

ОБЛАСТЬ БОЛЬШЕБЕРЦОВОГО ПРИКРЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ С ПОЗИЦИЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ

Д. А. Маланин, М. В. Демещенко, А. И. Краюшкин, И. А. Сучилин, Л. Л. Черезов

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии
факультета усовершенствования врачей, кафедра анатомии человека,
Волгоградский медицинский научный центр*

Получены новые сведения по хирургической анатомии области большеберцового прикрепления передней крестообразной связки (ПКС). Область большеберцового прикрепления имеет треугольную или эллипсовидную форму. Длина ее достигает $(16,15 \pm 1,7)$ мм, а ширина — $(12,99 \pm 1,3)$ мм. Площадь области большеберцового прикрепления ПКС составляет $(125,4 \pm 15,46)$ мм². Центр области прикрепления располагается на 1/3 расстояния по линии, соединяющей вершущи внутреннего и наружного межмыщелковых возвышений, и на $(6,16 \pm 0,54)$ мм кпереди по перпендикуляру, восстановленному к этой точке.

Ключевые слова: хирургическая анатомия, большеберцовое прикрепление передней крестообразной связки, центр области прикрепления.

AREA OF THE TIBIAL ATTACHMENT OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT FROM THE PERSPECTIVE OF SURGICAL ANATOMY

D. A. Malanin, M. V. Demeschenko, A. I. Krayushkin, I. A. Suchilin, L. L. Cherezov

Anatomical characteristics of tibial attachment of the anterior cruciate ligament were described. The region of the tibial attachment is of triangular or oval shape, its width is $(12,99 \pm 1,3)$ mm, its length is $(16,15 \pm 1,7)$ mm. The area of the tibial insertion is $(125,4 \pm 15,46)$ mm². The centre is located at 1/3 of the distance along the line connecting the apex of the medial and lateral intercondylar eminences, and $(6,16 \pm 0,54)$ mm anteriorly along the perpendicular erected to this point.

Key words: anatomy, tibial insertion, centre of the tibial attachment.

Передняя крестообразная связка (ПКС) выполняет стабилизирующую функцию коленного сустава и состоит из двух пучков: переднезаднего (ПВ) и задненаружного (ЗН). Проявляя функциональный синергизм, пучки ПКС обеспечивают переднезаднюю и ротационную устойчивость коленного сустава [5, 9]. При сгибании коленного сустава на 90° пучки поворачиваются друг относительно друга таким образом, что ЗН находится кпереди от ПВ. При полном разгибании пучки располагаются вертикально и параллельно, причем ЗН лежит кзади от ПВ [10].

Область прикрепления ПКС находится кпереди и кнаружи от внутреннего бугорка межмыщелкового возвышения [4]. Волокна ПВ пучка сращены с передним рогом, а волокна ЗН пучка могут быть соединены с задним рогом латерального мениска. Область большеберцового прикрепления ПКС описывают как фигуру, имеющую форму эллипса или треугольника, обращенного основанием кпереди [8]. Согласно последним исследованиям, площадь области большеберцового прикрепления ПКС, представленная той или иной геометрической фигурой, варьирует от 67 до 259 мм² [3, 7].

Определение общего центра области прикрепления ПКС и каждого из двух пучков связки в отдельности является одним из весьма ответственных этапов пластики, который предшествует формированию костных каналов для проведения и фиксации транспланта-

та. Отдельные структурные элементы суставной поверхности большеберцовой кости (внутренний и наружный бугорки межмыщелкового возвышения, задняя крестообразная связка, передний рог наружного мениска, поперечная связка коленного сустава, задний край межмыщелкового возвышения) предлагаются для более точной ориентации. Немногие из них удобно использовать непосредственно во время проведения операции в условиях ограниченного обзора. Кроме того, совершенствование техники анатомической пластики предполагает использование иных подходов и соответствующих им референтных структур в ходе выполнения хирургического вмешательства.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить новые сведения по хирургической анатомии области большеберцового прикрепления ПКС.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили препараты 12 свежемороженых коленных суставов человека с неповрежденной ПКС. Суставы с признаками выраженных дегенеративных изменений и деформациями были исключены из исследования.

