ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616.718.4-089.28
doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-98-104

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЛАСТЕЙ ПРИКРЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ К НАРУЖНОМУ МЫЩЕЛКУ БЕДРЕННОЙ КОСТИ С ПОЗИЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ

И.В. Володин[1,2], Д.А. Маланин[1,2], И.А. Сучилин[1,2], М.В. Демещенко[1,2], А.Л. Жуликов[1]

[1]Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

[2]Волгоградский научный медицинский центр, Волгоград, Россия

Автор, ответственный за переписку: Илья Владимирович Володин, volodin_ili@mail.ru

Аннотация. Повреждение передней крестообразной связки (ПКС) остается наиболее распространенной причиной, приводящей к ограничению функции коленного сустава и более раннему развитию гонартроза. Результаты пластики ПКС у пациентов мужского и женского пола отличаются. У женщин чаще отмечаются худшие результаты хирургического лечения, а также более высокие риски травм ПКС (от 1,5 до 10 раз) при занятиях спортом. Предполагается, что ключевую роль в этом играют особенности анатомического строения коленного сустава. Нами было изучено 40 непарных анатомических препаратов коленного сустава человека женского и мужского пола. Проведена морфометрическая оценка дистального эпифиза бедренной кости с помощью цифрового скользящего штангенциркуля по 16 параметрам. При исследовании областей бедренного прикрепления ПКС оценена их форма, размеры, площадь и удаленность центра от отдельных костных структур. Полученные данные были соотнесены с типом строения коленного сустава. Были изучены анатомические особенности, характерные для «женского» типа строения коленного сустава. Установлено, что тип строения коленного сустава влияет на топографию области бедренного прикрепления ПКС, что необходимо учитывать при анатомической пластике связки.

Ключевые слова: коленный сустав, гендерная анатомия, реконструкция передней крестообразной связки

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке научного гранта Волгоградской области № 10 от 2021 г.

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

GENDER FEATURES OF THE AREAS OF ATTACHMENT OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT TO THE LATERAL FEMORAL CONDYLE FROM THE POSITION OF SURGICAL ANATOMY

I.V. Volodin[1,2], D.A. Malanin[1,2], I.A. Suchilin[1,2], M.V. Demeshchenko[1,2], A.L. Zhulikov[1]

[1]Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

[2]Volgograd Scientific Medical Center, Volgograd, Russia

Corresponding author: Ilya V. Volodin, volodin_ili@mail.ru

Abstract. Injury of the anterior cruciate ligament (ACL) remains the most common cause leading to limited knee function and earlier development of gonarthrosis. The results of ACL repair in male and female patients remain heterogeneous. Women have worse results of surgical treatment, as well as higher risks of ACL injuries (from 1,5 to 10 times) when playing sports. It is assumed that the features of the anatomical structure of the knee play the key role in this joint. We have studied 40 unpaired anatomical preparations of the human knee joint obtained from women and men.The morphometry of the distal femoral epiphysis was performed using a digital sliding caliper according to 16 parameters. When examining the areas of femoral ACL attachment, their shape, size, area, and center distance from individual bone structures were assessed. The data obtained were correlated with the type of structure of the knee joint. Were studied the anatomical features characteristic of the "female" type of structure

© Володин И.В., Маланин Д.А., Сучилин И.А., Демещенко М.В., Жуликов А.Л., 2022

of the knee joint. It was found that the type of structure of the knee joint affects the topography of the femoral attachment area of the ACL, which must be taken into account in anatomical ligament reconstruction.

Keywords: knee joint, gender anatomy, anterior cruciate ligament reconstruction

Funding. The study was carried out with the financial support of the Volgograd Region Scientific Grant No. 10 dated 2021.

