *Sports Medicine and Arthroscopy Reviews.* 1996; 4:313-318.
13. Delincé P., Ghafil D. Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20(1):48-61.
14. DeVita P., Hortobagyi T., Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(10): 1481-1488.
15. 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; 25(3):222-229.
16. Hughston J.C., Andrews J.R., Cross M.J., Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am.* 1976; 58(2):159-172.
17. Georgios B., Evaggelos S., Athanasios T., Efthimios S., Athanasios P., Argyrios M. Knee Joint Mobility during Straight and Circular Gait after ACL Reconstruction. *J Nov Physiother.* 2015; 5:3.
18. 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. *J Athletic Training.* 2013; 48(6):810-817.
19. Hall M., Stevermer C.A., Gillette J.C. Gait analysis post anterior cruciate ligament reconstruction: knee osteoarthritis perspective. *Gait Posture.* 2012; 36(1):56-60.
20. 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; 47(11):2406-2415.
21. Heide B. Evaluation and characterization of knee joint instability in ACL deficient patients. Ph.D. Dissertation, Berlin University, 2013.
22. Kazusa H., Nakamae A., Ochi M. Augmentation technique for anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med.* 2013; 32(1):127-140.
23. Lewek M., Rudolph K., Axe M., Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002; 17(1):56-63.
24. Muller B., Hofbauer M., Wongcharoenwatana J., Fu F.H. Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *Int Orthop.* 2013; 37(2): 239-246.
25. Nasert M.A., Barber F.A. Biomechanical Strength and Elongation of the T-Block Modification for Bone-Patella Tendon-Bone Allografts. *Arthroscopy.* 2016 May 4. pii: S0749-8063(16)00141-9.
26. Pujol N., Colombet P., Cucurulo T., Graveleau N., Hulet C., Panisset J.C., Potel J.F., Servien E., Sonnery-Cottet B., Trojani C., Djian P. Natural history of partial anterior cruciate ligament tears: a systematic literature review; French Arthroscopy Society (SFA). *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012; 98(8 Suppl): S160-164.
27. Rosa B.B., Asperti A.M., Helito C.P., Demange M.K., Fernandes T.L., Hernandez A.J. Epidemiology of sports injuries on collegiate athletes at a single center. *Acta Ortop Bras.* 2014; 22(6):321-324.
28. Shabani B., Bytyqi D., Lustig S., Cheze L., Bytyqi C., Neyret P. Gait knee kinematics after ACL reconstruction: 3D assessment. *Int Orthop.* 2015; 39(6):1187-1193.
29. Sinclair J., Hobbs S.J., Protheroe L., Edmundson C.J., Greenhalgh A. Determination of gait events using an externally mounted shank accelerometer. *J Appl Biomech.* 2013; 29(1):118-122.
30. 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. *J Orthop Sci.* 2015; 20 (1):155-162.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ахпашев Александр Анатольевич – канд. мед. наук доцент кафедры травматологии, ортопедии и артрологии факультета повышения квалификации медицинских работников ФГАОУ ВПО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России

Загородний Николай Васильевич – д-р мед. наук, профессор заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Медицинского института ФГАОУ ВПО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России

Канаев Алексей Семенович – д-р мед. наук, профессор заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и артрологии факультета повышения квалификации медицинских работников ФГАОУ ВПО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России

Кауркин Сергей Николаевич – научный сотрудник центра спортивной медицины и реабилитации Федерального научно-клинического центра ФМБА РФ

Скворцов Дмитрий Владимирович – д-р мед. наук, профессор руководитель центра спортивной медицины и реабилитации Федерального научно-клинического центра ФМБА РФ

KNEE JOINT GAIT FUNCTION IN PATIENTS WITH ACL RUPTURE BEFORE AND AFTER THE SURGERY

A.A. Akhpashev², N.V. Zagorodniy², A.S. Kanaev², S.N. Kaurkin¹, D.V. Skvortsov¹

¹ Federal Clinical Research Center FMBA of Russia, Orekhovyy bul'var, 28, Moskva, Russia, 115682

² Peoples' Friendship University of Russia, ul. Miklukho-Maklaya, 6, Moskva, Russia, 117198

Abstract

Materials and methods. The authors studied gait biomechanics in respect of time, velocity and dynamics in 34 patients with verified ACL rupture including 11 patients (first group) before the surgery and 23 patients (second group) after the surgery. Patients of the first group were followed in the period from 1 week up to 6 years (mean – 18 months), of the second group – from 1.5 months up to 5.5 years (mean – 13 months). Patients of the second group underwent standard arthroscopic ACL reconstruction with semitendinous and gracilis tendon autograft.

