

УДК 616.728.3:616.758]-001-089.22:615.477(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017440-48>

Роль ортезирования при повреждении передней крестообразной связки

С. Н. Красноперов, М. Л. Головаха, И. В. Диденко, С. О. Масленников

Запорожский государственный медицинский университет. Украина

The use of orthoses and braces in patients with damage to the anterior cruciate ligament and post-arthroscopic reconstruction is a fairly widespread phenomenon. Objective: to determine the effectiveness of the application of orthoses of various structures in patients with anterior cruciate ligament injury using hardware-software baseometric complex. Methods: 50 patients with anterior cruciate ligament damage and 50 healthy volunteers were screened. Bazometric study with the help of the hardware-software baseometric complex (baseometer) KE 03191680.010-2005 of the UkrNII prosthesis production was carried out without a latch and using 4 types of knee joint fasteners. The parameters of two-stops standing on the base-platform were analyzed: load distribution (%) of the total body mass between the lower extremities, incapacitability, displacement of the general pressure center in the frontal and sagittal planes, and the rotation of the general pressure center. Results: in patients with injuries of anterior cruciate ligament, a significant prevalence of body mass distribution for the intact lower limb was found to be significant (73.3 ± 2.8) and (26.7 ± 1.6) %, respectively; the weight bearing factor was 0.36 ± 0.4 ; displacement of the general CT in the frontal plane — (11.5 ± 1.1) mm; in the sagittal — (7.2 ± 1.0) mm; rotating angle of the general pressure center — (7.8 ± 1.2)°. Under the conditions of the use of fixators, depending on their type, a tendency to reduce the asymmetry of the body weight distribution between the limbs is determined. Conclusions: as a result of the survey of healthy volunteers, the main indicators of the two-limb standing on the base-platform were obtained. The analysis of baseline rates of patients with anterior cruciate ligament injury showed a significant deviation compared with the group of volunteers. Among the studied designs of knee joint fixation devices, the knee joint with a two-axis hinge was most functionally suitable. It allows the maximum correction and improvement of biomechanical indicators of statics and fatigue of the injured limb. Key words: anterior cruciate ligament, anterior instability, brace, orthosis, basometry, baseometer.

Застосування ортезів і брейсів у пацієнтів із ушкодженням передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) і після артроскопічної реконструкції — досить поширене явище. Мета: визначити ефективність застосування ортезів різних конструкцій у пацієнтів із ушкодженням ПСЗ за допомогою апаратно-програмного базометричного комплексу. Методи: обстежено 50 пацієнтів із ушкодженням ПСЗ і 50 здорових волонтерів. Базометричне дослідження за допомогою апаратно-програмного базометричного комплексу (базометра) КЕ 03191680.010-2005 виробництва УкрНДІ протезування проведено без фіксатора і з використанням 4 видів фіксаторів колінного суглоба. Аналізували параметри двоножного стояння на базометричній платформі: розподіл навантаження (%) від загальної маси тіла між нижніми кінцівками, коефіцієнт опороспроможності, зміщення загального центра тиску (ЦТ) у фронтальній і сагітальній площинах, ротацію ЦТ. Результати: у пацієнтів із ушкодженням ПСЗ виявлено достовірне превалювання розподілу маси тіла на інтактну нижню кінцівку порівняно з травмованою — ($73,3 \pm 2,8$) і ($26,7 \pm 1,6$) % відповідно; коефіцієнт опороспроможності дорівнював $0,36 \pm 0,4$; зміщення загального ЦТ у фронтальній площині — ($11,5 \pm 1,1$) мм; у сагітальній — ($7,2 \pm 1,0$) мм; кут ротації ЦТ — ($7,8 \pm 1,2$)°. За умов застосування фіксаторів залежно від їх виду визначено тенденцію до зменшення асиметрії розподілу маси тіла пацієнта між кінцівками. Висновки: у результаті обстеження групи здорових волонтерів отримані основні показники двоножного стояння на базометричній платформі. Аналіз базометричних показників пацієнтів із ушкодженням ПСЗ показав значне їх відхилення порівняно з групою волонтерів. Серед вивчених конструкцій фіксаторів колінного суглоба найбільш функціонально придатним виявився наколінник із двовісним шарніром. Він дає змогу максимально скоригувати і поліпшити біомеханічні показники статичної й опороспроможності травмованої кінцівки. Ключові слова: передня схрещена зв'язка, передня нестабільність, брейс, ортез, базометрія, базометр.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, передняя нестабильность, брейс, ортез, базометрия, базометр