Передняя крестообразная связка (ПКС) является одной из наиболее часто травмируемых связок коленного сустава. Артроскопическая пластика ПКС считается «золотым стандартом» лечения передней нестабильности коленного сустава у пациентов с явлениями неустойчивости при ротационных нагрузках. [1]. Несмотря на достигнутые успехи, при хирургическом лечении разрывов передней крестообразной связки у лиц женского пола в среднесрочные и отдаленные сроки чаще наблюдаются результаты, не всегда удовлетворяющие пациентов [2]. Так, у женщин чаще отмечается снижение уровня физической активности, сохранение остаточной неустойчивости коленного сустава, увеличение количества повторных травм в течение 5 лет после операции, а также более высокий риск развития посттравматического остеоартроза через 10–15 лет после травмы [3, 4]. В настоящее время широко распространена концепция анатомической пластики связки, которая предполагает расположение трансплантата в местах ее нативного прикрепления. Некоторые исследования в качестве основной причины неудачи при хирургической реконструкции связки указывают на некорректное расположение бедренного канала [5]. Для правильной ориентации «новой» связки в области внутренней поверхности наружного мыщелка бедренной кости часто используют анатомические ориентиры, к которым относится культя ПКС, референтные костные структуры межмыщелковой ямки и др. Однако часто при застарелых разрывах остаток поврежденной связки «лизируется», а костные структуры (ЛБК, ЛМК) не всегда удается достоверно визуализировать. В связи с чем вероятность неанатомического позиционирования трансплантата увеличивается, что может привести к нежелательным последствиям. Поэтому высокую значимость приобретает более детальное изучение гендерных особенностей строения областей прикрепления ПКС к наружному мыщелку бедренной кости.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить половые особенности расположения центра области бедренного прикрепления передней крестообразной связки к внутренней поверхности наружного мыщелка бедренной кости.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили 40 непарных анатомических препаратов коленного сустава человека, из которых 20 было изъято у лиц женского, а 20 – мужского пола. Средний возраст исследуемых женщин и мужчин составлял (54 ± 3,4) и (57 ± 5,0) лет (p > 0,05). Рост женщин при жизни достигал (165 ± 3,9) см, мужчин – (168 ± 4,4) см (p > 0,05).

В исследование не были включены суставы с признаками разрыва ПКС, дегенеративно-дистрофическими и диспластическими изменениями в суставе, внутрисуставными переломами.

Анатомические препараты получали путем рассечения коленного сустава по передней поверхности, визуализировали необходимые структуры, цифровым штангенциркулем с погрешностью 50 мкм (Topex, Польша) проводили морфометрию дистального эпифиза БК по 10 параметрам: ширина мыщелков БК на уровне трансэпикондилярной линии (A-B), форма межмыщелковой ямки БК, ширина межмыщелковой ямки БК (H-I), ширина латерального мыщелка БК (G-H), высота латерального мыщелка БК (C-D), длина латерального мыщелка БК (K-L), ширина медиального мыщелка БК (I-J), высота медиального мыщелка БК (E-F), длина медиального мыщелка БК (K-L), отношение ширины мыщелков на уровне трансэпикондилярной линии к высоте латерального мыщелка БК(A-B/C-D) (рис. 1).

С помощью реципрокной пилы резецировали часть дистального эпифиза БК и забирали вместе с анатомическими структурами внутренней поверхности наружного мыщелка БК (рис. 2).

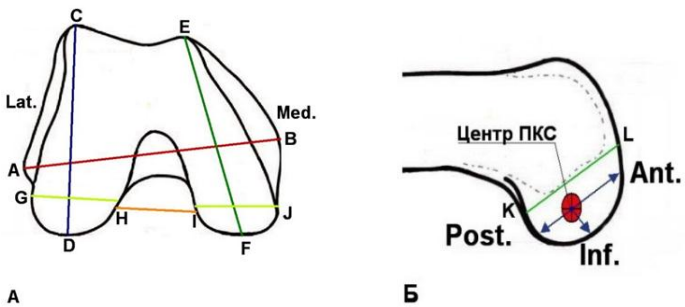

Рис. 1. Схематический рисунок изучаемых параметров дистального эпифиза бедренной кости

Рис. 2. Этап извлечения части дистального эпифиза бедренной кости с анатомическими структурами межмыщелковой ямки

Затем препарировали область бедренного прикрепления ПКС, определяли расположение ее на внутренней поверхности наружного мыщелка БК, отмечали общую границу с помощью маркера, определяли форму и, используя геометрические свойства фигуры, устанавливали анатомический центр (рис. 1Б).

