

УДК 616.75:616.728.3]-089.844-06(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018295-101>

Эффект расширения костных каналов после реконструкции передней крестообразной связки

С. Н. Красноперов, М. Л. Головаха

Запорожский государственный медицинский университет. Украина

One of the complications after anterior cruciate ligament reconstruction is widening of bone canals after surgery, it can lead to slow integration of the graft with bone, promotion of secondary instability and revision reconstruction of anterior cruciate ligament. In order to fix the graft in the femoral and tibia bones endobuttons and interferent screws are widely used. Objective: to evaluate the widening of bone canals after anterior cruciate ligament reconstruction due to computer tomography. Methods: there were 44 patients, who were divided into: group A (24) — technique «all inside» with fixing of semitendinosus graft with short cortical endobutton in the femur and tibia; group B (20) — fixing of semitendinosus and gracilis graft with interferent screws (transportal technique). The rehabilitation protocol was the same for both groups. The mid term for computer tomography study was 10 months after surgery. Results: in group A the average widening of bone canal diameter in the femur was 15 % in the entrance, 12 % in the middle part as to the primary size. In group B — 10 and 7 % respectively. The diameter of the tibia canal enlarged in average: in group A 19 % in the entrance, 15 % in the middle part; in group B — 15 and 11 % respectively. According to clinical study there was not significant difference between groups. Conclusions: in the group where we used cortical fixators the widening of the canals was larger than in those where we used interferent screws, but the difference was not significant, only 5 % for femoral side and 4 % for tibia canals. X-ray signs of canal widening did not influence on clinical or objective results of anterior cruciate ligament reconstruction. Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, widening of bone canals, computer tomography.

Одним із ускладнень після відновлення передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) є розширення кісткових каналів у післяопераційному періоді, яке може призвести до уповільненої інтеграції трансплантата з кістковою тканиною, розвитку вторинної нестабільності та ревізійної реконструкції ПСЗ. Найчастіше для закріплення трансплантата в стегновій і великогомілковій кістках використовують гудзикові підвісні фіксатори (Endobutton) та інтерферентні гвинти. Мета: оцінити розширення кісткових каналів після реконструкції ПСЗ на підставі комп'ютерної томографії (КТ). Методи: досліджено 44 пацієнти: група А (24) — техніка «усередині» з закріпленням трансплантата з сухожилку напівсухожильного м'яза кортикальними гудзиковими фіксаторами на стегновій і великогомілковій кістках; група Б (20) — фіксація трансплантата з сухожилку напівсухожильного та ніжного м'язів інтерферентними гвинтами (транспортальна техніка). Протокол реабілітації був єдиним для всіх пацієнтів. Середній термін КТ-обстеження становив 10 міс. після операції. Результати: у групі А середнє збільшення діаметра кісткового каналу в стегновій кістці від початкової величини на вході в канал дорівнювало 15 %, у середній частині — 12 %; у групі Б — 10 і 7 % відповідно. Діаметр каналу у великогомілковій кістці в середньому збільшився: у групі А на вході в канал на 19 %, у середній частині — на 15 %; у групі Б — на 15 і 11 % відповідно. За результатами клінічного обстеження достовірної різниці між групами пацієнтів не виявлено. Висновки: у групі, де використовували кортикальні фіксатори розширення каналів виявилось більшим, ніж у випадку застосування інтерферентних гвинтів, але різниця цього збільшення між групами незначна — лише 5 % для стегнового та 4 % для великогомілкового каналів. Рентгенологічні показники розширення кісткових каналів не впливали на клінічні суб'єктивні й об'єктивні результати реконструкції ПСЗ. Ключові слова: реконструкція передньої схрещеної зв'язки, розширення кісткових каналів, комп'ютерна томографія.

Ключевые слова: реконструкция передней крестообразной связки, расширение костных каналов, компьютерная томография

Введение

Для реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) в ортопедии и травматологии используют различные пластические материалы и значительное количество методов фиксации трансплантата в бедренной и большеберцовой костях [1, 2]. Известны различные виды осложнений после восстановления ПКС, одним из которых является расширение костных каналов в послеоперационном периоде [3]. Впервые этот феномен описали J. Hoher и соавт. [4] в 1999 году и объяснили его возникновение использованием кортикальных подвесных фиксаторов, которые располагаются вдали от суставной щели и места прикрепления ПКС, в результате чего формируется недостаточно жесткая система крепления трансплантата, что приводит к его микродвижениям и, как следствие, — расширению костных каналов. Это явление J. Hoher [4] назвал «bungee effect». Сегодня в литературе описано два вида движения трансплантата в костных каналах при циклических нагрузках коленного сустава: продольное на протяжении костного канала («bungee effect»), которое объясняют в большинстве случаев подвесной системой фиксации вдали от суставной щели, и поперечное у выхода трансплантата из костного канала («эффект дворников» или «windshield-wiper-effect»), обусловываемое неанатомичным расположением трансплантата [5].

