



Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки

Д.А. Маланин, И.В. Володин, И.А. Сучилин, М.В. Демещенко

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Волгоград, Россия
ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия

Реферат

Актуальность. Современные принципы реконструкции ПКС и известные хирургические техники не учитывают особенностей анатомического строения коленного сустава у женщин ввиду недостаточной обоснованности их влияния на результаты лечения. **Цель исследования** — получить новые данные о строении областей прикрепления передней крестообразной связки (ПКС) в коленном суставе с учетом половой принадлежности человека и с позиций хирургической анатомии. **Материал и методы.** Изучено 40 непарных «свежих» анатомических препаратов коленного сустава человека, полученных от лиц женского и мужского пола. После препарирования коленных суставов проведена морфометрия дистального эпифиза бедренной и проксимального эпифиза большеберцовой костей с помощью цифрового скользящего штангенциркуля по 16 параметрам. При исследовании областей прикрепления ПКС оценена их форма, размеры, площадь и удаленность центра от отдельных костных структур. Полученные данные были соотнесены с типом строения коленного сустава. **Результаты.** В коленных суставах с «женским» типом строения по сравнению с «мужским» при измерении дистального эпифиза бедренной кости достоверные отличия ($p < 0,05$) установлены по следующим параметрам: ширина мыщелков на уровне трансэпикондиллярной линии, ширина межмыщелковой ямки, длина и высота наружного мыщелка и отношение ширины мыщелков на уровне трансэпикондиллярной линии к высоте наружного мыщелка. В области проксимального эпифиза большеберцовой кости гендерные различия обнаружены при измерении фронтальных и сагиттальных размеров суставной поверхности, ширины межмыщелкового возвышения и заднего наклона суставной поверхности эпифиза большеберцовой кости. Данные особенности формировали иные пропорции в строении коленного сустава для лиц женского пола. Обнаружено, что 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). В свою очередь, область большеберцового прикрепления и ее центр локализовались на 2 мм кпереди по сравнению с коленными суставами «мужского» типа строения. **Заключение.** Обнаруженные анатомические особенности позволяют выделять «женский» и «мужской» типы строения коленного сустава, что обуславливает гендерные различия в топографии областей прикрепления ПКС и определяет необходимость их учета при анатомической реконструкции связки.

Ключевые слова: анатомия коленного сустава, морфометрия коленного сустава, передняя крестообразная связка.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Маланин Д.А., Володин И.В., Сучилин И.А., Демещенко М.В. Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(4):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92.

Cite as: Malanin D.A., Volodin I.V., Suchilin I.A., Demeshchenko M.V. [Gender Differences of the ACL Insertion Sites]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(4): 80-92. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92.

✉ Володин Илья Владимирович / Ilya V. Volodin, e-mail: volodin_ili@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 21.05.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 28.08.2020.

© Маланин Д.А., Володин И.В., Сучилин И.А., Демещенко М.В., 2020



Gender Differences of the ACL Insertion Sites

Dmitry A. Malanin, Ilya V. Volodin, Ilya A. Suchilin,
Maxim V. Demeshchenko

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Volgograd Science Medical Center, Volgograd, Russia

Abstract

Background. The modern principles of reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) and well-known surgical techniques do not take into account the peculiarities of the anatomical structure of the female knee. This happens due to insufficient substantiation that these peculiarities could influence the results of the treatment. **The purpose of this study** was to obtain new data on the structure of the areas of the ACL attachment, taking into consideration patient's gender and the surgical anatomy. **Material and Methods.** 40 unpaired "fresh" anatomical preparations of the human female and male knees were studied. After preparation of the knee joints, the morphometry of the distal femoral epiphysis and the proximal tibial epiphysis was carried out by a digital sliding caliper according to 16 parameters. The shape, size, area, and the distance of the ACL attachment center from individual bone structures were assessed. The obtained data were correlated with the gender type of the knee structure. **Results.** The distal femoral epiphysis of the "female" type knee joint compared with the "male" type revealed the significant differences ($p < 0.05$) in the following parameters: the width of the condyles at the level of the transepicondylar line, the width of the intercondylar fossa, the length and height of the lateral condyle, and the ratio of the condyles width at the level of the transepicondylar line to the height of the lateral condyle. The tibial proximal epiphysis showed the gender differences in the articular surface frontal and sagittal dimensions, the width of the intercondylar eminence and the posterior slope of the tibial epiphysis articular surface. These features determined the different proportions of the female knee structure. The area of the anterior cruciate ligament femoral attachment and its center in the "female" type of structure were located 3 mm distal and 1.5 mm posteriorly (anteriorly and downwardly in arthroscopic imaging). The area of the tibial attachment of the same ligament and its center were localized 2 mm anteriorly in comparison with the "male" type structure. **Conclusion.** The discovered anatomical differences made it possible to distinguish the "female" and "male" types of the knee structure. The topography of the anterior cruciate ligament attachment areas is gender specific. This should be taken into account in the anatomical reconstruction of the ligament.

Keywords: gender anatomy, ACL, knee morphometry, anatomical reconstruction.

Funding: state budgetary funding.

Введение

Согласно литературным данным, в случаях травматических повреждений коленного сустава женщины оказываются более предрасположенными к разрывам передней крестообразной связки (ПКС), чем мужчины [1, 2, 3, 4, 5]. Соотношение рисков подобных повреждений в некоторых исследованиях оценивается как 1:1,4–9,5, соответственно у лиц мужского и женского пола [6, 7, 8].

Предрасположенность к повреждениям ПКС у женщин имеет многофакторные причины, среди которых некоторые особенности анатомического строения коленного сустава, вероятно, занимают особое место [2, 9, 10, 11, 12, 13]. В частности, высокий риск развития переднезадней и ротационной неустойчивости при повреждениях ПКС связывают с более выраженным по сравнению аналогичным показателем у мужчин наклоном суставной поверхности проксимального большеберцового эпифиза кзади и меньшим соответствием суставных поверхностей бедренной (БК) и большеберцовой (ББК) костей коленного

сустава [8, 9, 14, 15, 16, 17]. Отмечен и ряд других отличий анатомического строения дистального эпифиза БК, позволяющих выделять так называемый «женский» тип коленного сустава, в том числе при разработке дизайна гендерных эндопротезов [18, 19, 20, 21].

Современные принципы реконструкции ПКС и известные хирургические техники не учитывают особенностей анатомического строения коленного сустава у женщин ввиду недостаточной обоснованности их влияния на результаты лечения [22, 23, 24, 25, 26].

Гипотезой нашего исследования явилось предположение о влиянии размеров мышечков эпифизов бедренной и большеберцовой кости характерных для «женского» типа коленного сустава на топографию и строение областей прикрепления ПКС и расположение их центров, относительно которых осуществляется проведение костных тоннелей при реконструкции связки.