Терминология, используемая в настоящем исследовании (верхняя, нижняя, глубокая и поверхностная), соответствует терминологии, предложенной группой международных экспертов, поскольку артроскопическая визуализация трансплантата выполняется при сгибании коленного сустава под углом 90 градусов.

Полученные в ходе исследования результаты обрабатывали в программе SPSS 17,0 (Microsoft, США) с использованием методов математической статистики: непараметрического U-критерия Манна – Уитни, критерий Шапиро – Уилка. Результат считали статистически значимым при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее значимыми из 10 исследуемых параметров дистального эпифиза БК в коленных суставах с «женским» типом строения оказались ширина мыщелков на уровне трансэпикондилярной линии, ширина межмыщелковой ямки, длина и высота латерального мыщелка и отношение ширины мыщелков на уровне трансэпикондилярной линии к высоте наружного мыщелка БК (табл.).

Средние величины этих параметров статистически значимо отличались от таковых в коленных суставах «мужского» типа и создавали характерные пропорции дистального отдела БК у женщин – меньшую ширину мыщелков и межмыщелковой ямки, а также меньшую длину наружного мыщелка БК.

Результаты измерений параметров 40 препаратов дистального эпифиза бедренной кости у лиц женского и мужского пола

Параметры, мм	Женский пол*	Мужской пол*	Значение между группами (*p*)
Ширина мыщелков БК на уровне трансэпикондилярной линии (A-B)	75,8 ± 2,7 (69,3–79,6)	87,2 ± 2,0 (82,1–93,4)	$p < 0,05$
Форма межмыщелковой ямки БК	V-образная (85 % случаев)	U-образная (95 % случаев)	$p < 0,05$
Ширина межмыщелковой ямки БК (H-I)	21,5 ± 1,2 (18,7–24,7)	25,2 ± 1,7 (21,4–28,3)	$p < 0,05$
Ширина латерального мыщелка БК (G-H)	22,1 ± 1,1 (19,4–24,4)	25,9 ± 1,9 (21,6–31,4)	$p < 0,05$
Высота латерального мыщелка БК (C-D)	60,1 ± 3,0 (52,9–65,8)	64,7 ± 2,5 (58,2–69,4)	$p < 0,05$
Длина латерального мыщелка БК (K-L)	35,9 ± 1,8 (32,2–42,0)	38,4 ± 2,2 (32,7–42,6)	$p < 0,05$
Ширина медиального мыщелка БК (I-J)	25,5 ± 1,9 (22,4–29,9)	26,6 ± 1,3 (23,8–28,7)	$p > 0,05$
Высота медиального мыщелка БК (E-F)	61,8 ± 2,4 (56,5–65,4)	62,9 ± 3,2 (67,3–54,2)	$p > 0,05$
Длина медиального мыщелка БК (K-L)	35,3 ± 2,9 (29,8–40,4)	37,6 ± 3,0 (30,6–45,1)	$p > 0,05$
Отношение ширины мыщелков на уровне трансэпикондилярной линии к высоте латерального мыщелка БК (A-B/C-D)	1,26 ± 0,04 (1,17–1,36)	1,35 ± 0,05 (1,25–1,51)	$p < 0,05$

*Данные представлены как среднее значение ± среднее квадратичное отклонение (диапазон минимальных и максимальных значений).