Введение

Передняя крестообразная связка (ПКС) — ключевой стабилизатор коленного сустава. В среднем за год на 100 000 человек приходится от 30 до 50 случаев повреждения ПКС [1, 9, 10, 15]. Такая высокая их частота обуславливает необходимость усовершенствования диагностики, консервативного и хирургического лечения данной группы пациентов. Повреждение ПКС нарушает кинематику коленного сустава и контактную нагрузку на суставные поверхности бедренной и большеберцовой костей [2, 3, 8]. Так, у пациентов с поврежденной ПКС, отмечается увеличенное переднее смещение и внутренняя ротация голени, что приводит к неравномерному распределению нагрузок на суставные поверхности [4, 5]. Сопутствующее повреждение менисков и прогрессирование развития остеоартроза коленного сустава — постоянные спутники хронической передней нестабильности. Кроме того, нарушение нервно-мышечного контроля после повреждения ПКС изменяет биомеханику не только этого сегмента, но и контралатерального, что обуславливает избыточную нагрузку и риск возникновения вторичных повреждений в обоих конечностях [7, 13].

Использование ортезов и брейсов у пациентов с повреждением ПКС и после артроскопической ее реконструкции — довольно распространенное явление. Так, по данным литературы, около 87 % ортопедов-травматологов применяют брейсы в своей клинической практике у пациентов с передней нестабильностью коленного сустава [17]. Это связано с несколькими причинами. Несмотря на то, что сегодня обсуждается необходимость применения брейсов после реконструкции ПКС, большинство хирургов по традиции рекомендуют их своим пациентам после операции для уменьшения нагрузки на трансплантат [11, 14]. Кроме того, около 90 % больных после травмы жалуются на функциональную нестабильность и нарушение походки. Эти проявления функциональной передней нестабильности можно компенсировать ношением брейса [16]. Также существует небольшая группа пациентов с частичным повреждением ПКС, которым в период реабилитации необходим брейс для стабилизации коленного сустава и уменьшения нагрузки на поврежденную связку [6].

Предположительно применение брейсов улучшает кинематику и увеличивает стабильность коленного сустава в случае передней нестабильности. Несмотря на то, что субъективная оценка

пациентов относительно применения брейса положительная (улучшение стабильности, уменьшение болевого синдрома и даже участие в рекреационной активности), их эффективность в достижении поставленных целей остается дискуссионной [12].

Показаниями к применению брейсов при повреждении ПКС являются [12]:

- стабилизация коленного сустава в предоперационном периоде для предупреждения сопутствующих его повреждений (мениски, хрящ) и улучшения качества жизни. К этой группе относятся пациенты, которые по каким-либо социальным или другим причинам не готовы сразу к хирургическому лечению, а также те, у которых состояние коленного сустава не позволяет выполнить реконструкцию без предварительного курса консервативного лечения (контрактура коленного сустава, отек параартикулярных тканей, повреждения кожных покровов в месте хирургических доступов);

- консервативное лечение пациентов с передней нестабильностью, которым не показано хирургическое восстановление ПКС. К этой группе относятся лица с поздними стадиями остеоартроза коленного сустава и сопутствующей соматической патологией, при которой противопоказана хирургия ПКС;

- стабилизация коленного сустава в послеоперационном периоде после реконструкции ПКС.

Большое количество конструкций ортезов в арсенале ортопеда-травматолога и неоднозначные данные биомеханических исследований их влияния на кинематику коленного сустава с повреждением ПКС обуславливают актуальность данного исследования.

Цель исследования: определить эффективность применения ортезов различных конструкций у пациентов с повреждением передней крестообразной связки с помощью аппаратно-программного базометрического комплекса.

Материал и методы

Исследование одобрено локальным комитетом по биоэтике Запорожского государственного медицинского университета (протокол № 7 от 26.10.2016). От всех пациентов, которые вошли в исследование, получено информированное согласие. За период с сентября 2016 по май 2017 года обследовано 50 пациентов (возраст от 17 до 39 лет) с повреждением ПКС, из них 38 (76 %) мужчин и 12 (24 %) женщин. Артроскопическое восстановление ПКС проведено 46 (92 %) пациентам,