Препараты коленных суставов размораживали при комнатной температуре, удаляли надколенник и мягкие ткани таким образом, чтобы суставные поверхности

оставались связанными между собой только интактной ПКС. Каждый пучок связки отделяли от места прикрепления к большеберцовой кости, границу области большеберцового прикрепления ПКС обрисовывали с помощью маркера. Суставную поверхность большеберцовой кости с расположенной рядом линейкой для калибровки и изображения фотографировали камерой Canon EOS 1100 D (Китай). Расстояние от объектива составляло 10 см. Изображения оцифровывали и обрабатывали, используя программу для редактирования фотографий (Photoshop Adobe, США).

Площадь прикрепления треугольной формы вычисляли по формуле Герона:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)},$$

при этом $p = 1/2(a + b + c)$; a, b, c — длина каждой стороны треугольника. Для фигуры эллипсовидной формы использовали формулу $S = \pi ab$, где p — число, равное 3,14; a — длина большой полуоси, b — длина малой полуоси.

Центр области прикрепления ПКС рассчитывали как для геометрической фигуры [3]. Затем определяли взаимное расположение центра и отдельных анатомических структур суставной поверхности большеберцовой кости, таких как внутренний и наружный бугорки межмышечкового возвышения, задняя крестообразная связка. Полученное изображение помещали в графическую модель, представляющую собой прямоугольник, стороны которого расположены вдоль краев большеберцовой кости. При этом вертикальные стороны прямоугольника ориентировали параллельно истинной переднезадней оси суставной поверхности большеберцовой кости. Последняя представляла собой перпендикуляр, восстановленный спереди назад к линии, соединяющей медиальный и латеральный мыщелки [2, 6].

Данные, полученные при анатомическом исследовании суставной поверхности большеберцовой кости, соотносили с 3D реконструкциями КТ изображений у 8 пациентов с положительными результатами пластики ПКС [1].

Вариационно-статистическую обработку результатов проводили с использованием методов математи-

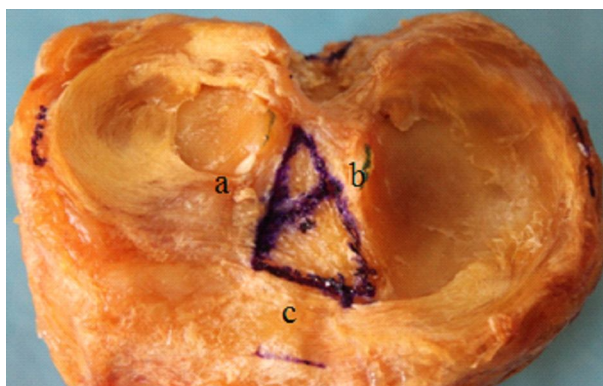
ческой статистики, привлечением возможностей программы SPSS 17,0 (Microsoft®, США). Определяли показатели средней, ее среднеквадратичного отклонения, моду и ошибку репрезентативности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

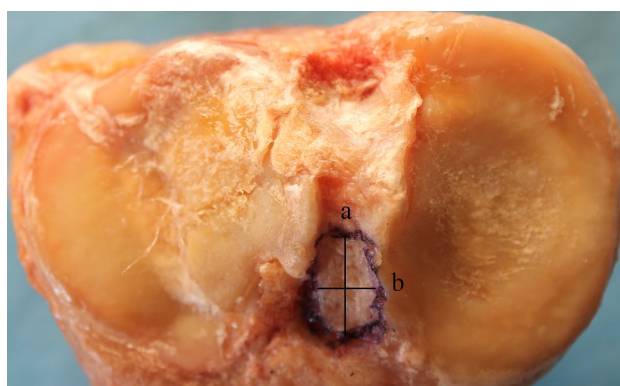
В своей работе T. Zantop, et al. (2008) описали форму большеберцового прикрепления ПКС как овал с фронтальным диаметром равным 11 мм, а сагиттальным — 17 мм [10]. В 2013 г. P. C. Verdonk, et al., исследовал 20 замороженных коленных суставов, пришли к выводу, что область прикрепления связки определяется как плоский многоугольник.

