

РЕФЕРЕНТНЫЕ АНАТОМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ ПРИ АНАТОМИЧЕСКОЙ ПЛАСТИКЕ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

М.В. Демещенко^{1,2}, Д.А. Маланин^{1,2}, И.А. Сучилин^{1,2}, Л.Л. Черезов¹

¹ ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, пл. Павших борцов, д. 1, г. Волгоград, Россия, 400131

² ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», ул. Рокоссовского, д. 1Г, г. Волгоград, Россия, 400081

Реферат

Цель: определение анатомических структур суставной поверхности большеберцовой кости для использования в качестве ориентиров при формировании большеберцового канала относительно центра области прикрепления передней крестообразной связки (ПКС) при её артроскопической однопучковой пластике.

Материал и методы. Двенадцать препаратов замороженных коленных суставов и 68 непарных мацерированных большеберцовых костей человека изучали с использованием анатомического, морфометрического, статистического методов и графического моделирования.

Результаты. Центр области большеберцового прикрепления ПКС располагался на $13,1 \pm 1,7$ мм впереди от заднего края межмышечкового возвышения, на $1/3$ расстояния по линии, соединяющей верхушки внутреннего и наружного бугорков, и на $6,1 \pm 0,5$ мм впереди по перпендикуляру, восстановленному к этой точке.

Выводы. Внутренний и наружный бугорки, задний край межмышечкового возвышения можно рассматривать как референтные структуры для определения местоположения центра области большеберцового прикрепления ПКС и формирования костного канала при анатомической пластике связки.

Ключевые слова: артроскопическое восстановление передней крестообразной связки, анатомические структуры суставной поверхности большеберцовой кости.

Введение

Современный подход к лечению передней нестабильности коленного сустава характеризуется стремлением к наиболее точному восстановлению анатомического строения передней крестообразной связки (ПКС).

Концепция анатомической пластики, приобретающая в последние годы все более широкую поддержку среди специалистов, основывается на глубоком понимании внутренней организации и биомеханики ПКС [3, 5]. Воссозданию индивидуальной анатомической формы, размеров, пространственного расположения и гистологической структуры ПКС способствуют многие факторы, в том числе формирование областей прикрепления трансплантата, приближенных к таковым у естественной связки конкретного пациента. В этой связи определение общих центров бедренного и большеберцового прикреплений или каждого из двух пучков связки в отдельности считается одним из весьма ответственных этапов пластики, предшествую-

щих проведению костных каналов и фиксации в них одного или нескольких трансплантатов [11]. Знание топографических особенностей областей прикрепления ПКС, а также более детальное изучение вариантов строения встречающихся здесь костных образований способствует выбору точных ориентиров во время хирургического вмешательства [2].

Целью нашего исследования являлось определение анатомических структур суставной поверхности большеберцовой кости для использования в качестве ориентиров при формировании большеберцового канала относительно центра области прикрепления передней крестообразной связки при её артроскопической однопучковой пластике.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили 12 препаратов замороженных коленных суставов с неповрежденной ПКС и 68 непар-

☰ Демещенко М.В., Маланин Д.А., Сучилин И.А., Черезов Л.Л. Референтные анатомические структуры большеберцовой кости при анатомической пластике передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2016; 22(2):34-42.

✉ Демещенко Максим Васильевич. Пл. Павших борцов, д. 1, г. Волгоград, Россия, 400131; e-mail: maximus275@yandex.ru

1 Рукопись поступила: 20.01.2015; принята в печать: 13.05.2016

ных мацерированных большеберцовых костей человека.

Препараты коленных суставов размораживали при комнатной температуре, удаляли надколенник и мягкие ткани. ПКС отделяли от места прикрепления к большеберцовой кости, общую границу которой окрашивали с помощью маркера, определяли её форму, отмечали взаимоотношение связки с окружающими костными структурами суставной поверхности – наружным, внутренним бугорками и задним краем межмышечкового возвышения.

Площадь области прикрепления ПКС треугольной формы вычисляли по формуле:

$$S = 1/2bh,$$

в которой b – длина стороны; h – высота треугольника, опущенная на сторону b (рис. 1А). Для фигуры эллипсовидной формы использовали формулу:

$$S = \pi ab,$$

где π – число, равное 3,14; a – длина большой полуоси; b – длина малой полуоси (рис. 1Б).

Центр общего большеберцового прикрепления ПКС определяли отдельно для каждой геометрической фигуры, после чего описывали его взаиморасположение с указанными выше костными структурами.

Полученные при изучении анатомических препаратов коленного сустава данные экстраполировали на суставную поверхность мацерированных большеберцовых костей. Область прикрепления ПКС, наружный, внутренний бугорки и задний край межмышечкового возвышения определяли визуально и отмечали с помощью маркера. Указанным костным струк-

турам плато большеберцовой кости давали описательную и морфометрическую характеристику, устанавливали особенности взаимного расположения и ориентацию относительно отмеченного центра прикрепления ПКС.