Цель исследования заключалась в получении новых данных о строении областей прикрепления

ПКС в коленном суставе с учетом половой принадлежности человека и с позиций хирургической анатомии.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили 40 непарных «свежих» 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 ($p>0,05$).

К критериям исключения из исследования относили наличие выраженных дегенеративных изменений сустава, дисплазии, признаков перенесенных ранее внутрисуставных переломов, повреждений ПКС.

Для получения анатомических препаратов выполняли передний доступ к коленному суставу, мягкие ткани удаляли, цифровым скользящим штангенциркулем с погрешностью 50 мкм (Торех, Польша) проводили морфометрию дистального эпифиза БК по 10 параметрам (рис. 1): ширина мышелков БК на уровне трансэпикондиллярной линии (А-В), форма межмышцелковой ямки БК, ширина межмышцелковой ямки БК по методике М. Wada с соавторами (Н-І) [27], ширина латерального мышцелка БК (G-Н), высота латерального мышцелка БК (C-D), длина латерального мышцелка БК (K-L), ширина медиального мышцелка БК (I-J), высота медиального мышцелка БК (E-F), длина медиального мышцелка БК (K-L), отношение ширины мышцелков на уровне трансэпикондиллярной линии к высоте латерального мышцелка БК(A-B/C-D).

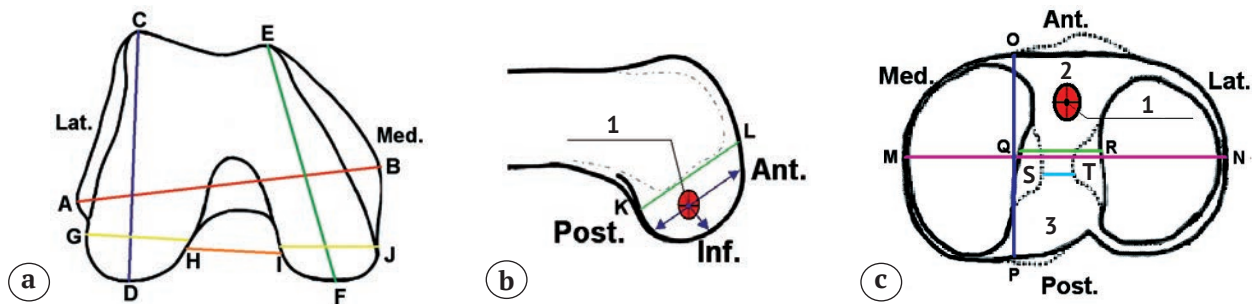


Рис. 1. Схема измерений изучаемых параметров дистального эпифиза бедренной и проксимального эпифиза большеберцовой костей:

- а — схематическое изображение дистального эпифиза бедренной кости в аксиальной проекции на уровне надмышцелков БК: А-В — ширина мышцелков БК на уровне трансэпикондиллярной линии; Н-І — ширина межмышцелковой ямки БК; G-Н — ширина латерального мышцелка БК; C-D — высота латерального мышцелка БК; I-J — ширина медиального мышцелка БК; E-F — высота медиального мышцелка БК;
- б — схематическое изображение дистального эпифиза бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне внутренней поверхности наружного мышцелка бедренной кости: 1 — центр ПКС; K-L — длина латерального мышцелка БК; расстояние от центра ПКС до нижнего, переднего и заднего краев суставного хряща наружного мышцелка БК обозначено стрелками;
- с — схематическое изображение плато проксимального эпифиза большеберцовой кости в аксиальной проекции: 2 — передний край межмышцелкового возвышения; 3 — задний край межмышцелкового возвышения; M-N — фронтальный размер плато ББК; P-O — сагиттальный размер плато ББК; 2-3 — длина межмышцелкового возвышения ББК; Q-R ширина межмышцелкового возвышения ББК; S-T — расстояние между верхушками внутреннего и наружного бугорков межмышцелкового возвышения ББК

Fig. 1. The scheme of measurements of the studied parameters of the distal femoral epiphysis and proximal tibial epiphysis:

- а — the schematic picture of the distal femoral epiphysis in the axial plane at the level of the femoral epicondyles: A-B — width of the femoral condyles at the level of transepicondylary line; H-I — width of the femoral intercondylar fossa; G-H — width of the femoral lateral condyle; C-D — height of the femoral lateral condyle; I-J — width of the femoral medial condyle; E-F — height of the femoral medial condyle;
- б — the schematic picture of the distal femoral epiphysis in the sagittal plane at the level of the inner surface of the femoral lateral condyle: 1 — center of the anterior cruciate ligament; K-L — length of the femoral lateral condyle; the arrows indicate the distance from the center of the ACL to the lower, anterior and posterior edges of the articular cartilage of the femoral lateral condyle;
- с — the schematic picture of the tibial proximal epiphysis plateau in the axial plane: 2 — the anterior edge of the intercondylar eminence; 3 — the posterior edge of the intercondylar eminence; M-N — frontal size of the tibial plateau; P-O — sagittal size of the tibial plateau; 2-3 — the length of the tibial intercondylar eminence measured from the anterior to posterior edges of the intercondylar eminence; Q-R — width of the tibial intercondylar eminence; S-T — the distance between the tops of the medial and lateral intercondylar tubercles

Осциллирующей пилой П-образно выпиливали часть дистального эпифиза БК и забирали вместе с анатомическими структурами межмыщелковой ямки (рис. 2).



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

Fig. 2. The method of extraction of a part of the distal femoral epiphysis with anatomical structures of the intercondylar fossa

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 (см. рис. 1 б).

Аналогичным образом после удаления надколенника и мягких тканей проводили морфометрию проксимального эпифиза ББК по 6 параметрам (см. рис. 1 с): фронтальный размер плато ББК (М-Н), сагиттальный размер плато ББК (Р-О), угол заднего наклона плато ББК, длина межмыщелкового возвышения ББК (ПКМВ-ЗКМВ), ширина межмыщелкового возвышения ББК (Q-R), расстояние между вершинами внутреннего и наружного бугорков межмыщелкового возвышения ББК, после чего осциллирующей пилой полностью отделяли ее суставную поверхность.

Изучение области большеберцового прикрепления ПКС начинали с удаления оставшейся культи связки, очерчивания общей границы ПКС с помощью маркера. После чего определяли форму места ее нативного прикрепления и устанавливали анатомический центр последней, исходя из геометрии фигуры (рис. 3). Затем отмечали взаимоотношение связки и центра области ее прикрепления с окружающими костными структурами

суставной поверхности — наружным, внутренним бугорками и задним краем межмыщелкового возвышения, которые встречаются с частотой практически равной 100%.