Морфометрия областей прикрепления ПКС к внутренней поверхности наружного мыщелка БК показало достоверно меньшие величины у женщин по сравнению с мужчинами, ширина (11,1 ± 1,0) мм, диапазон 10,0–12,2 мм (♀) и (15,1 ± 2,4) мм, диапазон 11,1–18,6 мм (♂), длина (9,0 ± 2,9) мм, диапазон 6,9–10,8 мм (♀) и (12,7 ± 3,9) мм, диапазон 9,9–16,6 мм (♂) соответственно. Площадь области бедренного прикрепления ПКС в женских суставах, которая по форме приближалась к фигуре эллипса, составляла (67,9 ± 10,4) мм^2, диапазон от 49,4 до 82,1 мм. В мужских суставах область прикрепления имела более вытянутую овальную форму, площадь ее достигала (135,7 ± 39,1) мм^2, диапазон от 99,3 до 180,6 мм. Центр области прикрепления ПКС находился на расстоянии (9,2 ± 1,4) мм, диапазон – 6,5–11,9 мм, от переднего края суставного хряща у женщин и в (12,2 ± 1,9) мм, диапазон – 9,1–16,8 мм, – у мужчин. Расстояние до нижнего края суставного хряща наружного мыщелка БК составляло (6,4 ± 1,0) мм, диапазон – 4,3–8,7 мм, и (7,9 ± 0,9) мм, диапазон – 6,1–9,2 мм, соответственно. Задний край суставного хряща был отдален от центра области прикрепления ПКС у женщин на расстояние (7,8 ± 0,9) мм, в диапазоне 5,7–10,3 мм, что больше, чем у мужчин – (6,6 ± 1,1) мм, в диапазоне 4,2–9,1 мм.

Таким образом, меньшая по площади область бедренного прикрепления ПКС и ее центр в коленных суставах с «женским» типом строения располагались несколько дистальнее – на 3 мм и кзади – на 1,5 мм (кпереди и книзу при артроскопической визуализации) по сравнению с областью прикрепления ПКС и ее центром в коленных суставах у мужчин (рис. 3).

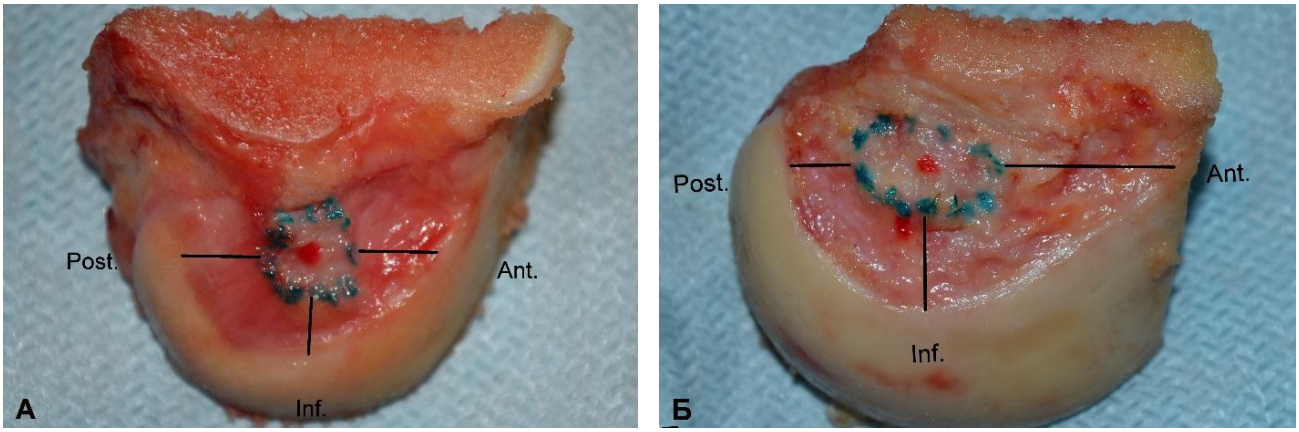

Рис. 3. Топография области бедренного прикрепления ПКС в коленных суставах
с «женским» (*А*) и «мужским» (*Б*) типами строения (в положении коленного сустава при артроскопической визуализации).
Ant. (anterior) – передний; *Post. (posterior)* – задний; *Inf. (inferior)* – нижний