После нанесения разметки большеберцовые суставные поверхности анатомических препаратов коленного сустава и мацерированных костей фотографировали камерой «Canon EOS 1100 D» (Китай) с расположенной рядом линейкой для калибровки изображений. Объектив располагали перпендикулярно суставной поверхности на расстоянии 10 см. Изображения оцифровывали и обрабатывали, используя программу для редактирования фотографий (Photoshop Adobe, США). На полученных изображениях также отмечали наружный, внутренний бугорки и задний край межмышечкового возвышения, а также их взаимное расположение с областью и центром прикрепления ПКС.

Затем изображения помещали в графическую модель, представляющую собой прямоугольник, стороны которого расположены вдоль краев большеберцовой кости. При этом вертикальные стороны прямоугольника ориентировали параллельно истинной передне-задней оси суставной поверхности. Последняя представляла собой перпендикуляр, восстановленный спереди назад, к линии, соединяющей внутренний и наружный мыщелки [7, 23].

В заключение полученные при анатомическом исследовании результаты соотносили с 3D реконструкциями КТ изображений у 9 пациентов с положительными результатами (уровни оценки по шкале IKDC 2000 «норма» или «близко к норме») артроскопической пластики ПКС.

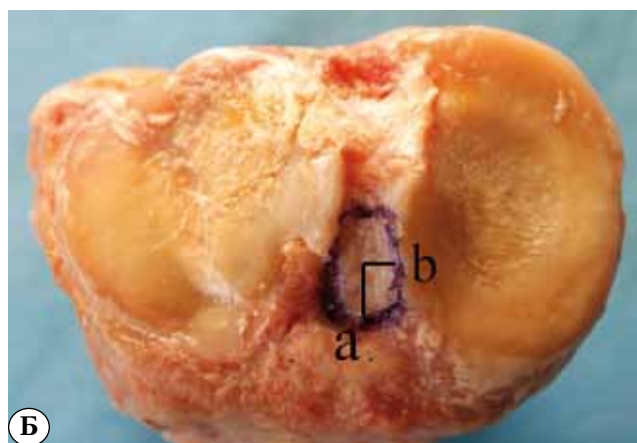
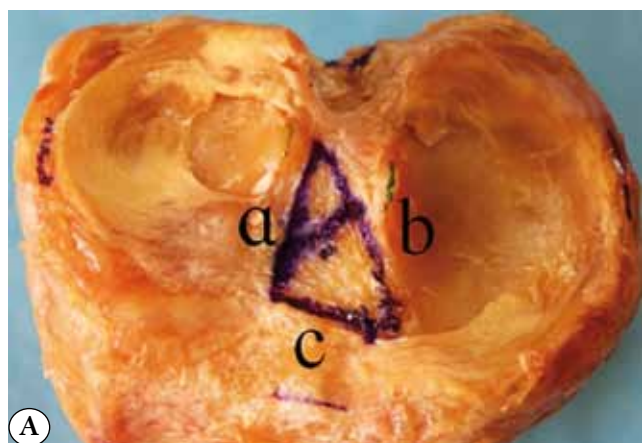


Рис. 1. Области большеберцового прикрепления ПКС:

А – в форме треугольника (буквами a , b , c обозначены стороны треугольника);

Б – в форме овала (буквами a и b обозначены длины полуосей)

Вариационно-статистическую обработку результатов проводили с использованием методов математической статистики и привлечением возможностей программы «SPSS 17,0» (Microsoft®, США).

Результаты и обсуждение

Лучшее понимание строения и функции ПКС, достигнутое в последние годы, скорректировало направление развития хирургической техники пластики связки в русло восстановления индивидуальной анатомии. Согласно последним исследованиям, этот путь представляется единственно возможным для приближения нарушенной кинематики нестабильного коленного сустава к нормальной [6, 10].

В идеале философия анатомической пластики ПКС предполагает воссоздание не только формы, размеров, пространственного расположения и гистологической структуры ПКС, но и формирование областей прикрепления трансплантата, приближенных к таковым у естественной связки конкретного пациента.

Существовавшая ранее точка зрения о проведении большеберцового канала для трансплантата ПКС как менее значимого этапа операции по сравнению с бедренным каналом оказалась далекой от истины. Некорректное расположение костного канала приводило к слабому контролю за ротацией большеберцовой кости, способствовало возникновению соударения с задней крестообразной связкой и развитию фиброзных изменений в переднем отделе сустава [15, 24].

Во многих исследованиях уделялось пристальное внимание изучению формы и размеров области большеберцового прикрепления ПКС как неременному условию для точного определения центра костного канала во время пластики связки.

В 2008 г. Т. Zantop с соавторами, исследовав 20 препаратов коленного сустава человека, пришли к заключению, что форма большеберцового прикрепления представляет собой овал [24]. Напротив, Р.С. Verdonk с соавторами описали область прикрепления ПКС как фигуру, в большей степени напоминающую плоский многоугольник [23].