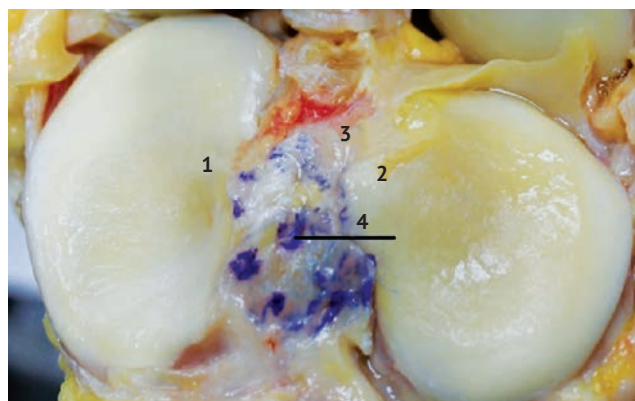


Рис. 3. Взаимоотношение центра области прикрепления ПКС с окружающими костными структурами суставной поверхности проксимального эпифиза большеберцовой кости: 1 — внутренний бугорок; 2 — наружный бугорок; 3 — задний край межмыщелкового возвышения; 4 — центр ПКС

Fig. 3. The relationship of the ACL attachment area center with the surrounding bone structures of the tibial proximal epiphysis articular surface: 1 — medial tubercle; 2 — lateral tubercle; 3 — the posterior edge of the intercondylar eminence; 4 — the center of the anterior cruciate ligament attachment area

На основании сравнения морфометрических параметров, характеризующих анатомические пропорции дистального эпифиза БК и проксимального эпифиза ББК у мужчин и женщин, выделяли только те из них, которые имели статистически значимые различия и описывали так называемый «женский» тип строения коленного сустава. Оценку области прикрепления ПКС (форма, размеры, площадь, топография) соотносили с «женским» или «мужским» типами строения коленного сустава.

Статистический анализ

Вариационно-статистическую обработку результатов проводили в программе SPSS 17.0 (Microsoft®, США), используя методы описательной статистики и сравнительный непараметрический критерий Манна–Уитни–Вилкоксона. Результат считали статистически значимым при $p < 0,05$.

Результаты

Из 10 изученных параметров дистального эпифиза БК в коленных суставах с «женским» типом строения наиболее значимыми оказались ширина мыщелков на уровне трансэпикондиллярной линии, ширина межмыщелковой ямки, длина и высота латерального мыщелка и отношение ширины мыщелков на уровне трансэпикондиллярной линии к высоте наружного мыщелка БК (табл. 1). 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.

Соотношение ширины внутреннего и наружного мыщелков к высоте наружного мыщелка было несколько меньше у женщин, чем у мужчин. В итоге форма дистального эпифиза БК у женщин выглядела более узкой в широтных размерах, но большей по высоте, что обуславливало V-образную форму межмыщелковой ямки, отличающуюся от U-образной формы у мужчин (рис. 4).

Таблица 1

Результаты измерений параметров 40 препаратов дистального эпифиза бедренной кости

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

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

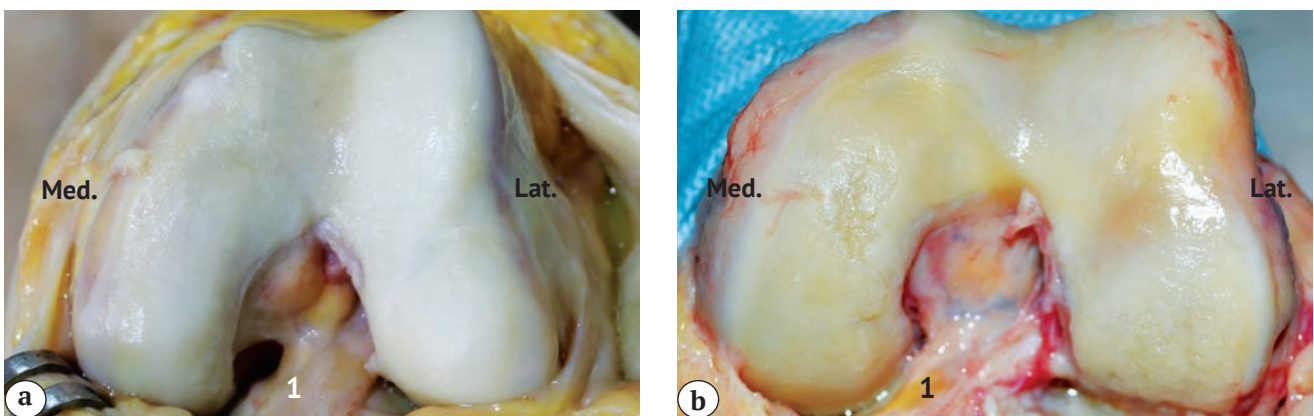


Рис. 4. Гендерные различия в форме дистального отдела и межмыщелковой ямки бедренной кости: а — «женский» тип строения с V-образной формой межмыщелковой ямки; б — «мужской» тип строения с U-образной формой межмыщелковой ямки; 1 — ПКС

Fig. 4. The gender differences in the shape of the distal part and intercondylar fossa of the femur: а — “female” type of structure with a V-shaped intercondylar fossa; б — “male” type of structure with a U-shaped intercondylar fossa; 1 — ACL

Из 20 препаратов дистального эпифиза бедренной кости лиц женского пола значимые различия по 6 указанным параметрам имели место в 19 (95%) случаях.

Сравнительное изучение 6 морфометрических параметров проксимального эпифиза ББК в женских и мужских коленных суставах выявило достоверные различия по 4 из них (табл. 2).

Фронтальный и сагиттальный размеры проксимального эпифиза ББК, ширина межмышцелкового возвышения у мужчин имели большие величины, чем у женщин ($p < 0,05$). Причем именно фронтальный размер обеспечивал некоторые визуальные различия и формировал пропорцию «женского» типа строения проксимального эпифиза ББК

(рис. 5). Напротив, угол заднего наклона проксимального эпифиза ББК у женщин был в среднем на 2° большим, чем у мужчин ($p < 0,05$). Из 20 препаратов проксимального эпифиза ББК у лиц женского пола достоверные различия по 4 вышеуказанным параметрам имели место в 19 (95%) случаях.