Из-за расширения костных каналов могут возникнуть такие проблемы, как замедленная интеграция трансплантата с костной тканью и развитие вторичной нестабильности, что приводит к удорожанию и двухэтапности ревизионной реконструкции ПКС при ее необходимости [3, 6, 7]. На сегодня причина расширения костных каналов в послеоперационном периоде до конца не ясна. Однако все исследователи сходятся во мнении, что существуют как механические, так и биологические предпосылки к его развитию [8–10]. К механическим относят выбор типа трансплантата, способа фиксации и неанатомичную его позицию, приводящую к микро- или макродвижности в пределах костных каналов бедренной и большеберцовой костей [11, 12]. Кроме того, немаловажную роль могут играть биологические факторы, такие как попадание синовиальной жидкости в костные каналы и замедленная интеграция на границе «трансплантат – кость» [3]. Агрессивный протокол реабилитации также может усиливать влияние микродвижности трансплантата

на фоне недостаточной его перестройки, способствуя расширению костных каналов [10].

Наиболее часто для фиксации трансплантата в бедренной и большеберцовой костях применяют пуговичные подвесные фиксаторы, удаленные от места прикрепления ПКС, и интерферентные винты, которые удерживают трансплантат непосредственно у его выхода из костного канала. Множество проведенных биомеханических и клинических исследований подтвердили, что прочность и жесткость подвесных кортикальных фиксаторов и трансплантата из одного сухожилия подколенной ямки являются достаточными и безопасными для восстановления ПКС [1, 6, 13, 14]. Однако существует мнение, что именно этот вид фиксации трансплантата является причиной расширения костных каналов и возникновения осложнений в послеоперационном периоде [15, 16]. Так А. Е. Weber и соавт. [12] показали, что феномен расширения костного канала возникает изначально у места выхода из него трансплантата в период от 6 недель до 6 мес. после операции без влияния на клинические результаты восстановления ПКС. Такая локализация расширения костных каналов может свидетельствовать о том, что основная проблема состоит не в методе фиксации, а в расположении этих каналов по отношению к местам прикрепления родной ПКС.

Большинство исследователей отрицают взаимосвязь между клиническими и функциональными результатами реконструкции ПКС и расширением костных каналов [17–19], однако некоторые авторы говорят о возникновении из-за этого повторной передней нестабильности и несостоятельности трансплантата ПКС [10, 20]. Не следует отрицать и тот факт, что расширенные костные каналы чаще всего являются фактором риска двухэтапного устранения передней нестабильности [10].

Компьютерная томография (КТ) является золотым стандартом оценки состояния костной ткани. Ее использовали для измерений во всех работах, посвященных проблемам расширения костных каналов после пластики ПКС [5, 7, 15, 21]. Несмотря на нерешенность указанной проблемы, опубликовано лишь небольшое количество исследований, в которых сравнивали влияние различных методов фиксации на эффект расширения костных каналов в послеоперационном периоде.

Цель работы: оценить расширение костных каналов после реконструкции передней крестообразной связки на основе компьютерной томографии.

Материал и методы

Исследование одобрено комиссией по биоэтике Запорожского государственного медицинского университета (протокол № 7 от 26.10.2016). От всех 44 пациентов с повреждением ПКС, которые вошли в исследование, получено информированное согласие. В работу не включали больных с повреждением нескольких связочных структур и ревизионными реконструкциями ПКС. Хирургическое восстановление ПКС проведено в период с января 2016 по январь 2017 года. Пациентов разделили на две группы в зависимости от метода фиксации трансплантата: группа А (24 человека) — техника «все внутри» с фиксацией трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы кортикальными пуговичными фиксаторами на бедренной и большеберцовой костях; группа Б (20) — фиксация трансплантата из сухожилия полусухожильной и нежной мышц интерферентными винтами в бедренной и большеберцовой костях (транспортальная техника).