В нашем исследовании были выделены две формы большеберцового прикрепления — треугольная и эллипсовидная. Треугольную форму наблюдали в девяти препаратах коленного сустава, эллипсовидную — в трех (рис. 1А, Б).

Многие исследователи вполне обоснованно уделяют внимание изучению площади прикрепления ПКС к большеберцовой кости, поскольку воссоздание этой части анатомического строения связки при пластике рассматривается как неперемное условие достижения устойчивости коленного сустава. В обзорной статье F. Freddie (2009) приводит данные известных анатомических исследований, согласно которым минимальная площадь области большеберцового прикрепления ПКС составляет 114 мм², а максимальное значение достигает 229 мм² [7]. Выполнив подобные расчеты на препаратах 20 замороженных коленных суставов H. Van der Bracht, et al. (2013) получили несколько больший интервал показателей — от 116 до 262 мм², в то время как средняя статистическая площадь не превышала 220,5 мм². В своей работе M. Ferretti (2011) рассчитывал площадь прикрепления ПКС на 8 препаратах большеберцовой кости с использованием компьютерной томографии и 3D реконструкции изображений. Автор пришел к выводу о том, что средняя площадь составляет 206,2 мм², а стандартная ошибка среднего равна 10,3 мм².



А



Б

Рис. 1. Большеберцовое прикрепление ПКС в форме треугольника (А) и овала (Б)

Статистическая обработка данных нашего исследования показала несколько меньшее значение площади большеберцового прикрепления ПКС ($125,4 \text{ мм}^2$), чем в указанных выше публикациях. Стандартная ошибка среднего при этом составляла $15,46 \text{ мм}^2$; относительная ошибка среднего значения — 13 %. Минимальная площадь достигла $43,32 \text{ мм}^2$, а максимальная — $190,52 \text{ мм}^2$. Наибольшее количество показателей находилось в интервале от 125 мм^2 до 175 мм^2 (рис. 2).

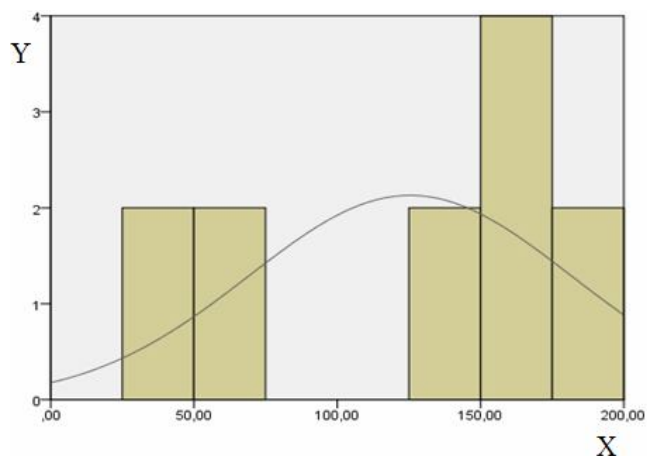


Рис. 2. Среднее значение площади области большеберцового прикрепления ПКС: ось X — площадь большеберцового прикрепления ПКС, ось Y — частота встречаемости показателя

Определение центра области большеберцового прикрепления ПКС имеет важное значение с позиций хирургической анатомии, поскольку трансплантат, расположенный относительно оси, проходящей через центры областей прикрепления связки, занимает анатомически и биомеханически более корректное положение в суставе [8]. Отдельные структуры, связанные с суставной поверхностью большеберцовой кости, используются в качестве референтных точек, относительно которых рассчитывается локализация центра области прикрепления ПКС. Одним из существенных требований к таким референтным структурам считается возможность воспроизведения анатомических измерений в реальной клинической ситуации без усложнения хирургической техники.