Последующие измерения области прикрепления ПКС к внутренней поверхности наружного мыщелка БК показали меньшие величины длиннотных и широтных размеров у женщин по сравнению с мужчинами — $11,1 \pm 1,0$ мм (диапазон 10,0–12,2 мм (♀)) и $15,1 \pm 2,4$ мм (диапазон 11,1–18,6 мм (♂)), $9,0 \pm 2,9$ мм (диапазон 6,9–10,8 мм (♀)) и $12,7 \pm 3,9$ мм (диапазон 9,9–16,6 мм (♂)) соответственно. Площадь области бедренного

Таблица 2

Результаты измерений параметров 40 препаратов проксимального эпифиза большеберцовой кости

Параметры	Женский пол*	Мужской пол*	<i>p</i>
Фронтальный размер проксимального эпифиза ББК (М-N), мм	$69,1 \pm 1,7$ (64,7–71,9)	$80,1 \pm 2,5$ (73,3–83,1)	$< 0,05$
Сагиттальный размер проксимального эпифиза ББК (О-Р), мм	$46,8 \pm 2,8$ (40,4–51,3)	$51,9 \pm 2,6$ (42,1–56,3)	$< 0,05$
Угол заднего наклона проксимального эпифиза ББК, град.	$5,9 \pm 1,6$ (3,2–9,8)	$3,8 \pm 1,2$ (1,3–7,4)	$< 0,05$
Длина межмышцелкового возвышения ББК (ЗКМВ-ПКМВ), мм	$26,0 \pm 1,5$ (24,2–29,4)	$27,8 \pm 1,6$ (24,1–31,0)	$> 0,05$
Ширина межмышцелкового возвышения ББК (Q-R), мм	$22,6 \pm 2,2$ (15,9–27,3)	$25,2 \pm 1,2$ (23,4–29,7)	$< 0,05$
Расстояние между вершущами внутреннего и наружного бугорков межмышцелкового возвышения ББК (ВВ-НВ), мм	$10,4 \pm 1,0$ (7,2–12,1)	$11,3 \pm 0,6$ (9,3–12,8)	$> 0,05$

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

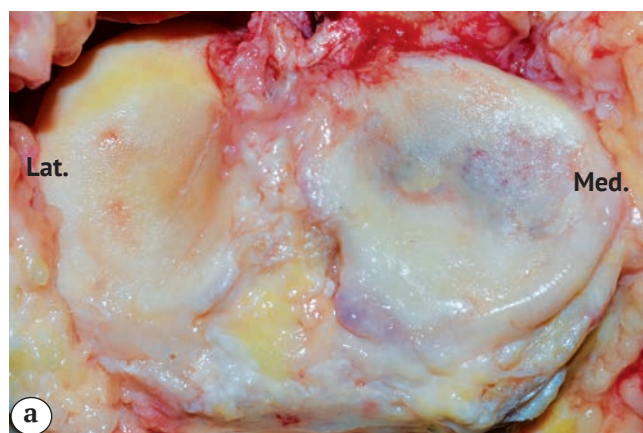


Рис. 5. Гендерные различия в строении плато большеберцовой кости: а — «женский» тип; б — «мужской» тип строения

Fig. 5. The gender differences of tibial plateau structure: a — “female” type; b — “male” type

прикрепления ПКС в женских суставах, которая по форме имела овальную фигуру, составляла $67,9 \pm 10,4 \text{ мм}^2$ (диапазон от 49,4 до 82,1 мм). В мужских суставах область прикрепления имела более вытянутую овальную форму, площадь ее достигала $135,7 \pm 39,1 \text{ мм}^2$ (диапазон от 99,3 до 180,6 мм). Центр области прикрепления ПКС находился на расстоянии $9,2 \pm 1,4 \text{ мм}$ (диапазон 6,5–11,9 мм) от переднего края суставного хряща у женщин и в $12,2 \pm 1,9 \text{ мм}$ (диапазон 9,1–16,8 мм) — у мужчин. Расстояние до нижнего края суставного хряща наружного мыщелка БК составляло $6,4 \pm 1,0 \text{ мм}$ (диапазон 4,3–8,7 мм) и $7,9 \pm 0,9 \text{ мм}$ (диапазон 6,1–9,2 мм) соответственно. Задний край суставного хряща был отдален от центра области прикрепления ПКС у женщин на большее расстояние $7,8 \pm 0,9 \text{ мм}$ (диапазон 5,7–10,3 мм), чем у мужчин $6,6 \pm 1,1 \text{ мм}$ (диапазон 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. 6).

Связанные с полом различия, обусловленные с анатомическими пропорциями проксимального эпифиза БК и рельефа ее суставной поверхности, были выявлены и в расположении области прикрепления ПКС. Последняя, в отличие от таковой в коленных суставах у мужчин, имела более выраженную овальную форму, что соотносилось с превалированием длиннотного (переднезаднего) размера межмышечкового возвышения БК над широтным (поперечным). Так, длина межмышечкового возвы-

шения у женщин составляла $26,0 \pm 1,4 \text{ мм}$ (диапазон 24,2–29,4 мм), у мужчин — $27,8 \pm 1,6 \text{ мм}$ (диапазон 24,1–31,1 мм); ширина — $22,5 \pm 2,2 \text{ мм}$ (диапазон 15,9–27,3 мм) и $25,2 \pm 1,2 \text{ мм}$ (диапазон 23,4–29,7 мм) соответственно. При этом расстояние между верхушками внутреннего и наружного бугорков межмышечкового возвышения в женских суставах не превышало $10,4 \pm 1,0 \text{ мм}$ (диапазон 7,2–12,1 мм), а в мужских — $11,3 \pm 0,6 \text{ мм}$ (диапазон 9,3–12,8 мм). Длина области прикрепления ПКС имела незначительные различия — $12,2 \pm 2,2 \text{ мм}$ у женщин (диапазон 8,0–15,9 мм) и $13,3 \pm 1,8 \text{ мм}$ у мужчин (диапазон 10,3–16,3 мм). Напротив, ширина отличалась более чем на 3 мм — $8,0 \pm 1,0 \text{ мм}$ (диапазон 6,5–11,7 мм) у женщин и $11,5 \pm 1,8 \text{ мм}$ (диапазон 8,4–16,5 мм) у мужчин. В итоге площадь области большеберцового прикрепления ПКС в суставах с «женским» типом имела меньшую величину — $76,6 \pm 16,4 \text{ мм}^2$ (диапазон 53,2–115,6 мм²), чем в суставах с «мужским» типом строения — $120,1 \pm 24,2 \text{ мм}^2$ (диапазон 71,4–192,4 мм²).

Сравнительное изменение топографических взаимоотношений между отдельными образованиями суставной поверхности БК в женских и мужских коленных суставах повлекло за собой небольшое увеличение расстояния от центра прикрепления ПКС до заднего края межмышечкового возвышения. В первом случае эта величина составила $14,9 \pm 1,2 \text{ мм}$ (диапазон 12,7–17,2 мм), во втором — $12,9 \pm 1,5 \text{ мм}$ (диапазон 10,2–15,3 мм).

Таким образом, меньшая по площади область большеберцового прикрепления ПКС и ее центр в коленных суставах с «женским» типом строения располагались несколько кпереди (на 2 мм) по сравнению с областью прикрепления ПКС и ее центром в коленных суставах у мужчин (рис. 7).