Обе группы были однородными по полу, возрасту и срокам с момента травмы до операции. Мужчин было 25, женщин — 19. Распределение по возрасту: до 20 лет — 7 человек (15,9 %), 21–30 — 18 (41 %), 31–40 — 13 (29,5 %), старше 40 — 6 (13,6 %). Средний возраст пациентов составил 29 лет (от 18 до 45). Сроки с момента травмы до хирургического вмешательства были такими: до 3 недель — 25 % (11 пострадавших), от 3 недель до 3 мес. — 45,5 % (20), от 3 мес. до 1 года — 29,5 % (13).

Протокол реабилитации был единым для пациентов обеих групп. Ходьбу с помощью костылей с дозированной нагрузкой до болевого синдрома разрешали на следующий день после

операции в течение 4 недель. Полную нагрузку осуществляли в период со 2 до 4-й недели. Начиная с 4-й недели после операции рекомендовали ходить без средств опоры. Имобилизацию шарнирным брейсом проводили в течение 4 недель после операции, начинать занятия спортом разрешали в период с 5 по 7-й мес. с момента операции.

Компьютерная томография проведена всем пациентам на аппарате Toshiba Aquilion Multi 64 с толщиной среза 0,5 мм в среднем через 10 мес. (от 9 до 13 мес.) с момента операции. Выбранные сроки наблюдения основаны на работах, которые показали, что процесс расширения костных каналов происходит в период до 3 мес. после операции, а в промежуток с 3 мес. до 2 лет диаметр остается неизменным [14, 21].

КТ сразу после операции не выполняли, а сравнивали полученные результаты с известными диаметрами из протоколов операций всех пациентов. Связано это с доказанным соответствием диаметра сверла, используемого во время хирургического вмешательства, и результатов измерений по КТ, проведенных на следующий день после него [7, 15].

Диаметр бедренного канала измеряли на двух уровнях в аксиальной проекции: на входе в канал в межмышцелковой вырезке и в его средней части (рис. 1). Диаметр большеберцового канала измеряли также на двух уровнях в аксиальной проекции: на входе в канал на плато большеберцовой кости и в его средней части (рис. 2).

Клинические результаты оценивали одновременно с КТ-обследованием. При осмотре анализировали данные тестов Лахмана и pivot shift, а также результаты по шкалам IKDC, Lysholm и Tegner.

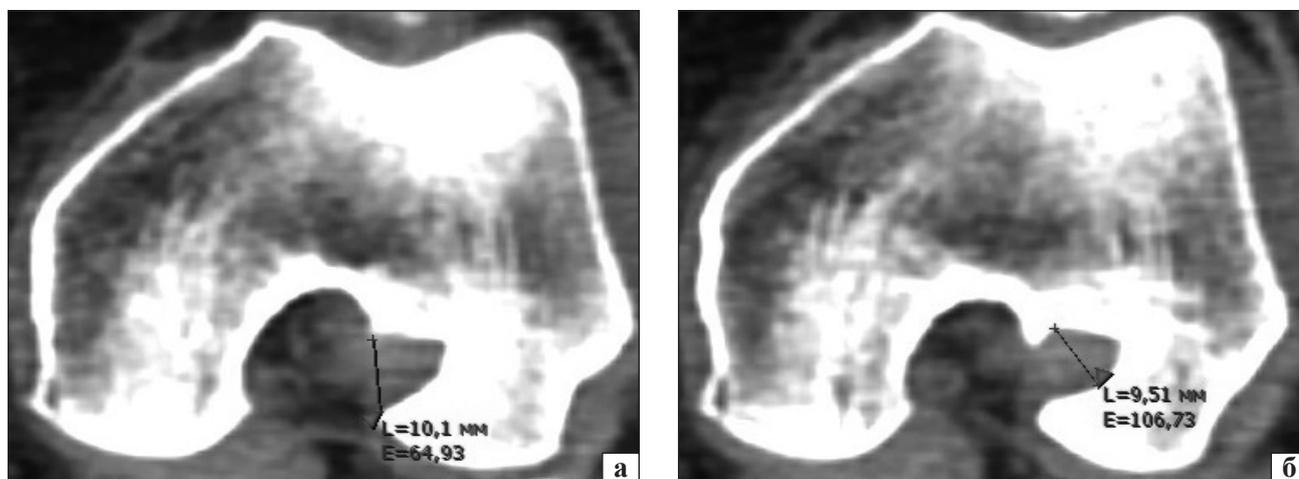


Рис. 1. Аксиальная томограмма бедренной кости: измерение диаметра костного канала на входе (а) и в его средней части (б)