Изучив анатомию плато большеберцовой кости на 36 препаратах А. Tallay с соавторами пришли к выводу, что в 77,8% случаев место прикрепления имеет вид овала и в 22,8% – вид треугольника [22].

В нашем исследовании суставной поверхности большеберцовой кости в 12 препаратах коленного сустава однообразия формы при-

крепления отмечено не было: в 75% случаев она представляла собой эллипс, а в 25% – неправильный треугольник. Нельзя исключить, что в более презентабельных исследованиях могут быть обнаружены и другие анатомические варианты строения и описывающие их геометрические формы.

Так R. Siebold с соавторами в 20 препаратах коленного сустава, из которых 6 были замороженными а 14 – парафинированными, описали С-образное «прямое» прикрепление ПКС к большеберцовой кости, расположенное около внутреннего бугорка межмышечкового возвышения. «Непрямое» же прикрепление, подразумевавшее волокна, веерообразно расходящиеся кпереди, вместе с «прямым» прикреплением образовывали форму, напоминающую утиный клюв. При этом функциональное значение, по мнению авторов, имела именно С-образная форма, поскольку она повторяла и продолжала собой волокна уплощенной средней части связки, не разделяющейся на какие-либо пучки [20].

С точки зрения хирургической техники, наиболее приближенно удавалось воссоздать округлую или овальную форму большеберцового прикрепления ПКС за счет правильно подобранных взаимоотношений между диаметром сверла и углом наклона костного туннеля. Чем более овальную форму имела область прикрепления, тем более горизонтально должен был быть ориентирован канал. В этом случае удавалось добиться большего соответствия между площадями выходного отверстия костного канала и области естественного прикрепления ПКС к большеберцовой кости, что в последующем сказывалось на устойчивости коленного сустава [15].

Возможность для повторения С-образного «прямого» прикрепления ПКС, согласно новой анатомической концепции R. Siebold с соавторами, достигается посредством эксцентричного расположения уплощенного по форме трансплантата в округлом костном канале [20].

Судя по данным сравнительного изучения площадей области большеберцового прикрепления ПКС и выходного отверстия одноименного костного канала, предпринятого К.К. Middleton с коллегами, доля возмещения пока не превышает 70% и оставляет немало вопросов для поиска новых технических решений [16].

Между тем, результаты известных анатомических исследований свидетельствуют о широком диапазоне результатов измерений и рассчитанных значений площади области большеберцового прикрепления связки. Длина «footprint» ПКС (9–29,3 мм) несколько больше

её ширины (4,7–12,7 мм) [7, 10]. В анатомическом исследовании R. Siebold с соавторами, изучив 50 препаратов коленного сустава человека, пришли к выводу, что площадь прикрепления варьирует от 67 до 259 мм². Средняя величина в их исследовании составляла 114 мм² [19]. Выполнив подобные расчеты на 31 препарате большеберцовой кости, M. Takahashi определил среднюю величину площади, равную 119 мм² [21]. Расчетное среднее значение площади в 12 препаратах коленного сустава, по данным T. Iriuchishima с соавторами, находилось в пределах 123,5 мм² [12]. В обзорной статье F. Fu привел данные ряда известных исследований, согласно которым минимальная средняя площадь области большеберцового прикрепления ПКС составляла 114 мм², а максимальное значение её достигало 229 мм² [11]. Общая площадь прикрепления ПКС в исследовании R. Siebold с соавторами не превышала 110,9 мм², из которых на «прямую» часть приходилось только 31,4 мм² [20].

Статистическая обработка данных нашего исследования показала, что длина области прикрепления достигала $15,1 \pm 0,2$ мм, ширина – $10,9 \pm 0,4$ мм, что в сравнительном аспекте несколько увеличило среднюю величину площади до 125,4 мм² при минимальном и максимальном её показателях 43,3 мм² и 190,5 мм² соответственно. Стандартная ошибка среднего при этом составляла 15,4 мм²; относительная ошибка – 13%.

Определение центра области большеберцового прикрепления ПКС, как известно, 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 [7, 13]. 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 привнесён и в анатомическую пластику. Однако смена парадигмов потребовала проведения дополнительных анатомических и клинических исследований, в ходе которых

открылись новые возможности для более точной ориентации относительно ранее незамеченных образований или их комбинаций с уже известными и проверенными способами навигации.

В качестве референтных структур для определения центра области большеберцового прикрепления ПКС при анатомической пластике было предложено рассматривать культю связки, бугорки и задний край межмышечкового возвышения, поперечную связку колена, а также хорошо знакомые нам из изометрической пластики заднюю крестообразную связку и передний рог наружного мениска.

Так, в анатомическом исследовании M.L. Purnell с соавторами было установлено, что центр большеберцового прикрепления ПКС располагается на $16,5 \pm 2,1$ мм кпереди от задней крестообразной связки, которая присутствует в большинстве случаев, когда выполняется пластика ПКС [18]. Тем не менее, она может быть повреждена полностью или частично, и тогда точный ориентир будет утрачен. Некоторые отклонения в измерениях предполагаются также при определении расстояния от переднего края задней крестообразной связки вследствие пластической деформации последней.