Согласно статистическим данным оценки различных видов травматизма и физической активности у женщин имеется более высокий риск повреждений ПКС по сравнению с мужчинами. Например, вероятность бесконтактных повреждений ПКС, согласно исследованиям D.E. Gwinn с соавт. и L.J. Huston с соавт., оказалась в 3–9 раз выше у женщин, чем у мужчин [6]. Вероятно, к разрывам ПКС в женском коленном суставе предрасполагает совокупность факторов, среди которых анатомические особенности имеют наибольшее значение. По данным C.J. Wahl с соавт., меньшая устойчивость к переднему и ротационному смещениям голени при характерных механизмах травм ПКС у женщин возникает в связи с большим углом наклона кзади большеберцового плато. В работах Schneider A. с соавт. и Hewett T.E. с соавт. объясняется большая уязвимость к повреждениям ПКС у женщин сравнительно более выраженной дисконгруэнтностью наружного и внутреннего отделов коленного сустава вследствие меньшего радиуса кривизны мыщелков БК, меньшей вогнутости внутренней части и, напротив, большей выпуклостью наружной части большеберцового плато. Увеличенный угол Q (более 17°), согласно результатам исследований Alenton-Geli E. с соавт. и LaPrade R.F. с соавт., повышает риск бесконтактной травмы ПКС, особенно при наличии узкой и низкой межмыщелковой ямки бедренной кости – характерной черты строения коленного сустава у женщин, что также было отмечено и в нашем исследовании. Стоит обратить внимание на более высокую у женщин по сравнению с мужчинами частоту встречаемости гипермобильности суставов. Kumar B. и Lenert P. в своем исследовании показали зависимость травматических эпизодов от гормонального фона женского организма, частота травм

увеличивалась в первые 10–14 дней менструального цикла. Повышение рисков повреждения ПКС у женщин объясняется также с позиций воздействия нейромышечных и кинематических факторов, приводящих к нарушениям координационных взаимоотношений между отдельными группами мышц бедра, что, в свою очередь, приводит к более чем двукратному превышению уровня пиковых нагрузок в коленном суставе в момент отведения, осевого давления и внутренней ротации голени, что показано в нескольких крупных исследованиях [7]. Влияние предикторов повреждений ПКС у пациентов женского пола сохраняется и в связи с последующим оперативным лечением, реабилитацией, а также возвращением к прежнему уровню физической активности или занятиям спортом. Тем не менее, утверждение о более высоком риске повреждений реконструированной ПКС у лиц женского пола по сравнению с мужчинами не имеет весомых подтверждений и остается предметом дискуссии [8].

Следование анатомическим принципам при реконструкции ПКС, таких как воссоздание индивидуальной формы, размеров, пространственного расположения трансплантата, приближенных к таковым у нативной связки конкретного пациента, является определяющим в достижении положительных результатов лечения [9]. Однако среди частых причин неудачных исходов первичной и ревизионной пластики ПКС остается не корректное, с анатомической точки зрения, расположение каналов для проведения и крепления трансплантата связки. Согласно некоторым исследованиям, частота их составляет до 80 % случаев и приводит к отрицательным результатам хирургического лечения. Причем ошибочное расположение бедренного канала встречается более чем у 35 % пациентов.