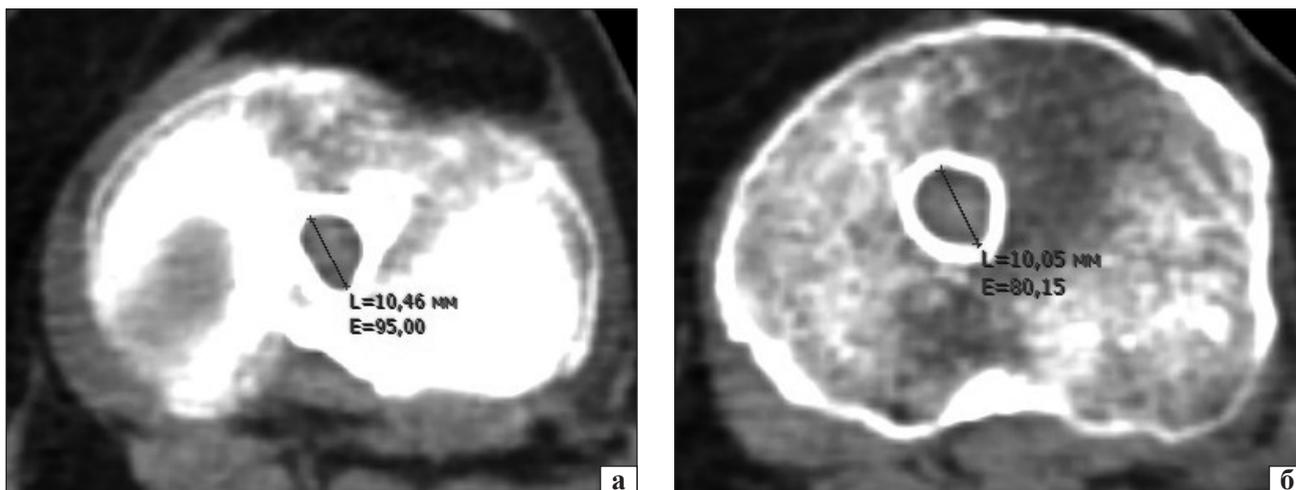


Рис. 2. Аксиальная томограмма мыщелков большеберцовой кости: измерение диаметра костного канала на входе (а) и в его средней части (б)

Данные клинического обследования сравнивали между группами пациентов.

Результаты и их обсуждение

КТ-обследование

Анализируя данные КТ-обследования больных, можно отметить, что в группе А (кортикальные фиксаторы, техника «все внутри») среднее значение исходного диаметра канала в бедренной кости составило ($8,83 \pm 0,57$) мм (8 мм — 6 пациентов, 9 мм — 16, 10 мм — 2). При этом среднее значение диаметра канала на входе при обследовании после операции достигало ($10,15 \pm 0,74$) мм, что составляет +15 % от исходной величины и ($9,88 \pm 0,6$) мм в средней части канала — +12 % (табл. 1). В группе Б (интерферентные винты, транспортальная техника) среднее значение исходного диаметра канала в бедренной кости было равным ($8,85 \pm 0,55$) мм (8 мм — 5 пациентов, 9 мм — 13, 10 мм — 2). Среднее значение диаметра на входе в канал составило ($9,73 \pm 0,61$) мм, т. е. +10 % от исходного значения, и ($9,46 \pm 0,65$) мм в средней части канала — +7 % (табл. 1). Разница

в расширении костного канала в бедренной кости между двумя группами оказалась статистически достоверной ($p < 0,05$).

Среднее значение диаметра канала в большеберцовой кости в группе А составило ($9,12 \pm 0,54$) мм (8 мм — 2 пациента, 9 мм — 17, 10 мм — 5). При КТ-обследовании среднее значение диаметра на входе в канал увеличилось на 19 % — до ($10,85 \pm 0,6$) мм, а в средней части на 15 % — до ($10,48 \pm 0,65$) мм (табл. 2). В группе Б среднее значение диаметра большеберцового канала составило ($9,05 \pm 0,6$) мм во время операции (8 мм — 3 пациента, 9 мм — 13, 10 мм — 4), при этом во время КТ-обследования диаметр на входе в канал увеличился на 15 %, а в средней части — на 11 % (табл. 2). Разница в расширении костного канала в большеберцовой кости между двумя группами статистически достоверна ($p < 0,05$).