Наиболее постоянной структурой плато большеберцовой кости, по мнению A. Edwards с соавторами, является межмышечковое возвышение. В 55 препаратах коленного сустава центр области прикрепления ПКС авторы определяли на 15 ± 2 мм кпереди от заднего края и на 5 ± 1 мм кнаружи от внутреннего бугорка межмышечкового возвышения [7].

J.W. Luites с коллегами подобным образом находили центр прикрепления ПКС относительно внутреннего бугорка межмышечкового возвышения, отступая от него на $5,1 \pm 1,7$ мм кнаружи и на $9,8 \pm 2,1$ мм кпереди [15].

В качестве ориентира C.G. Ziegler с соавторами предложили использовать точку, расположенную на 7,5 мм кнутри от переднего рога наружного мениска и на 10,5 мм кпереди от заднего края культи передней крестообразной связки [25].

Основываясь на результатах анатомического исследования, F. Fu с соавторами показали, что центр большеберцового прикрепления проецируется на $9,1 \pm 1,5$ мм кзади от заднего края поперечной связки колена и на $5,7 \pm 1,1$ мм кпереди от линии, соединяющей внутренний и наружный бугорки межмышечкового возвышения [8].

Исходя из представления о «прямом» и «непрямом» большеберцовом прикреплении ПКС, R. Siebold с коллегами определили его общий центр, находящийся под областью прикрепления переднего рога наружного мениска.

Избежать повреждения последнего позволяло формирование костного канала, ось которого смещалась несколько кзади – в позицию, принятую в хирургической технике для пластики передне-внутреннего пучка ПКС. В этом случае расположение однопучкового трансплантата связки, по мнению авторов, в большей степени соответствовало области «прямого» прикрепления ПКС [20].

В нашем исследовании возможность применения в качестве референтных структур была рассмотрена для внутреннего и наружного бугорков, заднего края межмыщелкового возвышения с учетом их хорошей визуализации или доступности во время артроскопии коленного сустава. Немаловажным для точности в определении центра области большеберцового прикрепления ПКС считали одновременное использование в качестве ориентиров более двух анатомических структур суставной поверхности.

Исследовав 68 мацерированные большеберцовые кости и 12 препаратов замороженных коленных суставов, мы пришли к выводу, что внутренний и наружный бугорки присутствуют в 100% случаев и являются легко визуализируемыми структурами на суставной поверхности. Для обнажения вершечек бугорков на препаратах коленного сустава практически не требовалось удаления покрывающих мягких тканей, кроме части ПКС, культя которой в клинических ситуациях обычно частично или полностью резецируется. Площадь основания внутреннего и наружного бугорков составляла

$179,3 \pm 30,4 \text{ мм}^2$ и $124,8 \pm 10,3 \text{ мм}^2$ соответственно, расстояние между верхними точками бугорков не превышало $10,6 \pm 0,3 \text{ мм}$.

Другую часть межмыщелкового возвышения – задний его край, подобно бугоркам, наблюдали во всех случаях. Задний край имел вытянутую форму, начинался от внутреннего бугорка межмыщелкового возвышения, направлялся кнаружи и кзади – к заднему рогу наружного мениска, таким образом, что располагался во фронтальной плоскости с косо-поперечной ориентацией. На своем протяжении задний край изменял высоту: в области внутреннего бугорка она достигала максимальной величины $4,5 \pm 0,7 \text{ мм}$, а затем постепенно уменьшалась до $3,0 \pm 0,4 \text{ мм}$ в направлении заднего рога наружного мениска. Длина заднего края составляла $10,7 \pm 0,4 \text{ мм}$, ширина – $9,3 \pm 0,2 \text{ мм}$, площадь – $99,7 \pm 0,1 \text{ мм}^2$ (рис. 2).

Определение взаимоотношений между бугорками, задним краем межмыщелкового возвышения и установленным центром области прикрепления ПКС на анатомических препаратах коленного сустава показало, что последний располагается на $13,2 \pm 1,7 \text{ мм}$ кпереди от заднего края межмыщелкового возвышения, на $1/3$ расстояния по линии, соединяющей вершечки внутреннего и наружного бугорков и на $6,2 \pm 0,5 \text{ мм}$ кпереди по перпендикуляру восстановленному к этой точке (рис. 3). В нашем исследовании было отмечено удаление центра большеберцового прикрепления ПКС от переднего рога наружного мениска на $4 \pm 0,7 \text{ мм}$.