В нашем исследования было показано влияние размеров мыщелков эпифизов БК, характерных для «женского» типа коленного сустава, на топографию и строение областей бедренного прикрепления ПКС и расположение их центров, а в случаях реконструкции связки – на топографию бедренного канала, через который проводится трансплантат. В ходе исследования были выявлены параметры, определяющие характерные пропорции дистального эпифиза бедренной кости у женщин. Средние значения ширины мыщелков бедренной кости на уровне трансэпикондилярной линии, ширины межмыщелковой ямки, длины и высоты наружного мыщелка и отношения ширины мыщелков на уровне трансэпикондилярной линии к высоте наружного мыщелка БК имели достоверные различия, которые имели корреляцию с полом. Полученные результаты согласуются с проведенными ранее исследованиями, в которых авторы обнаруживали различия, связанные не только с полом, но и с расой, в анатомическом строении коленного сустава и выделяли несколько его морфотипов [10]. Наиболее характерной чертой «женского» типа строения стал «узкий и глубокий сустав», что легло в основу проектирования дизайна так называемых гендерных эндопротезов.

Анатомическое строение областей бедренного прикрепления ПКС изучено достаточно хорошо, но исследования продолжаются, и последние работы направлены на выявление связей между их метрическими показателями и отдельными более простыми и доступными для измерения параметрами с целью предоперационного планирования. Наше изучение областей бедренного прикрепления ПКС в коленных суставах показало, что у женщин ее размеры и площадь были существенно меньше на 36–49 %, чем у мужчин. В то же время в отдельных клинических исследованиях отмечалась значительная вариабильность размеров областей прикрепления ПКС, иногда не зависящая от половой принадлежности. Так, S. Kopf с соавт. выявляли значимые, но слабые корреляции площади областей прикрепления ПКС с ростом, весом, индексом массы тела каждого пациента. В исследованиях Gali J.S. с соавт. и Y.B. Park с соавт. сделали заключение о наличии устойчивой корреляции между антропометрическими данными и размерами областей прикрепления связки. Взаимосвязь между последними и площадью внутренней поверхности наружного мыщелка бедренной кости была установлена по результатам исследования T. Iriuchishima с соавт. Отличием нашего исследования являлось рассмотрение строения и топографии областей прикрепления ПКС с позиций выявленных особенностей «женского» типа строения коленного сустава. Свойственные этому типу пропорции дистального эпифиза бедренной кости соотносились с меньшей площадью (на 36–49 %) и более овальной формой областей прикрепления связки, в основном за счет уменьшения широтных размеров. Топографически бедренная область прикрепления ПКС и ее центр располагались на 3 мм дистальнее и на 1,5 мм кзади (кпереди и книзу при артроскопической визуализации), чем у мужчин.

Таким образом, известно, что у женщин согласно статистическим данным имеется более высокий риск повреждений ПКС. Одним из предрасполагающих

факторов подобных травм при прочих равных условиях являются особенности анатомического строения их коленного сустава, в том числе область прикрепления ПКС. Однако в литературе пока не представлены убедительные клинические доказательства о влиянии гендерного фактора на результаты первичной пластики ПКС. Что не противоречит концепции для совершенствования принципиальных подходов анатомической техники восстановления ПКС с учетом имеющихся половых особенностей строения коленного сустава и областей прикрепления связки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анатомические пропорции, характеризующие строение дистального эпифиза бедренной кости у женщин и мужчин, позволяют выделять «женский» и «мужской» типы строения коленного сустава, а также лежат в основе определенных морфометрических и топографических различий областей прикрепления ПКС. Меньшая по площади область бедренного прикрепления ПКС и ее центр в коленных суставах с «женским» типом строения расположены на 3 мм дистальнее и на 1,5 мм кзади (кпереди и книзу при артроскопической визуализации) по сравнению с областью прикрепления ПКС и ее центром в коленных суставах у мужчин. Гендерные различия в строении областей прикрепления ПКС обусловливают необходимость их учета в существующих хирургических подходах к выполнению анатомической реконструкции связки.

REFERENCES

1. Paschos N.K., Howell S.M. Anterior cruciate ligament reconstruction: principles of treatment. *EFORT Open Rev*. 2016;11:398–408.