Клиническое обследование

В группе А у 7 пациентов выполнена парциальная резекция медиального мениска, у 1 — латерального. В группе Б у 5 больных проведена парциальная резекция медиального мениска.

Таблица 1

Оценка диаметра костного канала в бедренной кости в группах пациентов

Оцененная величина	Показатель (мм) в группе пациентов		p
	А	Б	
До операции	$8,83 \pm 0,57$	$8,85 \pm 0,55$	$> 0,05$
КТ, на входе	$10,15 \pm 0,74$	$9,73 \pm 0,61$	$< 0,05$
Расширение на входе	1,32 (+15 %)	0,88 (+10 %)	$< 0,05$
КТ, средняя часть	$9,88 \pm 0,60$	$9,46 \pm 0,65$	$< 0,05$
Расширение средней части	1,05 (+12 %)	0,62 (+7 %)	$< 0,05$

Таблица 2

Оценка диаметра костного канала в большеберцовой кости в группах пациентов

Оцененная величина	Показатель (мм) в группе пациентов		p
	А	Б	
До операции	$9,12 \pm 0,54$	$9,01 \pm 0,60$	$> 0,05$
КТ, на входе	$10,85 \pm 0,60$	$10,37 \pm 0,87$	$< 0,05$
Расширение на входе	1,73 (19 %)	1,36 (+15 %)	$< 0,05$
КТ, средняя часть	$10,48 \pm 0,65$	$10,04 \pm 0,61$	$< 0,05$
Расширение средней части	1,36 (15 %)	0,99 (+11%)	$< 0,05$

Каких-либо послеоперационных осложнений в период наблюдения не выявлено. Согласно интраоперационным данным, средняя длина бедренного канала в группе А составила 22,2 мм, в группе Б — 31,7 мм, большеберцового — 27,4 и 35,9 мм соответственно.

При осмотре у всех больных зафиксирован полный объем движений в прооперированном коленном суставе, достаточная сила мышц. Все вернулись к прежнему уровню повседневной активности в сроки от 5 до 7 мес. Согласно данным клинического обследования статистически достоверной разницы между группами пациентов не выявлено. Также не обнаружено зависимости между данными рентгенологического обследования больных и клиническими результатами реконструкции ПКС (табл. 3).

Феномен расширения костных каналов после реконструкции ПКС достаточно хорошо описан в специальной литературе, однако причины его возникновения полностью не выяснены [4, 6, 18, 21]. Следует отметить, что все специалисты сошлись во мнении о наличии механических и биологических факторов, приводящих к его возникновению [4, 6, 18, 21]. Одной из наиболее вероятных биологических причин расширения костных каналов является массивное высвобождение воспалительных цитокинов после хирургического вмешательства. Известно, что воспалительный медиатор — фактор некроза опухоли TNF- α , активирует остеокласты. Показано, что в случае расширения костного канала в бедренной кости после восстановления ПКС у пациентов значительно повысилась концентрация таких воспалительных цитокинов, как TNF- α , IL-6 и NO [8, 22]. S. A. Rodeo и соавт. [8] обнаружили увеличение активности остеокластов в костном канале при моделировании восстановления ПКС на животных.

К механическим факторам, способствующим расширению костных каналов после реконструк-

ции ПКС, относят тип выбранного трансплантата, метод его фиксации и протокол послеоперационной реабилитации. Наиболее часто в научных публикациях обсуждается вопрос о выборе метода фиксации трансплантата при восстановлении ПКС. Еще в 1999 году J. Hoher и соавт. [4] обосновали расширение костных каналов при использовании подвесных систем фиксации удаленностью точки крепления от суставной щели и нативного места присоединения ПКС. Это, по мнению авторов, приводит к микро- и макродвижениям трансплантата вдоль костного канала и образованию «bungee effect». Сегодня сторонники только механической теории возникновения этого феномена также утверждают, что недостаточная ригидность подвесной петли способствует дополнительным продольным движениям трансплантата в костном канале [5, 18].