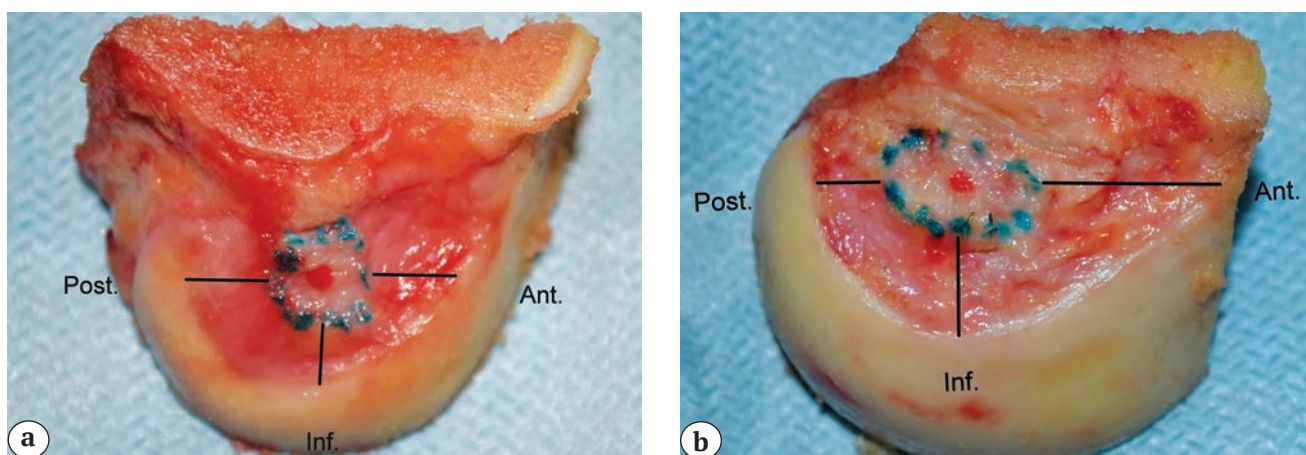


Рис. 6. Топография области бедренного прикрепления ПКС в коленных суставах с «женским» (а) и «мужским» (б) типами строения (в положении коленного сустава при артроскопической визуализации)

Fig. 6. The topography of the ACL femoral attachment area: a — “female” type, b — “male” type (the position of the knee joint during arthroscopic imaging)

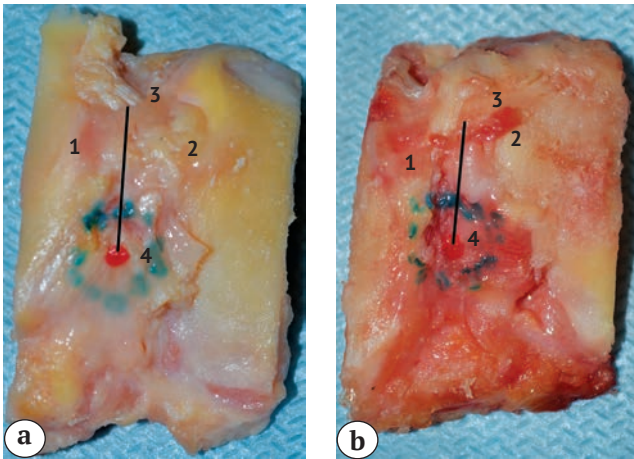


Рис. 7. Топография области большеберцового прикрепления ПКС в коленных суставах с «женским» (а) и «мужским» (б) типами строения: 1 — внутренний бугорок; 2 — наружный бугорок; 3 — задний край межмыщелкового возвышения; 4 — центр ПКС

Fig. 7. The topography of the ACL tibial attachment area: a — “female” type; b — “male” type; 1 — medial tubercle; 2 — lateral tubercle; 3 — the posterior edge of the intercondylar eminence; 4 — the center of the ACL attachment area

Обсуждение

Значительно более высокий риск возникновения повреждений ПКС у женщин по сравнению с мужчинами подтверждается статистическими данными, полученными при оценке разных видов травматизма и физической активности. Так, частота бесконтактных повреждений ПКС, согласно исследованиям D.E. Gwinn с соавторами и L.J. Huston с соавторами, оказалась в 3–9 раз выше у женщин, чем у мужчин [7, 28]. В женском футболе этот показатель в 2–6 раз выше, в женском регби — в 2 раза, в женской вольной борьбе — в 4 раза, в женском баскетболе — в 4 раза, при прохождении женщинами военной подготовки — в 10 раз выше по сравнению с мужчинами [7, 29, 30]. Наряду с этим у женщин на 33,7% выше риск реконструкции ПКС в противоположном, уже подвергшемуся хирургическому лечению коленному суставу [10]. Неслучайно в отдельных странах с начала 2000-х гг. количество операций по поводу повреждений ПКС, даже у спортсменок моложе 18 лет, увеличилось более чем на 30% [31].

Предрасположенность к повреждениям ПКС у женщин объясняется совокупностью отдельных факторов, среди которых анатомические особенности строения коленного сустава имеют ключевое значение. Сравнительно меньшая устойчивость

к переднему и ротационному смещениям голени при характерных для повреждений ПКС механизмах травмы возникает в связи с увеличением у женщин угла наклона кзади большеберцового плато [16]. Значительная уязвимость к повреждениям ПКС объясняется и сравнительно более выраженной дисконгруэнтностью наружного и внутреннего отделов коленного сустава вследствие меньшего радиуса кривизны мыщелков БК, меньшей вогнутости внутренней части и, напротив, большей выпуклости наружной части большеберцового плато [8, 9, 32]. Уменьшению устойчивости коленного сустава у женщин способствует и сравнительно меньшая ширина наружного мыщелка БК [14].

Увеличенный угол Q (более 17°), согласно результатам исследований, повышает риск неконтактного разрыва ПКС, особенно при наличии узкой и низкой межмыщелковой ямки БК — довольно характерной черты строения коленного сустава у женщин [33, 34, 35], которая была отмечена и в нашем исследовании. Напротив, обнаруженная R.F. LaPrade с соавторами относительно меньшая длина ПКС у женщин до сих пор остается предметом обсуждения, а рассмотрение этого фактора в качестве предиктора разрывов связки пока остается недостаточно обоснованным [34].

Нельзя обойти вниманием в этой связи и более высокую по сравнению с мужчинами частоту встречаемости гипермобильности суставов, демонстрирующую зависимость от гормонального фона женского организма и имеющую тенденцию к увеличению в первые 10–14 дней менструального цикла [2, 9, 33, 36].

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 [2, 9, 11, 13].

Влияние предикторов повреждений ПКС, количество которых при прочих равных условиях оказывается несколько большим у женщин, чем у мужчин, по-видимому, сохраняется и в связи с последующим хирургическим 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 на сегодняшний день не имеет весомых подтверждений и остается дискуссионным [10, 37, 38].