2. Paterno M.V., Weed A.M., Hewett T.E. A between sex comparison of anterior-posterior knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon or hamstrings autograft: a systematic review. *Sports Med*. 2012;42(2):135–152.

3. Samarth A., Hemant K.K., Sanjay P.H., Ajay K., Dinesh M., Vishal H. Comparison of femoral foot prints in acute V/S chronic ACL injury. *International Journal of Orthopaedics Sciences*. 2017;3(3):367–370.

4. Gans I., Retzky J.S., Jones L.C., Tanaka M.J. Epidemiology of recurrent anterior cruciate ligament injuries in National Collegiate Athletic Association sports: the Injury Surveillance Program, 2004–2014. *Orthop J Sports Med*. 2018;6(6):23–25.

5. Tachibana Y., Shino K., Mae T., Iuchi R., Take Y., Nakagawa S. Anatomical rectangular tunnels identified with the arthroscopic landmarks result in excellent outcomes in ACL reconstruction with a BTB graft. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc*. 2019;27:2680–2690.

6. Gwinn D.E., Wilckens J.H., McDevitt E.R., Ross G., Kao T.C. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. *Am J Sports Med*. 2000;28(1):98–102.

7. Nicholls M., Aspelund T., Ingvarsson T., Briem K. Nationwide study highlights a second peak in ACL tears for women in their early forties. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc*. 2017;26:648–654.

8. Iguchi J., Tateuchi H., Taniguchi M., Ichihashi N. The effect of sex and fatigue on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during unanticipated sidestep cutting. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc*. 2014;22(1):41–48.

9. Ouanezar H., Blakeney W.G., Fernandes L.R. et al. Clinical outcomes of single anteromedial bundle biologic augmentation technique for anterior cruciate ligament reconstruction with consideration of tibial remnant size. *Arthroscopy*. 2018;34(3):714–722.

10. Everhart J.S., Chaudhari A.M.W., Flanigan D.C. Creation of a simple distal femur morphology classification system. *J Ortopedic Research*. 2016;34(6):924–931.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Илья Владимирович Володин – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет; младший научный сотрудник лаборатории клинической и экспериментальной ортопедии, Волгоградский научный медицинский центр, Волгоград, Россия

Дмитрий Александрович Маланин – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет; заведующий лабораторией клинической и экспериментальной ортопедии, Волгоградский научный медицинский центр, Волгоград, Россия; malanin67@mail.ru

Илья Алексеевич Сучилин – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет; научный сотрудник, Волгоградский научный медицинский центр, Волгоград, Россия; omnio@mail.ru

Максим Васильевич Демещенко – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет; научный сотрудник, Волгоградский научный медицинский центр, Волгоград, Россия; maximus275@yandex.ru

Александр Львович Жуликов – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; julikov60@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.11.2021; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 30.05.2022.

The authors declare no conflicts of interests.

Information about the authors

Ilya V. Volodin – Assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Volgograd State Medical University; Junior Researcher of the Laboratory of Clinical and Experimental Orthopedics, Volgograd Scientific Medical Center, Volgograd, Russia

Dmitry A. Malanin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Volgograd State Medical University; Head of the Laboratory of Clinical and Experimental Orthopedics, Volgograd Scientific Medical Center, Volgograd, Russia; malanin67@mail.ru

Ilya A. Suchilin – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Volgograd State Medical University; Researcher, Volgograd Scientific Medical Center, Volgograd, Russia; omnio@mail.ru

Maxim V. Demeshchenko – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Volgograd State Medical University; Researcher, Volgograd Scientific Medical Center, Volgograd, Russia; maximus275@yandex.ru

Alexander L. Zhulikov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; julikov60@mail.ru

The article was submitted 22.11.2021; approved after reviewing 25.02.2022; accepted for publication 30.05.2022.