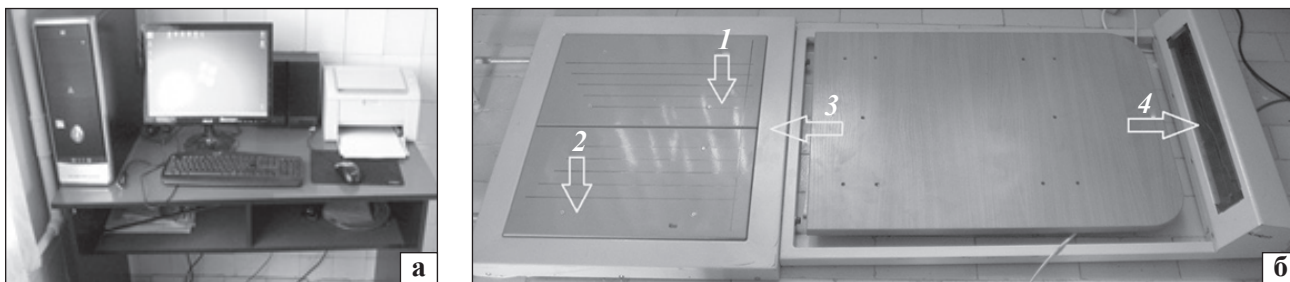


Рис. 1. Общий вид базометрического комплекса: а) компьютер на базе ОС Windows XP с программным обеспечением; б) 1 — левая тензоплощадка, 2 — правая тензоплощадка, 3 — тензоплатформа, 4 — вариатор лазерной плоскости

консервативное лечение — 4 (8 %). Кроме того, для объективизации исследования предварительно обследовали контрольную группу из 50 добровольцев без травм нижних конечностей в анамнезе, которые не предъявляли каких-либо жалоб. Среди них было 32 (64 %) мужчины и 18 (36 %) женщин. У 89,4 % обследованных функционально доминирующей нижней конечностью была правая, а у 10,6 % — левая. Возраст добровольцев составил от 19 до 41 года.

Базометрическое исследование проведено с помощью аппаратно-программного базометрического комплекса (базометра) КЭ 03191680.010-2005 производства УкрНИИ протезирования (рис. 1). Эта методика основана на изучении механизмов поддержания вертикальной позы и заключается в клиническом анализе особенностей вертикального стояния с целью диагностики патологии опорно-двигательной системы. К ее достоинствам следует отнести кратковременность исследования, отсутствие какой-либо подготовки, простоту. К тому же, получаемые параметры очень чувствительны и обладают как диагностической, так и прогностической ценностью. В основе метода лежит оценка баланса вертикального стояния и ряда переходных процессов посредством регистрации положения проекции общего центра тяжести на плоскость опоры, а также его ротационного отклонения. При анализе баланса тело обычно представляется как одноплоскостной обратный маятник, вращающийся вокруг голеностопных суставов. В такой модели биомеханическая система определяется всего одной переменной — вращающим моментом голеностопного сустава. Однако человеческое тело как биомеханическая система может быть более точно представлено как мультисуставная цепь, тогда вследствие взаимодействия между участками цепи изменение вращающего момента в одном суставе влияет на движение всех остальных.

В процессе исследования проведен сравнительный клинко-биомеханический анализ показателей двухопорного стояния на базометрической платформе здоровых лиц и пациентов с повреждением ПКС в ортезах различных конструкций и без них.

Методика базометрического исследования заключалась в регистрации показателей в специальном помещении в присутствии врача. Пациенты становились на тензоплощадку без обуви в американской позиции (стопы ног параллельны) с открытыми глазами. Выбор такого положения стоп обусловлен тем, что оси подтаранных суставов расположены параллельно и направлены строго в сагиттальной плоскости. Далее с помощью программы, в реальном масштабе и времени оценивали распределение основных базометрических параметров двухопорного стояния: расположение нагрузки (в процентах) от общей массы тела между нижними конечностями; коэффициент опорности; смещение общего центра давления (в мм) во фронтальной и сагиттальной плоскостях и ротацию центров давления (в градусах) (рис. 2).

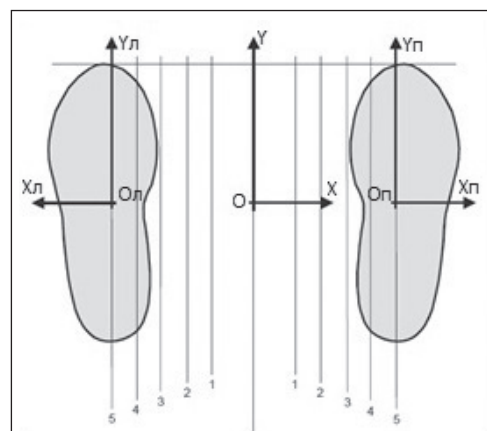


Рис. 2. Схема измерений на базометрическом комплексе: OXY — система координат общего центра давления; OлХлУл — центра давления левой конечности; OпХпУп — центра давления правой конечности; 1, 2, 3, 4, 5 — линии, задающие положение стоп на платформе

В норме вес тела между двумя нижними конечностями у здорового человека распределяется относительно равномерно. Однако, необходимо учитывать особенность, связанную с доминирующей конечностью у человека, на которую приходится чуть большая нагрузка по сравнению с контралатеральной.

Коэффициент опорности — это отношение нагрузки между двумя нижними конечностями у здоровых пациентов либо отношение нагрузки на конечность с поврежденной ПКС к нагрузке на интактную конечность. Следовательно, у здорового человека этот коэффициент должен приближаться к 1.