Соблюдение анатомических принципов при выполнении реконструкции ПКС, таких как воссоздание индивидуальной формы, размеров, пространственного расположения трансплантата, приближенных к таковым у естественной связки конкретного пациента, становится определяющим в достижении положительных результатов лечения [39, 40, 41, 42]. Напротив, среди ведущих причин неудачных исходов первичных и ревизионных реконструкций ПКС, независимо от половой принадлежности пациента, признается некорректное с анатомической точки зрения расположение тоннелей для проведения и фиксации трансплантата. Согласно отдельным исследованиям, частота их составляет 22–79% случаев среди других причин, приводящих к отрицательным результатам лечения. Причем ошибочное расположение бедренного тоннеля встречается более чем у 35% пациентов, тогда как неправильный выбор топографии бедренного и большеберцового тоннелей становится основной причиной подобных исходов более чем у 70% пациентов [41, 42, 43].

В начале исследования нами было высказано предположение о влиянии размеров мышечков эпифизов БК и ББК, характерных для «женского» типа коленного сустава, на топографию и строение областей прикрепления ПКС и расположение их центров, а в случаях реконструкции связки — на топографию бедренного и большеберцового тоннелей, предназначенных для проведения трансплантата.

Подтверждение или опровержение этой гипотезы потребовало сравнительного изучения особенностей анатомического строения коленных суставов у лиц женского пола. В ходе исследования было выявлено несколько параметров, определяющих характерные пропорции дистального эпифиза БК и проксимального эпифиза ББК, отличающиеся от таковых в коленных суставах у мужчин. Средние значения ширины мышечков БК на уровне трансэпикондиллярной линии, ширины межмышечковой ямки, длины и высоты наружного мышечка и отношения ширины мышечков на уровне трансэпикондиллярной линии к высоте наружного мышечка БК, а также фронтальные и сагиттальные размеры плато ББК, ширина межмышечкового возвышения и задний наклон плато имели достоверные различия, связанные 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 [18, 20]. Наиболее характерной чертой «женского» типа строения стал «узкий и глубокий сустав», что легло в основу проектирования ди-

зайна так называемых гендерных эндопротезов [21, 44, 45].

Анатомическое строение областей прикрепления ПКС изучено достаточно хорошо, и современные исследования в основном направлены на выявление зависимостей между их метрическими показателями и отдельными более простыми и доступными для измерения параметрами с целью предоперационного планирования. В целом размер областей прикрепления ПКС в коленных суставах у женщин был существенно меньшим (на 36–49%), чем у мужчин. В то же время в отдельных клинических исследованиях отмечалась значительная вариабильность размеров областей прикрепления ПКС, часто не зависящая от половой принадлежности [46, 47]. Так, S. Korf с соавторами выявляли значимые, но слабые корреляции площади областей прикрепления ПКС с ростом, весом, индексом массы тела каждого пациента [48]. В исследованиях Gali J.S. с соавторами и Y.B. Park с соавторами можно обнаружить заключение о наличии устойчивой взаимосвязи между антропометрическими данными и размерами областей прикрепления связки [49, 50]. Корреляция между последними и площадью внутренней поверхности наружного мышечка БК или суставной поверхности большеберцового эпифиза была установлена по результатам исследования T. Iriuchishima с соавторами [46].

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 БК и проксимального эпифиза ББК 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. Большеберцовая область прикрепления связки и ее центр были смещены на 2 мм кпереди.

Анализ современных литературных данных в попытке получить ответ на вопрос: «Предопределяет ли женский пол, наряду с более высоким риском разрывов ПКС, сравнительно худшие результаты ее реконструкции?» — пока не позволяет однозначно высказаться по этому поводу. В ряде сравнительных клинических исследований и систематических обзорах отмечалось отсутствие значимых различий в функциональных результатах реконструкции ПКС, а также в величинах переднего смещения голени, независимо от используемого трансплантата [24, 51, 52, 53]. В ряде подобных работ результаты хирургическо-

го лечения у женщин оказались существенно хуже, чем у мужчин, в том числе по показателям переднего смещения голени, качества жизни и восстановления уровня физической активности [54, 55, 56]. В отношении используемого пластического материала А. Gobbi с соавторами и M.V. Paterno с соавторами обосновывали предпочтение ауто-трансплантата из связки надколенника «кость-сухожилие-кость» с двумя костными блоками, который у женщин в меньшей степени подвергается растяжению в послеоперационном периоде по сравнению с сухожилиями подколенных мышц [57, 58]. Напротив, другие авторы пришли к заключению о том, что гендерные различия не являются определяющими при выборе трансплантата для реконструкции ПКС [51, 59, 60].

Таким образом, согласно литературным данным, в настоящее время мы вправе говорить о более высоком риске повреждений ПКС у женщин и особенностях анатомического строения их коленного сустава как об одном из основных факторов, предрасполагающих к подобным травмам при прочих равных условиях. Следует отметить и тот факт, что пока не представлены убедительные клинические доказательства о влиянии гендерного фактора на результаты первичной реконструкции ПКС. Последнее обстоятельство, однако, не отрицает принципиальных подходов к совершенствованию анатомической техники реконструкции ПКС с учетом имеющихся связанных с полом особенностей строения коленного сустава и областей прикрепления связки.

Заключение

Анатомические пропорции, характеризующие строение дистального эпифиза бедренной и проксимального эпифиза большеберцовой костей у женщин и мужчин, позволяют выделять «женский» и «мужской» типы строения коленного сустава, а также лежат в основе некоторых 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. Подобным образом область большеберцового прикрепления ПКС и ее центр в сравнительном аспекте смещены на 2 мм кпереди.

Связанные с полом различия в строении областей прикрепления ПКС обуславливают необходимость их учета в существующих хирургических подходах к выполнению анатомической реконструкции связки.

Литература [References]

- Schilaty N.D., Bates N.A., Nagelli C., Krych A.J., Hewett T.E. Sex-based differences in knee kinetics with anterior cruciate ligament strain on cadaveric impact simulations. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(3):23-25. doi: 10.1177/2325967118761037.
- Griffin L.Y., Agel J., Albohm M.J., Arendt E.A., Dick R.W., Garrett W.E. et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000;8(3):141-150. doi: 10.5435/00124635-200005000-00001.
- Hutchinson M.R., Ireland M.L. Knee injuries in female athletes. *Sports Med.* 1995;19:288-302. doi: 10.2165/00007256-199519040-00006.
- Arendt E., Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. *Am J Sports Med.* 1995;23:694-701. doi: 10.1177/036354659502300611.
- 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 Traumatol Arthrosc.* 2017;26:648-654. doi: 10.1007/s00167-017-4807-0.
- Stevenson H., Webster J., Johnson R., Beynon B. Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *Iowa Orthop J.* 1998;18:64-66.
- 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. doi: 10.1177/03635465000280012901.
- Schneider A., Si-Mohamed S., Magnussen R.A., Lustig S., Neyret P., Servien E. Tibiofemoral joint congruence is lower in females with ACL injuries than males with ACL injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26:1375-1383. doi: 10.1007/s00167-017-4756-7.
- Hewett T.E., Myer G.D., Ford K.R., Heidt R.S., Colosimo A.J., McLean S.G. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501. doi: 10.1177/0363546504269591.
- Snaebjörnsson T., Svantesson E., Sundemo D., Westin O., Sansone M., Engebretsen L. et al. Young age and high BMI are predictors of early revision surgery after primary anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study from the Swedish and Norwegian knee ligament registries based on 30,747 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3583-3591. doi: 10.1007/s00167-019-05487-2.
- Iguchi J., Tateuchi H., Taniguchi M., Ichihashi N. The effect of sex and fatigue on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during unanticipated side-step cutting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(1):41-48. doi: 10.1007/s00167-013-2526-8.
- Trigsted S.M., Cook D.B., Pickett K.A., Cadmus-Bertram L., Dunn W.R., Bell D.R. Greater fear of reinjury is related to stiffened jump-landing biomechanics and muscle activation in women after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26:3682-3689. doi: 10.1007/s00167-018-4950-2.
- Signaturethsson H.B., Briem K. Cluster analysis successfully identifies clinically meaningful knee valgus moment patterns: frequency of early peaks