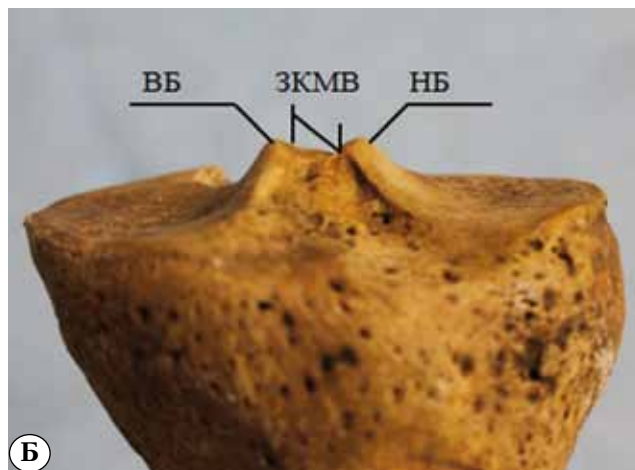
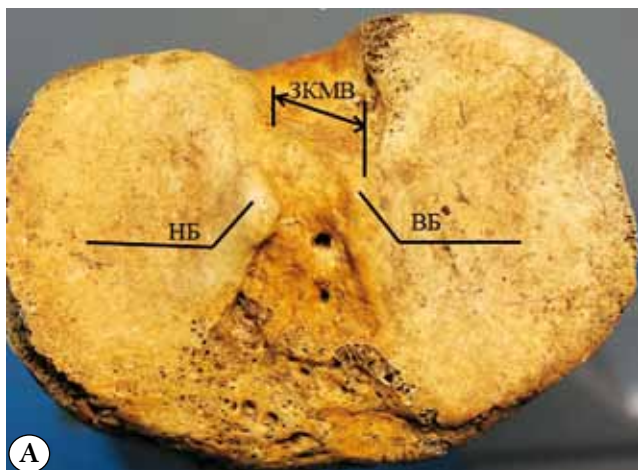


Рис. 2. Суставная поверхность мацерированного препарата большеберцовой кости:
 А – вид сверху; Б – вид спереди; ВБ – внутренний бугорок; НБ – наружный бугорок;
 ЗКМВ – задний край межмыщелкового возвышения

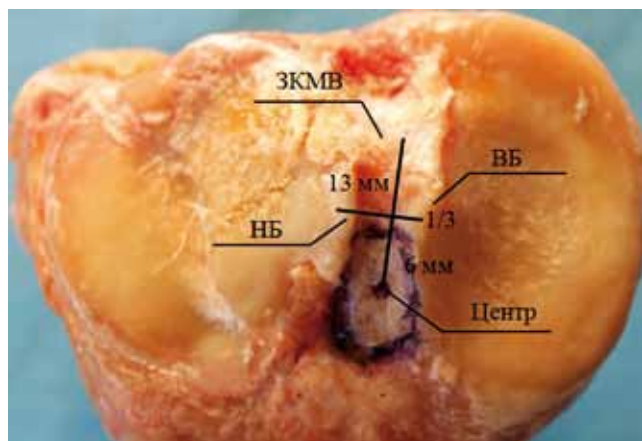


Рис. 3. Методика определения центра области большеберцового прикрепления ПКС:
ВБ – внутренний бугорок; НБ – наружный бугорок;
ЗКМВ – задний край межмышцелкового возвышения

Современные методы визуализации, особенно МРТ и КТ, дают возможность точной оценки топографии костных каналов при пластике ПКС [2, 10]. Высокая информативность 3D компьютерной томографии при контроле расположения большеберцового канала относительно центра области прикрепления ПКС была представлена ранее в ряде исследований и что более важно – отмечена перспективность предоперационного планирования, способствующего точному воссозданию ориентации естественной ПКС в суставе трансплантатом связки [9, 14, 17].

Корректность предложенной в нашем исследовании методики расчета центра области большеберцового прикрепления ПКС и, соответственно, костного канала, формируемого при анатомической пластике ПКС, была оценена путем графического моделирования на изображениях препаратов коленного сустава и 3D реконструированных изображениях суставной поверхности коленного сустава у 9 пациентов с положительными результатами хирургического лечения. Все обследованные пациенты имели высокие уровни оценки функционального состояния коленного сустава по шкале IKDC 2000 («норма», «близко к норме») и переднее смещение большеберцовой кости, сравнимое с таковым в здоровом коленном суставе при артрометрии КТ-1000 (Med Metric. Co, США).

С использованием графического моделирования на изображениях анатомических препаратов и 3D реконструкциях компьютерных томографических изображений, было установлено, что область большеберцового прикрепления ПКС во всех случаях находится в пределах

секторов Е6, F6, G6, Н6, а её центр проецируется на середину верхней границы сектора G6, что свидетельствовало о правильности наших расчетов (рис. 4А).

Более того, на 3D реконструированных изображениях суставной поверхности большеберцовой кости достаточно хорошо визуализировались референтных структуры – внутренний, наружный бугорки, задний край межмышцелкового возвышения, подтверждая возможность применения КТ в предоперационном планировании (рис. 4Б).