Положение общего центра давления (ЦД) является основным параметром и показывает глобальные характеристики баланса тела человека (смещение нагрузки влево-вправо, вперед-назад от нормального положения). Оно оценивается по его смещению в мм во фронтальной и сагиттальной плоскостях (рис. 3). При этом смещение в сагиттальной плоскости (кпереди от межлодыжечной линии) соответствует положительным значениям общего ЦД, а позади нее — отрицательным. Положение общего ЦД справа от средней линии (смещение во фронтальной плоскости) будет иметь положительные значения, слева — отрицательные. В работе мы не учитывали знаки «+» и «-» в числовых значениях. В силу чувствительности метода и большого колебания абсолютных значений исходя из множества факторов (патология тазобедренных и голеностопных суставов, деформация стоп, осевые нарушения нижних конечностей) особое внимание уделяли динамике перемещений общего ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях в зависимости от конструкции применяемого ортеза коленного сустава. Изменение положения общего ЦД в сторону центра расценивали как положительную динамику и, соответственно, движение его от центра — как отрицательную, т. е. оценивали не абсолютные цифровые значения, полученные при базометрическом исследовании, а динами-

ку изменения положения общего ЦД пациента в виде его направления движения. Если движение происходило в сторону нормального положения общего ЦД (по направлению к точке пересечения межлодыжечной линии и сагиттальной плоскости), то такая динамика оценивалась как положительная (рис. 3). Если расстояние между общим ЦД пациента и нормальным положением общего ЦД увеличивалось, то — как отрицательную.

Также анализировали ротацию центров давления нижних конечностей. Программа рассчитывает линию, соединяющую ЦД обеих конечностей, и проводит ее через общий ЦД (рис. 3). Затем рассчитывали угол между построенной линией (динамический параметр, который изменяется у каждого пациента) и условной линией, проведенной во фронтальной плоскости (статический параметр, заданный в программе). В зависимости от направления ротации числовые значения могут быть положительными и отрицательными. У здорового человека значение угла ротации центров давления должно приближаться к 0° (рис. 3). Мы учитывали только лишь динамику изменения угла ротации без учета знака «+» или «-».

Базометрическое исследование проводили как без фиксатора, так и с применением 4 видов фиксаторов коленного сустава различных конструкций фирмы «Aurafix» (рис. 4). Выбор фирмы производителя фиксаторов коленного сустава был обусловлен ценовой доступностью для пациентов и наличием полного спектра необходимых для исследования конструкций фиксаторов.

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов, полученных при исследовании группы здоровых волонтеров показал, что в норме нагрузка распределяется относительно равномерно между нижними конечностями. Однако выявлена достоверная разница в распределении веса тела в зависимости от доминирования правой или левой нижней конечности ($p < 0,05$). Так, среднее значение распределения нагрузки составило $(52,8 \pm 1,9) \%$ на доминирующую

Таблица 1

Распределение средних значений базометрических показателей у здоровых волонтеров и пациентов с повреждением ПКС

Группа	Распределение нагрузки на конечности, %		Коэффициент опорности	Смещение общего ЦД в плоскости, мм		Угол ротации ЦД, градусы
	Доминирующая	Не доминирующая		фронтальной	сагиттальной	
Без повреждения ПКС (n = 50)	52,8 ± 1,9	47,2 ± 1,4	0,89 ± 0,06	4,0 ± 0,4	5,0 ± 0,6	0,18 ± 0,08
С повреждением ПКС (n = 50)	26,7 ± 1,6	73,3 ± 2,8	0,36 ± 0,4	11,5 ± 1,1	7,2 ± 1,0	7,8 ± 1,2

конечность и $(47,2 \pm 1,4)$ % на контралатеральную. Среднее значение коэффициента опорности в группе здоровых пациентов составило $0,89 \pm 0,06$ (табл. 1).

Как было сказано, базометрические показатели не имеют абсолютной нормы и очень

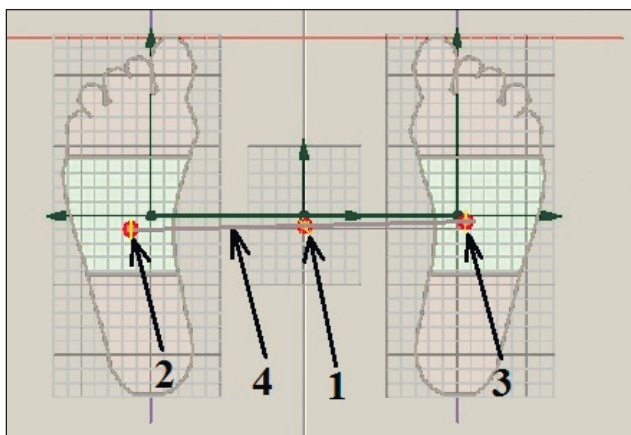


Рис. 3. Графическое изображение результатов базометрического исследования здорового человека с равномерным распределением нагрузки на конечности: 1 — общий ЦД; 2, 3 — ЦД на правую и левую нижние конечности; 4 — ротация ЦД нижних конечностей