В нашем исследовании косвенно подтверждена механическая теория появления эффекта расширения костных каналов. Так, при сравнении двух групп пациентов, которые отличались способом фиксации трансплантата (кортикальные фиксаторы и индифферентные винты), мы получили достоверно разные результаты. Для бедренного канала в группе А (кортикальные фиксаторы, техника «все внутри») среднее увеличение канала в сравнении с показателем до операции составило 15 % на входе в него и 12 % в средней части, а в группе Б (интерферентные винты, транспортальная техника) — 10 и 7 % соответственно. Для большеберцового канала в группе А среднее его увеличение, по сравнению с исходным показателем, составило 19 % на входе в канал и 15 % в средней части, а в группе Б — 15 и 11 % соответственно. Следует отметить, что, согласно механической теории, использование двух интерферентных винтов в бедренной и большеберцовой костях должно было устранить эту проблему, однако при обследовании через 10 мес. в группе Б мы отметили расширение каналов от 7 до 15 % по сравнению с первоначальными значениями. Также необходимо обратить внимание на разницу этого увеличения в двух группах: для бедренного канала она составила 5 %, а для большеберцового — 4 %. При этом мы применяли не фиксированный, а самозатягивающийся тип петли, который подвергается критике чаще всего.

Интересен факт, что в обеих группах пациентов отмечено большее расширение костных каналов на входе, чем в средней части, т. е. обнаружено проявление так называемого «эффекта дворников». Его нельзя нивелировать только с помощью

Таблица 3

**Сравнительные данные
клинического обследования пациентов**

Метод оценки	Показатель в группе пациентов		р
	А	Б	
Тест Лахмана	1 пациент +	2 пациента +	> 0,05
Pivot shift тест	отрицательный		> 0,05
IKDC	91,60 \pm 3,12	90,6 \pm 3,35	> 0,05
Шкала Lysholm	93,6 \pm 3,0	93,2 \pm 3,0	> 0,05
Шкала Tegner	6,7 \pm 2,1	6,6 \pm 2,3	> 0,05

применения интерферентных винтов, т. к. он обусловлен отсутствием возможности полного восстановления анатомических точек прикрепления интактной ПКС с учетом множества вариаций как площади ее прикрепления, так и углов, под которыми проводится аутооттрансплантат. А. Chhabra и соавт. [17] показали, что при трансбиальной технике эффект расширения костных каналов более выражен, что связано с эксцентрическим их сверлением через заранее подготовленный большеберцовый канал. В исследовании на трупном материале М. Osti и соавт. [20] доказали, что транспортальная техника имеет преимущества в позиционировании бедренного канала для воспроизведения нативного места прикрепления ПКС. А именно это является первоочередной задачей для хирурга при реконструкции ПКС. М. Jagodzinsky и соавт. [23] предположили, что распределение вектора силы на аутооттрансплантат ПКС является очень важным фактором, который приводит к расширению костных каналов, и показали, что изменение этого вектора может и увеличить, и уменьшить этот показатель. Однако, на наш взгляд, необходимы дальнейшие исследования для анализа зависимости расширения костных каналов от их анатомической локализации.

Отметим, что протоколы реабилитации в послеоперационном периоде в обеих группах пациентов были одинаковыми, что исключает влияние этого фактора на рентгенологические результаты исследования.

Также можно сделать вывод, что рентгенологические данные расширения костных каналов не влияют на клинические субъективные и объективные результаты реконструкции ПКС. Наши данные согласуются с результатами исследований других авторов [19–21, 23].

Выводы

Проведен анализ результатов КТ-обследования пациентов через 10 мес. после операции для выявления эффекта расширения костных каналов. В группе, где использовали кортикальные фиксаторы, отмечено увеличение диаметра костного канала в бедренной кости на 15 % на входе в него и на 12 % в средней части, тогда как в большеберцовой кости — на 19 и 15 % соответственно. В группе, где применяли интерферентные винты, зафиксировано увеличение костного канала в бедренной кости на 10 % на входе в него и на 7 % в средней части, а в большеберцовой кости — на 15 и 11 % соответственно.

При сравнении величин расширения костных каналов в двух группах пациентов, которые отличались способом фиксации трансплантата (кортикальные фиксаторы и индифферентные винты), получены достоверно различные результаты. В группе, где применяли кортикальные фиксаторы, расширение каналов оказалось больше, чем в случае использования интерферентных винтов, однако разница оказалась не столь существенной — лишь 5 % для бедренного канала, а для большеберцового и того меньше — 4 %.

Установлено, что рентгенологические показатели расширения костных каналов не влияют на клинические субъективные и объективные результаты реконструкции ПКС.