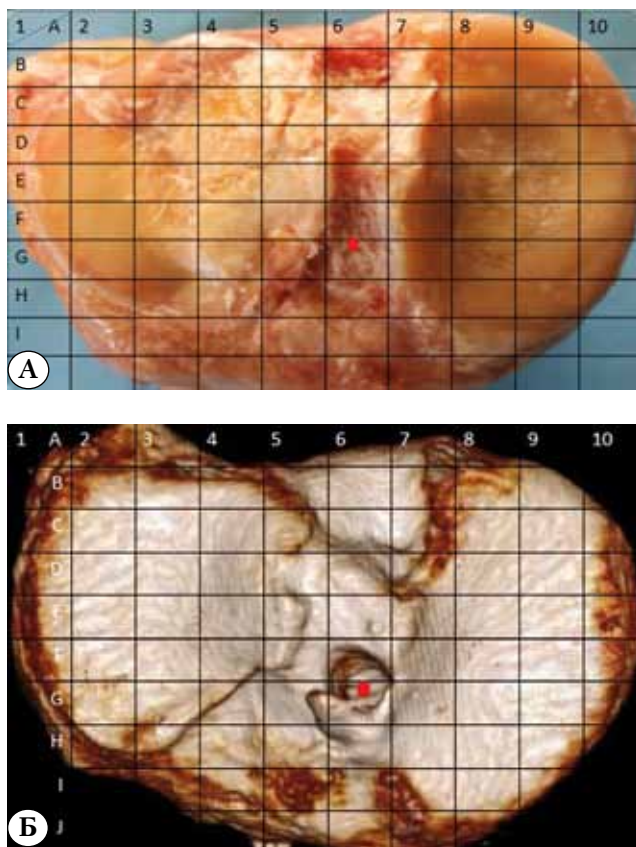


Рис. 4. Расположение области прикрепления ПКС и её центра относительно графической модели, наложенной на суставную поверхность большеберцовой кости анатомического препарата (А) и 3D реконструированного изображения суставной поверхности с выходным отверстием костного канала после анатомической пластики связки (Б)

Заключение

Необходимость индивидуального подхода в хирургической технике пластики ПКС обусловлена наличием вариативности анатомической формы и размеров областей её прикрепления, в том числе к суставной поверхности большеберцовой кости.

Большеберцовое прикрепление ПКС, имеющее треугольную или эллипсоидную форму, занимает площадь $125,4 \pm 15,5 \text{ мм}^2$. Геометрический центр её может быть установлен на основании определения взаимоотношений между референтными структурами – связанными между собой в расположении костными и мягкоткаными образованиями суставной поверхности большеберцовой кости.

Внутренний, наружный бугорки и задний край межмышечкового возвышения могут быть использованы как референтные структуры для расчета местоположения центра области большеберцового прикрепления ПКС и формирования костного канала при её анатомической однопучковой пластике.

Усовершенствование конструкций направляющих инструментов с учетом ориентации относительно указанных референтных структур суставной поверхности большеберцовой кости будет способствовать более точному определению центра выходного отверстия костного канала для проведения трансплантата.

Компьютерная томография с 3D реконструкцией изображения позволяет визуализировать указанные референтные структуры суставной поверхности большеберцовой кости и представляет возможность для определения центра костного канала на этапе предоперационного планирования анатомической пластики ПКС.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература

1. Маланин Д.А., Демещенко М.В., Краюшкин А.И., Сучилин И.А., Черезов Л.Л. Область большеберцового прикрепления передней крестообразной связки с позиции хирургической анатомии. *Вестник ВолгГМУ*. 2015; (1):53.
2. Сучилин И.А., Маланин Д.А., Краюшкин А.И. Референтные анатомические структуры межмышечковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2012; (3):67-72.
3. Bedi A., Maak T., Musahl V., Citak M., O'Loughlin P.F., Choi D., Pearle A.D. Effect of tibial tunnel position on stability of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: is the tibial tunnel position most important? *Am J Sports Med*. 2011; 39:366-373.
4. Brophy R.H., Pearle A.D. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of conventional, central, and horizontal single-bundle virtual graft positions. *Am J Sports Med*. 2009; 37:1317-1323.
5. Colvin A.C., Shen W., Musahl V., Fu F.H. Avoiding pitfalls in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009; 17:956-963.
6. Dienst M., Burks R.T., Greis P.E. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am*. 2002; 33:605-620.
7. Edwards A., Bull A.M., Amis A.A. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 1: tibial attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007; 12:1414-1412.
8. Ferretti M., Doca D., Ingham S.M., Cohen M., Fu F.H. Bony and soft tissue landmarks of the ACL tibial insertion site: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20:62-68.
9. Forsythe B., Kopf S., Wong A.K. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am*. 2010; 92:1418-1426.
10. Girgis F.G., Marshall J.L., Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 1975; 106:216-231.
11. Herbert M., Lenschow S., Fu F.H., Petersen W., Zantop T. ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010; 18:1551-1558.
12. Iriuchishima T., Ryu K., Aizawa S., Fu F.H. The difference in centre position in the ACL femoral footprint inclusive and exclusive of the fan-like extension fibres. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 24(1):254-259.
13. Kopf S., Musahl V., Tashman S., Szczodry M., Shen W., Fu F.H. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009; 17:213-219.
14. Lee J.K., Lee S., Cheol S., Myung S., Lee C. Anatomy of the anterior cruciate ligament insertion sites: comparison of plain radiography and three-dimensional computed tomographic imaging to anatomic dissection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23:2297-2305.
15. Luites J.W.H., Wymenga A.B., Blankevoort L., Kooloos J.G.M. Description of the attachment geometry of the anteromedial and posterolateral bundles of the ACL from arthroscopic perspective for anatomical tunnel placement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007; 15:1422-1431.
16. Middleton K.K., Muller B., Araujo P.H., Fujimaki Y., Rabuck S.J., Irrgang J.J., Tashman S., Fu F.H. Is the native ACL insertion site «completely restored» using an individualized approach to single-bundle ACL-R? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23:2145-2150.
17. Parkinson B., Gogna R., Robb C., Thompson P., Spalding T. Anatomic ACL reconstruction: the normal central tibial footprint position and a standardised technique for measuring tibial tunnel location on 3D CT. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 2: 1121-1122.
18. Purnell M.L., Larson A.I., Clancy W. Anterior cruciate ligament insertions on the tibia and femur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volume-rendering computed tomography. *Am J Sports Med*. 2008; 11:2083-2090.
19. Siebold R., Ellert T., Metz S. Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry, arthroscopic landmarks, and orientation model for bone tunnel placement. *Arthroscopy*. 2008; 24:154-161.
20. Siebold R., Schuhmacher P., Fernandez F., Smigielski R., Fink C., Brehmer A., Kirsch J. Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial «C»-shaped insertion site. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23:3136-3142.

21. Takahashi M., Doi M., Abe M. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2006; 34:787-792.
22. Tallay A., Lim M.H., Bartlett J. Anatomical study of the human anterior cruciate ligament tump's tibial insertion footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008; 16(8):741-746.
23. Van der Bracht H.L., Stuyts V.B., Page B., Bellemans J., Verdonk P. Anatomic single-bundle ACL surgery: consequences of tibial tunnel diameter and drill-guide angle on tibial footprint coverage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22:1030-1039.
24. Zantop T., Wellmann M., Fu F.H. Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: anatomic and radiographic findings. *Am J Sports Med.* 2008; 36:65-72.
25. Ziegler C.G., Pietrini S.D., Westerhaus B.D., Anderson C.J., Wijdicks C.A., Johansen S., Engebretsen L., LaPrade R.F. Arthroscopically pertinent landmarks for tunnel positioning in single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2011; 4:743-752.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Демещенко Максим Васильевич – ассистент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»

Маланин Дмитрий Александрович – д-р медицинских наук профессор заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ; заведующий лабораторией экспериментальной и клинической ортопедии ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»

Сучилин Илья Алексеевич – канд. мед. наук ассистент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»

Черезов Леонид Леонидович – кандидат медицинских наук доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр»

TIBIAL LANDMARKS IN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT ANATOMIC REPAIR

M.V. Demeschenko^{1,2}, D.A. Malanin^{1,2}, I.A. Suchilin^{1,2}, L.L. Cherezov¹

¹ *Volgograd State Medical University, pl. Pavshikh Bortsov, 1, Volgograd, Russia, 400131*

² *Volgograd Medical Scientific Centre, ul. Rokossovskogo, 1G, Volgograd, Russia, 400081*

Abstract

Purpose: to identify anatomical landmarks on tibial articular surface to serve as reference in preparing tibial canal with respect to the center of ACL footprint during single bundle arthroscopic repair.

Materials and methods. Twelve frozen knee joint specimens and 68 unpaired macerated human tibia were studied using anatomical, morphometric, statistical methods as well as graphic simulation.

Results. Center of the tibial ACL footprint was located 13,1±1,7 mm anteriorly from posterior border of intercondylar eminence, at 1/3 of the distance along the line connecting apexes of internal and external tubercles and 6,1±0,5 mm anteriorly along the perpendicular raised to this point.

Conclusion. Internal and external tubercles, as well as posterior border of intercondylar eminence can be considered as anatomical references to determine the center of the tibial ACL footprint and to prepare bone canals for anatomic ligament repair.


Keywords: arthroscopic anterior cruciate ligament repair, anatomy of tibial articular surface.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

References

1. Malanin DA, Demeschenko MV, Krayushkin AI, Suchilin IA, Cherezov LL. [The area of the tibial attachment of the anterior cruciate ligament from a position of surgical anatomy]. *Vestnik VolgGMU [Journal of VolgSMU].* 2015; (1):53. (in Russ.)

 **Cite as:** Demeschenko MV, Malanin DA, Suchilin IA, Cherezov LL. [Tibial landmarks in anterior cruciate ligament anatomic repair]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii.* 2016; 22(2): 34-42. (in Russ.)

 *Demeshchenko Maksim V.* pl. Pavshikh Bortsov, 1, Volgograd, Russia, 400131; e-mail: maximus275@yandex.ru

 Received: 20.01.2015; Accepted for publication: 13.05.2016

2. Suchilin IA, Malanin DA, Krayushkin AI [Reference anatomical structure of the intercondylar fossa of the femur at the plastic anterior cruciate ligament]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2012; (3):67-72. (in Russ.)
3. Bedi A, Maak T, Musahl V, Citak M, O'Loughlin PF, Choi D, Pearle AD. Effect of tibial tunnel position on stability of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: is the tibial tunnel position most important? *Am J Sports Med.* 2011; 39:366-373.
4. Brophy RH, Pearle AD. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of conventional, central, and horizontal single-bundle virtual graft positions. *Am J Sports Med.* 2009; 37:1317-1323.
5. Colvin AC, Shen W, Musahl V, Fu FH. Avoiding pitfalls in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17:956-963.
6. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 2002; 33:605-620.
7. Edwards A, Bull AM, Amis AA. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 1: tibial attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007; 12:1414-1412.
8. Ferretti M, Doca D, Ingham SM, Cohen M, Fu FH. Bony and soft tissue landmarks of the ACL tibial insertion site: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20:62-68.
9. Forsythe B, Kopf S, Wong AK. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am.* 2010; 92:1418-1426.
10. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1975; 106:216-231.
11. Herbolt M, Lenschow S, Fu FH, Petersen W, Zantop T. ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010; 18:1551-1558.
12. Iriuchishima T, Ryu K, Aizawa S, Fu FH. The difference in centre position in the ACL femoral footprint inclusive and exclusive of the fan-like extension fibres. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24(1):254-259.
13. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodry M, Shen W, Fu FH. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17:213-219.
14. Lee JK, Lee S, Cheol S, Myung S, Lee C. Anatomy of the anterior cruciate ligament insertion sites: comparison of plain radiography and three-dimensional computed tomographic imaging to anatomic dissection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23:2297-2305.
15. Luites JWH, Wymenga AB, Blankevoort L, Kooloos JGM. Description of the attachment geometry of the anteromedial and posterolateral bundles of the ACL from arthroscopic perspective for anatomical tunnel placement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007; 15:1422-1431.
16. Middleton KK, Muller B, Araujo PH, Fujimaki Y, Rabuck SJ, Irrgang JJ, Tashman S, Fu FH. Is the native ACL insertion site «completely restored» using an individualized approach to single-bundle ACL-R? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23:2145-2150.
17. Parkinson B, Gogna R, Robb C, Thompson P, Spalding T. Anatomic ACL reconstruction: the normal central tibial footprint position and a standardised technique for measuring tibial tunnel location on 3D CT. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 2: 1121-1122.
18. Purnell ML, Larson AI, Clancy W. Anterior cruciate ligament insertions on the tibia and femur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volume-rendering computed tomography. *Am J Sports Med.* 2008; 11:2083-2090.
19. Siebold R, Ellert T, Metz S. Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry, arthroscopic landmarks, and orientation model for bone tunnel placement. *Arthroscopy.* 2008; 24:154-161.
20. Siebold R, Schuhmacher P, Fernandez F, Smigielski R, Fink C, Brehmer A, Kirsch J. Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial «C»-shaped insertion site. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23:3136-3142.
21. Takahashi M, Doi M, Abe M. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2006; 34:787-792.
22. Tallay A, Lim MH, Bartlett J. Anatomical study of the human anterior cruciate ligament tump's tibial insertion footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008; 16(8):741-746.
23. Van der Bracht HL, Stuyts VB, Page B, Bellemans J, Verdonk P. Anatomic single-bundle ACL surgery: consequences of tibial tunnel diameter and drill-guide angle on tibial footprint coverage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22:1030-1039.
24. Zantop T, Wellmann M, Fu FH. Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: anatomic and radiographic findings. *Am J Sports Med.* 2008; 36:65-72.
25. Ziegler CG, Pietrini SD, Westerhaus BD, Anderson CJ, Wijdicks CA, Johansen S, Engebretsen L, LaPrade RF. Arthroscopically pertinent landmarks for tunnel positioning in single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2011; 4:743-752.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Demeshchenko Maksim V. – assistant of department of traumatology, orthopedics and field surgery, Volgograd State Medical University; researcher of Volgograd Medical Science Center

Malanin Dmitry A. – professor, the head of department of traumatology, orthopedics and field surgery, Volgograd State Medical University; the head of laboratory of experimental and clinical orthopedics, Volgograd Medical Science Center

Suchilin Ilya A. – assistant of department of traumatology, orthopedics and field surgery, Volgograd State Medical University; researcher of Volgograd Medical Science Center

Cherezov Leonid L. – assistant researcher of Department of traumatology, orthopedics and field surgery, Volgograd State Medical University; researcher of Volgograd Medical Science Center