чувствительны к влиянию других факторов. Анализ данных смещения общего ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях показал следующую закономерность. У людей с доминирующей правой нижней конечностью общий ЦД смещался во фронтальной плоскости вправо от сагиттальной линии, а с доминирующей левой — влево. Среднее значение смещения во фронтальной плоскости составило $(4 \pm 0,4)$ мм. Общий ЦД в сагиттальной плоскости смещался в пределах $(5 \pm 0,6)$ мм от межлодыжечной линии кпереди либо кзади, однако закономерности влияния каких-либо факторов на это смещение не обнаружено (табл. 1).

Среднее значение угла ротации центров давления нижних конечностей в группе здоровых волонтеров составило $(0,18 \pm 0,08)^\circ$. Как было отмечено, у здорового человека значение угла ротации должно приближаться к 0° (табл. 1).

Анализ результатов, полученных при исследовании группы пациентов с повреждением ПКС, выявил ряд биомеханических особенностей поддержания вертикальной статической позы при стоянии. В результате базометрического



Рис. 4. Виды фиксаторов коленного сустава фирмы Aurafix: а) эластичный тканевой наколенник; б) тканевой наколенник с эластичными спиральными ребрами жесткости и пателлярным кольцом; в) неопреновый наколенник с пателлярным кольцом и полицентрическим шарниром; г) жесткий наколенник с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap)

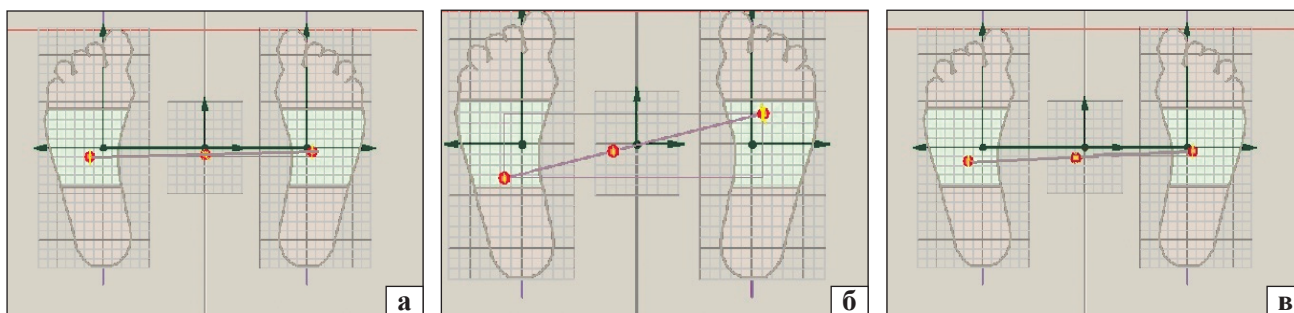


Рис. 5. Графическое изображение результатов базометрического исследования: здорового человека (а); пациента с повреждением ПКС без фиксатора (б) и в жестком наколеннике с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap) (в)

исследования отметили достоверное превалирование распределения массы тела на интактную нижнюю конечность по сравнению с травмированной: $(73,3 \pm 2,8)$ и $(26,7 \pm 1,6)$ % соответственно ($p < 0,05$). При этом коэффициент опорности равен $0,36 \pm 0,4$. Смещение общего ЦД во фронтальной плоскости составило $(11,5 \pm 1,1)$ мм, в сагиттальной — $(7,2 \pm 1,0)$ мм. Угол ротации ЦД у пациентов с повреждением ПКС составил $(7,8 \pm 1,2)^\circ$. Эти данные свидетельствуют о том, что у таких пациентов нестабильность коленного сустава травмированной конечности компенсируется во время поддержания статической вертикальной позы переносом массы тела на здоровую конечность и за счет ее достаточного стабильного положения (табл. 1).

Следующим этапом было сравнение показателей двухопорного стояния на базометрической платформе у пациентов с повреждением ПКС в ортезах различных конструкций. Полученные данные представлены в табл. 2 и 3.

В своей работе мы использовали фиксаторы коленного сустава фирмы «Aurafix». Все пациенты во время базометрического исследования надевали следующие конструкции ортезов в такой последовательности: 1) эластичный тканевой наколенник; 2) тканевой наколенник с эластичными спиральными ребрами жесткости и пателлярным кольцом; 3) неопреновый наколенник с пателлярным кольцом и полицентрическим шарниром; 4) жесткий наколенник с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap).

В случае применения фиксаторов отмечена тенденция к уменьшению асимметрии распределения массы тела пациента между конечностями в зависимости от вида фиксатора (табл. 2). Так, при использовании тканевого наколенника достоверной разницы в процентном распределении

нагрузки на конечности по сравнению с группой без фиксатора не обнаружено ($p > 0,05$). Нагрузка на травмированную конечность без фиксатора составила $(26,7 \pm 1,6)$ %, а с эластичным тканевым наколенником — $(28,1 \pm 1,7)$ %. При использовании тканевого наколенника с эластичными ребрами жесткости отмечено значительное перераспределение нагрузки ($p < 0,05$) в сторону травмированной конечности до $(29,6 \pm 2,3)$ % по сравнению с группой пациентов без фиксатора.

При применении наколенников с полицентрическими шарнирами получили лучшие результаты двухопорного стояния на базометрической платформе. В случае использования неопренового наколенника с пателлярным кольцом и полицентрическим шарниром масса тела пациентов распределилась так: травмированная конечность — $(36,9 \pm 1,5)$ %, интактная — $(63,1 \pm 2,8)$ % (табл. 2).

Наилучшие результаты по сравнению со всеми применяемыми фиксаторами коленного сустава показал жесткий наколенник с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap): нагрузка на травмированную конечность составила $(45,2 \pm 1,8)$ %, на интактную — $(54,8 \pm 1,3)$ % (табл. 2).

Аналогичная тенденция отмечена и в отношении других показателей двухопорного стояния у пациентов с повреждением ПКС (табл. 3): коэффициента опорности, угла ротации ЦД, смещения общего ЦД как во фронтальной плоскости, так и в сагиттальной.

На сегодня применение брейсов и ортезов для фиксации коленного сустава при повреждении ПКС как на предоперационном этапе, так и после реконструкции связки является рутинной практикой. Хотя в зарубежной литературе все чаще появляются сообщения о том, что применение брейса в послеоперационном периоде не дает преимуществ в функциональном результате

Таблица 2

Средние значения распределения нагрузки на конечности (%) у пациентов с повреждением ПКС в фиксаторах коленного сустава различных конструкций

Условия исследования	Распределение нагрузки на конечности (%)	
	интактная	травмированная
Без фиксатора	$73,3 \pm 2,8$	$26,7 \pm 1,6$
В эластичном тканевом наколеннике	$71,9 \pm 2,1$	$28,1 \pm 1,7$
В тканевом наколеннике с эластичными спиральными ребрами жесткости и пателлярным кольцом	$70,4 \pm 1,6$	$29,6 \pm 2,3$
В неопреновом наколеннике с пателлярным кольцом и полицентрическим шарниром	$58,1 \pm 2,8$	$41,9 \pm 1,5$
В жестком наколеннике с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap)	$54,8 \pm 1,3$	$45,2 \pm 1,8$

Таблица 3

Средние значения показателей двухопорного стояния на базометрической платформе у пациентов с повреждением ПКС в фиксаторах коленного сустава различных конструкций

Условия исследования	Коэффициент опорности	Ротация ЦД, градусы	Смещение общего ЦД в плоскости, мм	
			фронтальной	сагиттальной
Без фиксатора	0,36 ± 0,40	7,80 ± 1,20	11,50 ± 1,10	7,20 ± 1,00
В эластичном тканевом наколеннике	0,39	5,70 ± 0,80	9,60 ± 1,00	6,90 ± 1,30
В тканевом наколеннике с эластичными спиральными ребрами жесткости и пателлярным кольцом	0,42	3,10 ± 0,60	8,30 ± 1,10	6,70 ± 1,40
В неопреновом наколеннике с пателлярным кольцом и полицентрическим шарниром	0,72	0,70 ± 0,30	7,80 ± 0,90	6,20 ± 1,00
В жестком наколеннике с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Augastrap)	0,82	0,40 ± 0,10	7,40 ± 0,80	6,00 ± 1,30
Здоровые пациенты	0,89 ± 0,06	0,18 ± 0,08	4,00 ± 0,40	5,00 ± 0,60

по сравнению с группой больных, которые не использовали брейс после операции. Несмотря на эти исследования, большинство ортопедов-травматологов продолжают придерживаться сложившейся традиции в отношении использования фиксаторов коленного сустава.

Для анализа эффективности применения фиксаторов коленного сустава использовано оборудование и программное обеспечение отечественного производства — аппаратно-программный базометрический комплекс (базометр) КЭ 03191680.010-2005 производства УкрНИИ протезирования. При этом оценивали статические базометрические параметры двухопорного стояния пациентов с повреждением ПКС без фиксатора коленного сустава, а также в 4 видах фиксаторов различных конструкций. Учитывая, что базометрическое исследование является методом, который очень чувствителен к различным отклонениям от нормы любого отдела опорно-двигательной системы (деформация позвоночника, патология тазобедренных и голеностопных суставов, деформация стоп, осевые нарушения нижних конечностей), абсолютных норм для интерпретации результатов не существует.

Для получения базы данных «относительно нормальных» базометрических показателей обследована группа здоровых пациентов, у которых в анамнезе и при объективном обследовании не выявлено патологии коленных суставов. Эти показатели являются «относительно нормаль-

ными», потому что мы не учитывали сопутствующие отклонения в разных отделах опорно-двигательной системы, кроме коленного сустава. При базометрическом исследовании установлено: среднее значение распределения нагрузки составило 52,8 % на доминирующую конечность и 47,2 % на контралатеральную; коэффициент опорности — 0,89; угол ротации ЦД нижних конечностей — 0,18°; смещение во фронтальной плоскости — 4 мм, в сагиттальной — 5 мм (рис. 5, а). Исходя из этих данных можно отметить, что распределение массы тела человека происходит практически равномерно, с небольшим превалированием на доминирующую конечность, соответственно, коэффициент опорности стремится к 1. Угол ротации у здорового пациента также стремится к 1, т. к. ЦД правой и левой нижних конечностей должны располагаться параллельно. Смещение общего ЦД во фронтальной плоскости имело определенную закономерность: при доминирующей правой нижней конечности — вправо, левой — влево. Закономерности смещения общего ЦД в сагиттальной плоскости не выявлено. Скорее всего, на него влияют какие-то внешние факторы, которые не учтены в нашем исследовании.

Далее были получены базометрические данные двухопорного стояния пациентов с повреждением ПКС без использования каких-либо фиксаторов, а также поочередно в фиксаторах различных конструкций. У пациентов без фиксаторов выявлены значительные отклонения параметров

от полученных у волонтеров: среднее значение распределения нагрузки составило 73,3 % на интактную конечность и 26,7 % на травмированную; коэффициент опорности — 0,36; угол ротации ЦД нижних конечностей — 7,8°; смещение во фронтальной плоскости — 11,5 мм, в сагиттальной — 7,2 мм (рис. 5, б). Из оцененных конструкций фиксаторов коленного сустава оптимальным оказался жесткий наколенник с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap), т. к. базометрические показатели пациентов в нем были максимально приближены к таковым здоровых волонтеров (табл. 2, 3, рис. 5, в).

Выводы

В результате обследования группы здоровых волонтеров (без повреждения ПКС) получены основные показатели двухопорного стояния на базометрической платформе. Среднее значение распределения массы тела пациента на нижние конечности составило 52,8 и 47,2 % на доминирующую и недоминирующую конечности соответственно. При этом среднее значение коэффициента опорности составило $0,89 \pm 0,06$, угла ротации ЦД — $(0,18 \pm 0,08)^\circ$, смещение общего ЦД во фронтальной плоскости — 4,0 мм, в сагиттальной — 5,0 мм.

Анализ базометрических данных показал значительное их отклонение у пациентов с повреждением ПКС по сравнению с волонтерами. Так, среднее значение распределения массы тела пациента составило 73,3 % на здоровую конечность и 26,7 % — на травмированную, коэффициент опорности — 0,36, угол ротации ЦД — 7,8°, смещение общего ЦД во фронтальной плоскости — 11,5 мм, в сагиттальной — 7,2 мм.

При обследовании группы пациентов с повреждением ПКС в фиксаторах коленного сустава различных конструкций наихудшие базометрические результаты получены при использовании эластичного тканевого наколенника и тканевого наколенника с эластичными спиральными ребрами жесткости и пателлярным кольцом.

Из оцененных конструкций фиксаторов коленного сустава фирмы «Aurafix» наиболее функционально подходящим оказался жесткий наколенник с полицентрическим шарниром и регулируемым углом сгибания (Aurastrap). Его применение позволяет максимально скорректировать и улучшить биомеханические показатели статики и повысить опороспособность травмированной конечности.

Конфликт интересов. Авторы являются консультантами фирмы «Аурафикс».