Таким образом, при применении кортикальных подвесных фиксаторов расширение костных каналов незначительно превосходит таковое в случае использования интерферентных винтов (от 5 до 3 %), а результаты клинического обследования не отличаются в двух группах пациентов.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Литература

1. Результаты восстановления передней крестообразной связки по технологии «все внутри» / М. Л. Головаха, С. Н. Красноперов, Р. В. Титарчук [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2017. — № 2. — С. 84–91. — DOI: 10.15674/0030-59872017284-91.
2. Результаты моделирования повреждений связочного аппарата коленного сустава / М. Ю. Карпинский, Е. Д. Карпинская, Р. А. Щикота [и др.] // Травма. — 2012. — Т. 13, № 3. — С. 164–171.
3. Morphological changes in tibial tunnels after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon graft / T. Otori, T. Mae, K. Shino [et al.] // Journal of Experimental Orthopaedics. — 2017. — Vol. 4. — Article ID : 30. — DOI: 10.1186/s40634-017-0104-6.
4. Hoher J. Hamstring graft motion in the femoral bone tunnel when using titanium button/polyester tape fixation / J. Hoher, G. A. Livesay, C. B. Ma // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. — 1999. — Vol. 7. — P. 215–219.
5. ACL reconstruction with hamstrings: how different technique and fixation devices influence bone tunnel enlargement / R. Iorio, V. Di Sanzo, J. Conteduca [et al.] // Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. — 2013. — Vol. 17 (21). — P. 2956–2961.
6. Barrett G. R. Endobutton button endoscopic fixation technique in anterior cruciate ligament reconstruction / G. R. Barrett, L. Papendick, C. Miller // Arthroscopy. — 1995. — Vol. 11. — P. 340–343.
7. Self-flip Technique of the TightRope RT Button for Soft-Tissue Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / K. Harato, Y. Niki, T. Toyoda [et al.] // Arthroscopy Techniques. — 2016. — Vol. 5 (2). — P. 392–398. — DOI: 10.1016/j.eats.2016.01.022.
8. Tendon healing in a bone tunnel differs at the tunnel entrance versus the tunnel exit: an effect of graft-tunnel motion? / S. A. Rodeo, S. Kawamura, H. J. Kim [et al.] // The American Journal of Sports Medicine. — 2006. — Vol. 34 (11). — P. 1790–1800. — DOI: 10.1177/0363546506290059.
9. Comparison of tunnel variability between trans-portal and

- outside-in techniques in ACL reconstruction / J. A. Sim, J. M. Kim, S. Lee [et al.] // *Knee Surgery Sports Traumatol. Arthrosc.* — 2017. — Vol. 25 (4). — P. 1227–1233. — DOI: 10.1007/s00167-015-3950-8.
10. Wilde J. Revision anterior cruciate ligament reconstruction / J. Wilde, A. Bedi, D. W. Altchek // *Sports Health.* — 2014. — Vol. 6 (6). — P. 504–518. — DOI: 10.1177/1941738113500910.
 11. Femoral tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using RigidFix compared with extracortical fixation / O. V. Lopes, L. de Freitas Spinelli, L. H. C. Leite [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* — 2017. — Vol. 25 (5). — P. 1591–1597. — DOI: 10.1007/s00167-015-3888-x.
 12. Tibial and femoral tunnel changes after ACL reconstruction: a prospective 2-year longitudinal MRI study / A. E. Weber, D. Delos, H. N. Oltean [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* — 2015. — Vol. 43 (5). — P. 1147–1156. — DOI: 10.1177/0363546515570461.
 13. Красноперов С. Н. Механические характеристики кортикальных фиксаторов для реконструкции передней крестообразной связки / С. Н. Красноперов, М. Л. Головаха, В. А. Шаломеев // *Ортопедия, травматология и протезирование.* — 2017. — № 1. — С. 39–45. — DOI: 10.15674/0030-59872017139-45.
 14. Silva A. Quadruple Semitendinosus Graft Construct and Suspensory Button Fixation for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / A. Silva, R. Sampaio // *Arthroscopy Techniques.* — 2015. — Vol. 4 (6). — P. e801–e806. — DOI: 10.1016/j.eats.2015.07.030.
 15. Press-fit fixation using autologous bone in the tibial canal causes less enlargement of bone tunnel diameter in ACL reconstruction — a CT scan analysis three months postoperatively / R. Akoto, Muller-J. