

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 ( $73.3 \pm 2.8$ ) and ( $26.7 \pm 1.6$ ) %, respectively; the weight bearing factor was  $0.36 \pm 0.4$ ; displacement of the general CT in the frontal plane — ( $11.5 \pm 1.1$ ) mm; in the sagittal — ( $7.2 \pm 1.0$ ) mm; rotating angle of the general pressure center — ( $7.8 \pm 1.2$ )°. 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, повреждение 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;

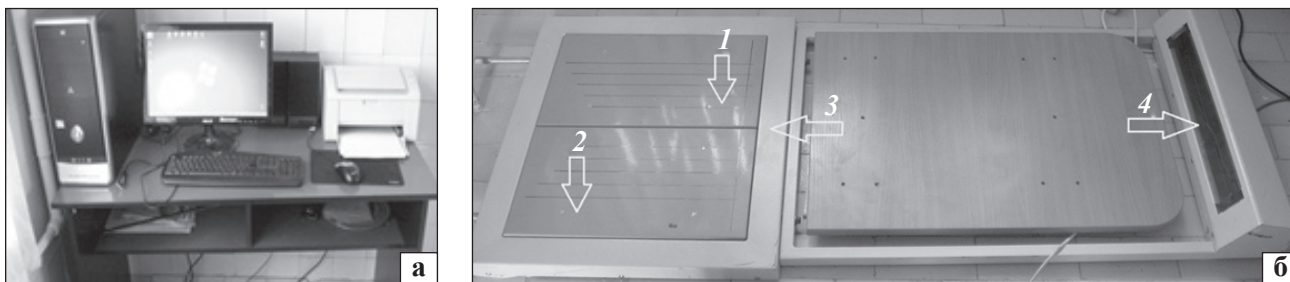
- стабилизация коленного сустава в послеоперационном периоде после реконструкции ПКС.

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,



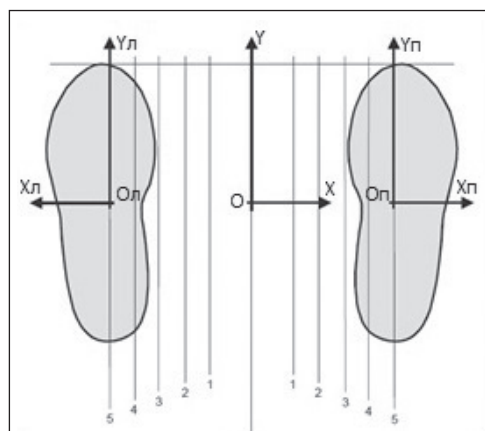
**Рис. 1.** Общий вид базометрического комплекса: а) компьютер на базе ОС Windows XP с программным обеспечением; б) 1 — левая тензоплощадка, 2 — правая тензоплощадка, 3 — тензоплатформа, 4 — вариатор лазерной плоскости

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 клиничко-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

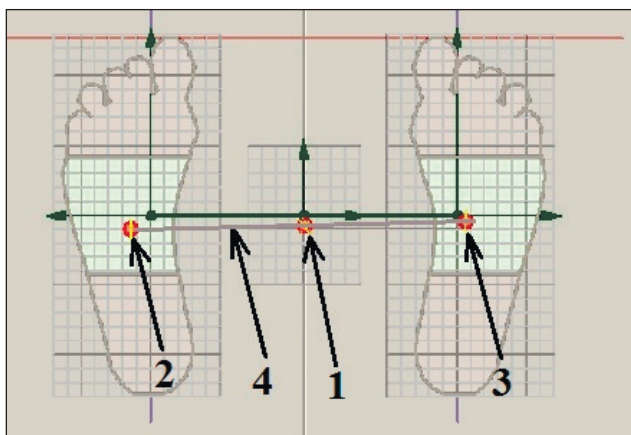
Таблица 1

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

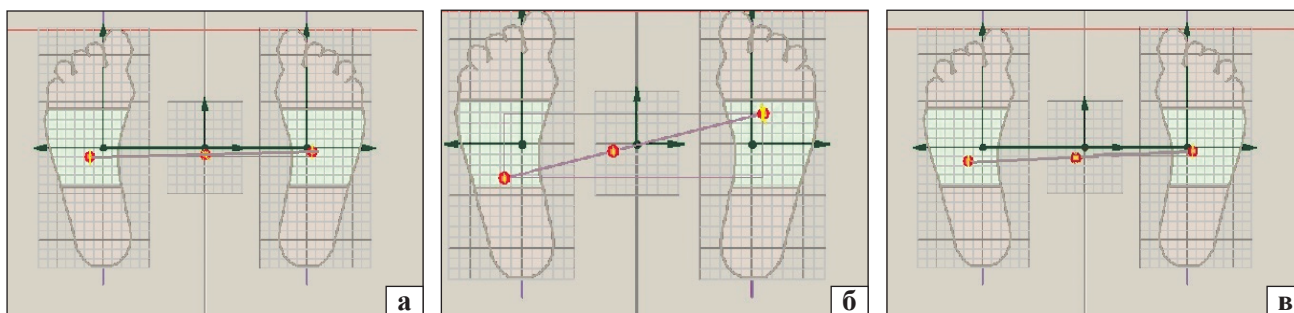
чувствительны к влиянию других факторов. Анализ данных смещения общего ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях показал следующую закономерность. У людей с доминирующей правой нижней конечностью общий ЦД смещался во фронтальной плоскости вправо от сагиттальной линии, а с доминирующей левой — влево. 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  $0^\circ$  (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. Костогриз // 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 : 6<sup>th</sup> 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

### ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

В связи с тем, что журнал внесен в Перечень научных специализированных изданий, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ, обращаем ваше внимание на необходимость указывать на титульном листе статьи на трех языках (рус., укр., англ.) следующие сведения: 1) фамилию, имя, отчество; 2) название статьи; 3) официальное название учреждения и отдела (кафедры, лаборатории), в котором выполнена работа. Фамилия автора и учреждение, в котором он(она) работает, должны сопровождаться одним цифровым индексом.

Кроме того, на отдельном листе просим предоставить сведения о каждом из авторов: 1) фамилию, имя и отчество; 2) должность; 3) полный почтовый служебный адрес и e-mail; 4) номер служебного телефона и факса. Необходимо указать контактное лицо.

При подготовке статьи следует соблюдать правила для авторов, публикуемые в журнале и на сайте [otr-journal.com.ua](http://otr-journal.com.ua).