Положительный опыт использования референтных структур при традиционной чрезбольшеберцовой технике реконструкции ПКС в последние годы был привнесен и в анатомическую пластику. Однако смена парадигм потребовала проведения дополнительных анатомических и клинических исследований, в ходе которых открылись новые возможности для более точной ориентации относительно ранее не замеченных образований или их комбинаций с уже известными и проверенными способами навигации.

A. Edwards, et al. (2007) находили центр области большеберцового прикрепления ПКС относительно пе-

реднего края задней крестообразной связки. В препаратах 12 коленных суставов он располагался на расстоянии $10,4—19,1 \text{ мм}$ впереди от указанной референтной структуры.

J. W. Luites, et al. (2007) предложили в качестве ориентира считать точку, расположенную на $2/5$ расстояния между внутренним и наружным бугорками межмыщелкового возвышения.

В анатомическом исследовании M. Ferretti (2012) было установлено, что центр большеберцового прикрепления ПКС находится на $(5,7 \pm 1,1) \text{ мм}$ снаружи от бугорка внутреннего межмыщелкового возвышения и на $(9,1 \pm 1,5) \text{ мм}$ кзади от заднего края поперечной связки колена.

S. G. Ziegler, et al. (2011) обнаружили большеберцовый центр на $7,5 \text{ мм}$ кнутри от области прикрепления переднего рога наружного мениска.

В качестве референтных структур в нашем исследовании были приняты внутренний и наружный бугорки межмыщелкового возвышения, задняя крестообразная связка с учетом их доступности и хорошей визуализации во время артроскопии коленного сустава. Центр области большеберцового прикрепления ПКС располагался на $(12,5 \pm 0,56) \text{ мм}$ впереди от задней крестообразной связки, на $1/3$ расстояния по линии, соединяющей верхушки внутреннего и наружного межмыщелковых возвышений, и на $(6,16 \pm 0,54) \text{ мм}$ впереди по перпендикуляру, восстановленному к этой точке (рис. 3).

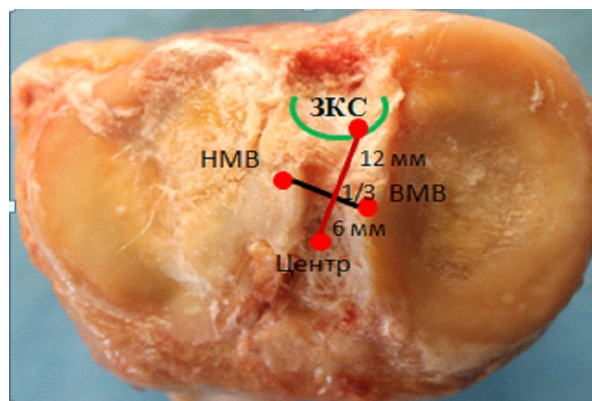


Рис. 3. Методика определения центра области большеберцового прикрепления ПКС: ЗКС — задняя крестообразная связка, НМВ — наружный бугорок межмыщелкового возвышения, ВМВ — внутренний бугорок межмыщелкового возвышения

Совмещение суставной поверхности большеберцовой кости анатомических препаратов с графической моделью показало, что установленная область прикрепления ПКС находится в пределах секторов E6, F6, G6, H6; а ее центр проецируется на середину верхней границы сектора G6 (рис. 4).