Biomechanical gait examination was performed using strap down inertial motion sensors that register rotation angles in space. The authors measured time phases of gait cycle, movements in hip and knee joints in three mutually perpendicular planes as well as walking shock load.

Results. Time phases of gait cycle in both groups demonstrated normal values both on healthy and affected limbs. Movements in hip and knee joints were within the normal range, no reliable differences in the analogous indices for each limb were reported. Shock load in walking was registered within 1.6 g, symmetrical on both sides; shock load dynamics was absent in the group of patients after the surgery. Study results did not identify functional disorders during random flat surface walking that would be specific for ACL lesion as compared to normal values and to intact limb. However, a certain tendency was observed towards an increase of flexion-extension movement range in the knees following ACL reconstruction. The reported differences were not credible.

Conclusion. The authors did not observe any specific functional knee joint instability during normal activities in the first group of patients with ACL rupture. On the one hand, that means that ACL lesion does not manifest in such circumstances, on the other - knee joint instability does not progress during flat surface walking at a random pace. The obtained results give certain ground to reconsider the concept of “knee joint instability”.

Keywords: knee joint, anterior cruciate ligament, gait biomechanics.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: FMBA fund.

References

- Kotel'nikov GP, Chernov AP, Izmalkov SN. Nestabil'nost' kolennogo sustava [Knee instability]. Samara; 2001. 229 p. (in Russ.)
- Skvortsov DV, Andreeva TM. Diagnostika dvigatel'noj patologii instrumental'nymi metodami: analiz pohodki, stabilometrija [Diagnosis of motor pathology with instrumental methods: gait analysis, stabilometry]. M.; 2007. 640 p. (in Russ.)
- Ar'kov VV, Kalinkin LA, Milenin ON, Tonevickij AG. [Stabilometry and tensometry in athletes with lower extremities trauma]. *Vestnik sportivnoj nauki* [Journal of Sports Science]. 2008; (2):30-34. (in Russ.)
- Romakina NA, Fedonnikov AS, Kireev SI, Bahteeva NH, Norkin IA. [The use of biomechanics in the assessment and correction of musculoskeletal system disease (review)]. *Saratovskiy nauchno-medicinskiy zhurnal* [Saratov Scientific Medical Journal]. 2015; 11 (3):310-316. (in Russ.)
- Agel J, Arendt EA, Bershsky B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med.* 2005; 33(4):524-530.
- Andersson C, Odensten M, Good L, Gillquist J. Surgical or non-surgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament. A randomized study with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1989; 71:965-974.
- Andriacchi TP, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech.* 2005; 38(2): 293-298.
- Astephen JL, Deluzio KJ, Caldwell GE, Dunbar MJ. Biomechanical changes at the hip, knee, and ankle joints during gait are associated with knee osteoarthritis severity. *J Orthop Res.* 2008; 26(3):332-341.
- Bottoni CR, Smith EL, Shaha J, Shaha SS, Raybin SG, Tokish JM, Rowles DJ. Autograft Versus Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Clinical Study With a Minimum 10-Year Follow-up. *Am J Sports Med.* 2015; 43(10): 2501-2509.
- Bytyqi D, Shabani B, Lustig S, Cheze L, Karahoda Gjurgjeala N, Neyret P. Gait knee kinematic alterations

Cite as: Akhpashev AA, Zagorodniy NV, Kanaev AS, Kaurkin SN, Skvortsov DV. [Knee joint gait function in patients with ACL rupture before and after the surgery]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii.* 2016; 22(2): 15-24. (in Russ.)