- reflects sex-specific ACL injury incidence. *J Exp Orthop*. 2019;6(1):37. doi: 10.1186/s40634-019-0205-5.
14. Hashemi J., Chandrashekar N., Mansouri H., Gill B., Slauterbeck J. R., Schutt R.C. et al. Shallow medial tibial plateau and steep medial and lateral tibial slopes: new risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 2010;38(1):54-62. doi: 10.1177/0363546509349055.
 15. Wahl C.J., Westermann R.W., Blaisdell G.Y., Cizik A.M. An association of lateral knee sagittal anatomic factors with noncontact ACL injury: sex or geometry? *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(3):217-226. doi: 10.2106/JBJS.K.00099.
 16. Hohmann E., Bryant A., Reaburn P., Tetsworth K. Is there a correlation between posterior tibial slope and non-contact anterior cruciate ligament injuries? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(1):109-114. doi: 10.1007/s00167-011-1547-4.
 17. Brandon M.L., Haynes P.T., Bonamo J.R., Flynn M.I., Barrett G.R., Sherman M.F. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency. *Arthroscopy*. 2006;22(8):894-899. doi: 10.1016/j.arthro.2006.04.098.
 18. Everhart J.S., Chaudhari A.M.W., Flanigan D.C. Creation of a simple distal femur morphology classification system. *J Orthopedic Research*. 2016;34(6):924-931. doi: 10.1002/jor.23102.
 19. Hohe J., Ateshian G.A., Reiser M., Englmeier K., Eckstein F. Surface size, curvature analysis, and assessment of knee joint incongruity with MRI in vivo. *Magn Reson Med*. 2002;47(3):554-561. doi: 10.1002/mrm.10097.
 20. Mahfouz M., Abdel Fatah E.E., Bowers L.S., Scuderi G. Three-dimensional morphology of the knee reveals ethnic differences. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(1):172-185. doi: 10.1007/s11999-011-2089-2.
 21. Gillespie R.J., Levine A., Fitzgerald S.J., Kolaczko J., DeMaio M., Marcus R.E. et al. Gender differences in the anatomy of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(3):357-363. doi: 10.1302/0301-620X.93B3.24708.
 22. Aldrian S., Valentin P., Wondrasch B., Krusche-Mandl I., Ostermann R.C., Platzer P. et al. Gender differences following computer-navigated single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22:2145-2152. doi: 10.1007/s00167-013-2649-y.
 23. Siebold R., Webster K.E., Feller J.A., Sutherland A.G., Elliott J. Anterior cruciate ligament reconstruction in females: a comparison of hamstring tendon and patellar tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14(11):1070-1076. doi: 10.1007/s00167-006-0100-3.
 24. Ryan J., Magnussen R., Cox C., Hurbank J., Flanigan D., Kaeding C. ACL reconstruction: Do outcomes differ by sex? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(6):507-512. doi: 10.2106/JBJS.M.00299.
 25. Tan S.H., Lau B.P., Khin L.W., Lingaraj K. The importance of patient sex in the outcomes of anterior cruciate ligament reconstructions: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2016;44(1):242-254. doi: 10.1177/0363546515573008.
 26. 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. doi: 10.2165/11596940-000000000-00000.
 27. Wada M., Tatsuo H., Baba H., Asamoto K., Nojyo Y. Femoral intercondylar notch measurements in osteoarthritic knees. *Rheumatology*. 1999;38(6):554-558. doi: 10.1093/rheumatology/38.6.554.
 28. Huston L.J., Greenfield M.L., Wojtys E.M. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(372):50-63. doi: 10.1097/00003086-200003000-00007.
 29. Caplan N., Kader D.F. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. In: *Classic Papers in Orthopaedics*. London: Springer; 2014. p. 153-155. doi: 10.1007/978-1-4471-5451-8_37.
 30. Sutton K.M., Bullock J.M. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21:41-50. doi: 10.5435/JAAOS-21-01-41.
 31. Herzog M.M., Marshall S.W., Lund J.L., Pate V., Mack C.D., Spang J.T. Incidence of anterior cruciate ligament reconstruction among adolescent females in the United States, 2002 Through 2014. *JAMA Pediatr*. 2017;171(8):808-810. doi: 10.1001/jamapediatrics.2017.0740.
 32. McNair P.J., Wood G.A., Marshall R.N. Stiffness of the hamstring muscles and its relationship to function in anterior cruciate ligament deficient individuals. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1992;7(3):131-137. doi: 10.1016/0268-0033(92)90027-2.
 33. Alenton-Geli E., Myer G.D., Silvers H.J. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(7):705-729. doi: 10.1007/s00167-009-0813-1.
 34. LaPrade R.F., Burnett Q.M. Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries. A prospective study. *Am J Sports Med*. 1994;22(2):198-202. doi: 10.1177/036354659402200208.
 35. Bouras T., Fennema P., Burke S., Bosman H. Stenotic intercondylar notch type is correlated with anterior cruciate ligament injury in female patients using magnetic resonance imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(4):1252-1257. doi: 10.1007/s00167-017-4625-4.
 36. Kumar B., Lenert P. Joint hypermobility syndrome: recognizing a commonly overlooked cause of chronic pain. *Am J Med*. 2017;130(6):640-647. doi: 10.1016/j.amjmed.2017.02.013.
 37. Lind M., Menhert F., Pedersen A.B. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17:117-124. doi: 10.1007/s00167-008-0654-3.
 38. Capogna B.M., Mahure S.A., Mollon B., Duenes M.L., Rokito A.S. Young age, female gender, Caucasian race, and workers' compensation claim are risk factors for reoperation following arthroscopic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;(28):2213-2223. doi: 10.1007/s00167-019-05798-4.
 39. Ouanezar H., Blakeney W.G., Fernandes L.R., Borade A., Latrobe C., Temponi E.F. 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. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.309.
 40. Yasen S.K., Borton Z.M., Eyre-Brook A.I., Palmer H.C., Cotterill S.T., Risebury M.J. et al. Clinical outcomes of anatomic, all-inside, anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Knee*. 2017;24(1):55-62. doi: 10.1016/j.knee.2016.09.007.
 41. 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 Traumatol Arthrosc.* 2019;27:2680-2690. doi: 10.1007/s00167-018-5300-0.
42. Rothrauff B.B., Jorge A., de Sa D., Kay J., Fu F.H., Musahl V. Anatomic ACL reconstruction reduces risk of post-traumatic osteoarthritis: a systematic review with minimum 10-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;28:1072-1084. doi: 10.1007/s00167-019-05665-2.
 43. Achtnich A., Ranuccio F., Willinger L., Pogorzelski J., Imhoff A.B., Braun S. et al. High incidence of partially anatomic tunnel placement in primary single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26:462-467. doi: 10.1007/s00167-017-4555-1.
 44. Greene K.A. Gender-specific design in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2007;22:27-31. doi: 10.1016/j.arth.2007.05.019.
 45. Yoshioka Y., Siu D., Cooke T.D. The anatomy and functional axes of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(6):873-880.
 46. Iriuchishima T., Ryu K., Aizawa S., Fu F.H. Proportional evaluation of anterior cruciate ligament footprint size and knee bony morphology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3157-3162. doi: 10.1007/s00167-014-3139-6.
 47. Gali J.C., Camargo D.B., Oliveira F.A.M., Pereira R.H.N., Silva P.A.C.D. Descriptive anatomy of the anterior cruciate ligament femoral insertion. *Rev Bras Ortop.* 2018;53(4):421-426. doi: 10.1016/j.rboe.2018.05.004.
 48. Kopf S., Pombo M.W., Szczodry M., Irrgang J., Fu F.H. Size variability of the human anterior cruciate ligament insertion sites. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):108-113. doi: 10.1177/0363546510377399.
 49. Gali J.C., Del Giglio D.B., Patriarcha L.F., Cruz B.A.P., Gali Filho J.C. Correlation between Individual Anthropometric Characteristics and Anterior Cruciate Ligament Tibial Fovea Measurements. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2020;55(1):88-94. doi: 10.1055/s-0039-1700816.
 50. Park Y.B., Song Y.S., Kim S.C., Park Y.G., Ha C.W. The size of tibial footprint of anterior cruciate ligament and association with physical characteristics in Asian females. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(7):985-992. doi: 10.1007/s00402-015-2229-3.
 51. Siebold R., Webster K.E., Feller J.A., Sutherland A.G., Elliott J. Anterior cruciate ligament reconstruction in females: a comparison of hamstring tendon and patellar tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:1070-1076. doi: 10.1007/s00167-006-0100-3.
 52. Tan S.H.S., Lau B.P.H., Krishna L. Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Females Using Patellar-Tendon-Bone versus Hamstring Autografts: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Knee Surg.* 2019;32(8):770-787. doi: 10.1055/s-0038-1669916.
 53. Kautzner J., Kos P., Hanus M., Trc T., Havlas V. A comparison of ACL reconstruction using patellar tendon versus hamstring autograft in female patients: a prospective randomised study. *Int Orthop.* 2015;39(1):125-130. doi: 10.1007/s00264-014-2495-7.
 54. Noojin F.K., Barrett G.R., Hartzog C.W., Nash C.R. Clinical comparison of intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous semitendinosus and gracilis tendons in men versus women. *Am J Sports Med.* 2000;28(6):783-789. doi: 10.1177/03635465000280060301.
 55. Ageberg E., Forssblad M., Herbertsson P., Roos E.M. Sex differences in patient-reported outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the Swedish knee ligament register. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1334-1342. doi: 10.1177/0363546510361218.
 56. Aldrian S., Valentin P., Wondrasch B., Krusche-Mandl I., Ostermann R.C., Platzner P. et al. Gender differences following computer-navigated single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2145-2152. doi: 10.1007/s00167-013-2649-y.
 57. Gobbi A., Domzalski M., Pascual J. Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction in male and female athletes using the patellar tendon and hamstring autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12:534-539. doi: 10.1007/s00167-003-0486-0.
 58. Paterno M.V., Huang B., Thomas S., Hewett T.E., Schmitt L.C. Clinical factors that predict a second ACL injury after ACL reconstruction and return to sport: preliminary development of a clinical decision algorithm. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(12):1-7. doi: 10.1177/2325967117745279.
 59. Ferrari J.D., Bach B.R., Bush-Joseph C.A., Wang T., Bojchuk J. Anterior cruciate ligament reconstruction in men and women: An outcome analysis comparing gender. *Arthroscopy.* 2001;17(6):588-596. doi: 10.1053/jars.2001.24686.
 60. Magnussen R.A., Trojani C., Granan L.P., Neyret P., Colombet P., Engebretsen L. et al. Patient demographics and surgical characteristics in ACL revision: a comparison of French, Norwegian, and North American cohorts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:2339-2348. doi: 10.1007/s00167-015-3835-x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Маланин Дмитрий Александрович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; заведующий лабораторией клинической и экспериментальной ортопедии, ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия. malanin67@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7507-0570>

AUTHORS' INFORMATION:

Dmitry A. Malanin — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department for Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Head of Laboratory for Clinical and Experimental Orthopaedics, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russia. malanin67@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7507-0570>

Володин Илья Владимирович — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; младший научный сотрудник лаборатории клинической и экспериментальной ортопедии, ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия. volodin_ili@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8037-1674>

Сучилин Илья Алексеевич — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия. omnio@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7375-5365>

Демещенко Максим Васильевич — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия. maximus275@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1797-2431>

Ilya V. Volodin — PhD Student of Department for Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russia. volodin_ili@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8037-1674>

Ilya A. Suchilin — Cand. Sci. (Med.), Associated Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russia. omnio@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7375-5365>

Maxim V. Demeshchenko — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russia. maximus275@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1797-2431>

Заявленный вклад авторов:

Маланин Д.А. — анализ литературных источников, формирование гипотезы, формулировка научных положений, разработка дизайна исследования, написание, корректура и окончательное редактирование рукописи.

Володин И.В. — прецизионное препарирование и измерения, написание рукописи, статистический анализ материала.

Сучилин И.А. — разработка дизайна исследования, прецизионное препарирование и измерения, анализ полученных данных.

Демещенко М.В. — сбор материала и подготовка базы данных, статистический анализ материала.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.