Графическая модель, наложенная на 3D реконструированные изображения суставной поверхности, ука-

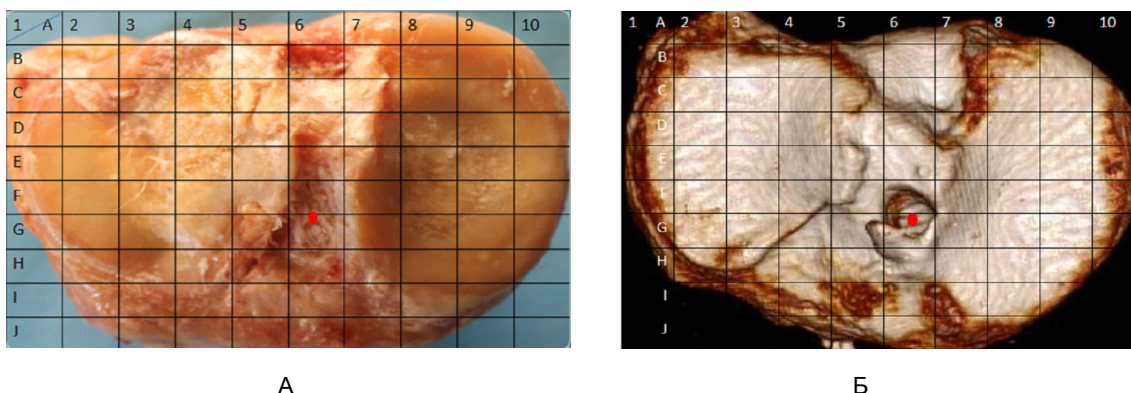


Рис. 4. Расположение области прикрепления ПКС и ее центра относительно графической модели, наложенной на суставную поверхность большеберцовой кости анатомического препарата (А) и 3D реконструированного изображения (Б)

зывала на соответствие в расположении костного канала области большеберцового прикрепления связки, предварительно установленной на анатомических препаратах (рис. 4Б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большеберцовое прикрепление ПКС, имеющее треугольную или эллипсовидную форму, занимает площадь ($125,4 \pm 15,46$) мм². Геометрический центр ее может быть установлен на основании определения взаимоотношений между референтными структурами суставной поверхности большеберцовой кости — внутренним, наружным межмыщелковыми возвышениями и задней крестообразной связкой.

Расположение центра костного канала, сформированного при пластике ПКС на основании референтных структур, соответствует рассчитанному в ходе анатомического исследования геометрическому центру области большеберцового прикрепления ПКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сучилин И. А., Маланин Д. А., Краюшкин А. И. Референтные анатомические структуры межмыщелковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки // Травматология и ортопедия России. — 2012. — № 3. — 67—72 с.
2. Cobb J. P. The anatomical tibial axis: reliable rotational orientation in knee replacement / J. P. Cobb, H. Dixon, W. Dandachli, F. Iranpour // J Bone Joint Surg. — 2008. — 90B. — P. 1032—1038.
3. Colombet P., Robinson J., Christel P., et al. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study // Arthroscopy. — 2006. — № 22. — P. 984—992.

4. Dienst M., Burks R. T., Greis P. E. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament // Orthop Clin North Am. — 2002. — № 33. — P. 605—620.
5. Eck van C. F. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart / C. F. van Eck, B. P. Lesniak, V. M. Schreiber, F. H. Fu // Arthroscopy. — 2010. — № 26. — P. 258—268.
6. Fitzpatrick C. A tibial-based coordinate system for three-dimensional data / C. Fitzpatrick, D. Fitzpatrick, D. Auger, J. Lee // Knee. — 2007. — № 14. — P. 133—137.
7. Fu F. H., Shen W., Starman J. S., et al. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective Study // J Sports Med. — 2008. — № 36 (7). — P. 1263—1265.
8. Petersen W., Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles // Clin Orthop Relat Res. — 2007. — № 454. — P. 35—47.
9. Takahashi M., Doi M., Abe M., et al. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament // J Sports Med. — 2006. — № 34. — P. 787—792.
10. Zantop T., Wellmann M., Fu F. H., et al. Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: anatomic and radiographic findings // J Sports Med. — 2008. — № 36. — P. 65—72.

Контактная информация

Маланин Дмитрий Александрович — д. м. н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: malanin67@mail.ru