✉ Akhpashev Alexander A. Ul. Miklukho-Maklaya, 6, Moskva, Russia, 117198; e-mail: akhpashev@yandex.ru

1 Received: 11.01.2016; Accepted for publication: 16.03.2016

- in medial osteoarthritis: three dimensional assessment. *Int Orthop*. 2014; 38(6):1191-1198.
11. Clayton RA, Court-Brown CM. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury*. 2008; 39:1338-1344.
 12. Cross MJ. Clinical Terminology for Describing Knee Instability. *Sports Medicine and Arthroscopy Reviews*. 1996; 4:313-318.
 13. Delincé P, Ghafil D. Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20(1):48-61.
 14. DeVita P, Hortobagyi T, Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30(10): 1481-1488.
 15. Gao B, Zheng NN. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees during walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010; 25(3):222-229.
 16. Hughston J.C., Andrews J.R., Cross M.J., Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am*. 1976; 58(2):159-172.
 17. Georgios B, Evaggelos S, Athanasios T, Efthimios S, Athanasios P, Argyrios M. Knee Joint Mobility during Straight and Circular Gait after ACL Reconstruction. *J Nov Physiother*. 2015; 5:3.
 18. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. *J Athletic Training*. 2013; 48(6):810-817.
 19. Hall M, Stevermer CA, Gillette JC. Gait analysis post anterior cruciate ligament reconstruction: knee osteoarthritis perspective. *Gait Posture*. 2012; 36(1): 56-60.
 20. Hart HF, Collins NJ, Ackland DC, Cowan SM, Crossley KM. Gait Characteristics of People With Lateral Knee OA After ACL Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47(11):2406-2415.
 21. Heide B. Evaluation and characterization of knee joint instability in ACL deficient patients. Ph.D. Dissertation, Berlin University, 2013.
 22. Kazusa H, Nakamae A, Ochi M. Augmentation technique for anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med*. 2013; 32(1):127-140.
 23. Lewek M, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002; 17(1):56-63.
 24. Muller B, Hofbauer M, Wongcharoenwatana J, Fu FH. Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *Int Orthop*. 2013; 37(2): 239-246.
 25. Nasert MA, Barber FA. Biomechanical Strength and Elongation of the T-Block Modification for Bone-Patella Tendon-Bone Allografts. *Arthroscopy*. 2016 May 4. pii: S0749-8063(16)00141-9.
 26. Pujol N, Colombet P, Cucurulo T, Graveleau N, Hulet C, Panisset JC, Potel JF, Servien E, Sonnery-Cottet B, Trojani C, Djian P. Natural history of partial anterior cruciate ligament tears: a systematic literature review; French Arthroscopy Society (SFA). *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012; 98(8 Suppl):S160-164.
 27. Rosa BB, Asperti AM, Helito CP, Demange MK, Fernandes TL, Hernandez AJ. Epidemiology of sports injuries on collegiate athletes at a single center. *Acta Ortop Bras*. 2014; 22(6):321-324.
 28. Shabani B, Bytyqi D, Lustig S, Cheze L, Bytyqi C, Neyret P. Gait knee kinematics after ACL reconstruction: 3D assessment. *Int Orthop*. 2015; 39(6):1187-1193.
 29. Sinclair J, Hobbs SJ, Protheroe L, Edmundson CJ, Greenhalgh A. Determination of gait events using an externally mounted shank accelerometer. *J Appl Biomech*. 2013; 29(1):118-122.
 30. Yim JH, Seon JK, Kim YK, Jung ST, Shin CS, Yang DH, Rhym IS, Song EK. Anterior translation and rotational stability of anterior cruciate ligament-deficient knees during walking: speed and turning direction. *J Orthop Sci*. 2015; 20 (1):155-162.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Akhpashev Alexander A. – adjunct-professor of chair of traumatology, orthopedics and arthrology Peoples' Friendship University of Russia

Zagorodniy Nikolay V. – professor, chief of chair of traumatology and orthopedics Peoples' Friendship University of Russia

Kanaev Alexey S. – professor, chief of chair of traumatology, orthopedics and arthrology Peoples' Friendship University of Russia

Kaurkin Sergey N. – research assistant, Federal Clinical Research Center FMBA of Russia

Skvortsov Dmitry V. – professor, chief of the Center of Sport Medicine and rehabilitation of Federal Clinical Research Center FMBA of Russia