Список литературы

1. Анализ результатов применения различных методов фиксации трансплантата при пластике передней крестообразной связке коленного сустава / М. Л. Головаха, В. Орлянский, Р. В. Титарчук [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2015. — № 2. — С. 53–59. — DOI: 10.15674/0030-59872015253-59.
2. Лікування патело-фemorального больового синдрому у хворих після ревізійної пластики передньої хрестоподібної зв'язки / І. В. Рой, С. В. Богдан, О. І. Баяндіна, О. О. Костоґриз // Вісник ортопедії травматології та протезування. — 2015. — № 1. — С. 21–26.
3. Результаты консервативного лечения повреждений связочного аппарата коленного сустава / В. Г. Климовицкий, А. А. Тяжелов, Л. Д. Гончарова, Р. Щикота // Травма. — 2012. — Т. 13, № 1. — С. 79–82.
4. Altered knee kinematics in ACL-deficient non-copers: a comparison using dynamic MRI / P. J. Barrance, G. N. Williams, L. Snyder-Mackler [et al.] // J. Orthop. Res. — 2006. — Vol. 24. (2). — P. 132–140. — DOI: 10.1002/jor.20016.
5. Altered loading in the Injured knee after ACL rupture / E. S. Gardinier, K. Manal, T. S. Buchanan, L. Snyder-Mackler // J. Orthop. Res. — 2013. — Vol. 31 (3). — P. 458–464. — DOI: 10.1002/jor.22249.
6. Current evidence and clinical applications of therapeutic knee braces / K. T. Chew, H. L. Lew, E. Date, M. Fredericson // Am. J. Phys. Med. Rehabil. — 2007. — Vol. 86 (8). — P. 678–686. — DOI: 10.1097/PHM.0b013e318114e416.
7. Decreased knee joint loading associated with early knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury / E. Wellsandt, E. S. Gardinier, K. Manal [et al.] // Am. J. Sports Med. — 2016. — Vol. 44 (1). — P. 143–151. — DOI: 10.1177/0363546515608475.
8. Gait changes of the ACL-deficient knee 3D kinematic assessment / B. Shabani, D. Bytyqi, S. Lustig [et al.] // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. — 2015. — Vol. 23 (11). — P. 3259–3265. — DOI: 10.1007/s00167-014-3169-0.
9. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study / S. M. Gianotti, S. W. Marshall, P. A. Hume, L. Bunt // J. Sci. Med. Sport. — 2009. — Vol. 12 (6). — P. 622–627. — DOI: 10.1016/j.jsams.2008.07.005.
10. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study / T. L. Sanders, H. M. Kremers, A. J. Bryan [et al.] // Am. J. Sports Med. — 2016. — Vol. 44 (6). — P. 1502–1507. — DOI: 10.1177/0363546516629944.
11. Influence of functional bracing on the kinetics of the anterior cruciate ligament-injured knees during level walking / T. W. Lu, H. C. Lin, H. C. Hsu [et al.] // Clin Biomech. — 2006. — Vol. 21. — P. 517–524. — DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.12.017.
12. Influence of functional knee bracing on the isokinetic and functional tests of anterior cruciate ligament deficient patients / N. Mortaza, N. A. A. Osman, A. A. Jamshidi, J. Razjouyan // PLoS ONE. — 2013. — Vol. 8 (5). — Article ID: e64308. — DOI: 10.1371/journal.pone.0064308.
13. Muscle contributions to medial tibiofemoral compartment contact loading following ACL reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon grafts / J. M. Konrath, D. J. Saxby, B. A. Killen [et al.] // PLoS ONE. — 2017. — Vol. 12 (4). — Article ID: e0176016. — DOI: 10.1371/journal.pone.0176016.
14. Rodriguez-Merchan E. Knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction / E. Rodriguez-Merchan // Orthopedics. — 2016. — Vol. 39 (4). — P. e602-e609. — DOI: 10.3928/01477447-20160513-04.

15. Moses B. Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations / B. Moses, J. Orchard, J. Orchard // *Res. Sports. Med.* — 2012. — Vol. 20 (3–4). — P. 157–179. — DOI: 10.1080/15438627.2012.680633.
16. The effects of a prophylactic knee brace and two neoprene knee sleeves on the performance of healthy athletes: a cross-over randomized controlled trial / N. Mortaza, I. Ebrahimi, A. A. Jamshidi [et al.] // *PLoS ONE*. — 2012. — Vol. 7 (11). — Article ID: e50110. — DOI: 10.1371/journal.pone.0050110.
17. Umeno T. Effect of knee support on ACL-Deficient knee kinematics while walking / T. Umeno, R. Sayama, H. Higaki : 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010). August 1–6, 2010. Singapore. IFMBE. — DOI: 10.1007/978-3-642-14515-5_138.

Статья поступила в редакцию 02.10.2017

ROLE OF RACING IN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY

S. N. Krasnoperov, M. L. Golovaha, I. V. Didenko, S. O. Maslennikov

Zaporizhzhia State Medical University. Ukraine

✉ Sergey Krasnoperov, MD, PhD: krasnoperovserg@gmail.com

✉ Maksym Golovaha, MD, Prof.: golovaha@ukr.net

✉ Inna Didenko: didenkoinna1991@gmail.com

✉ Sergey Maslennikov: travmatology1@i.ua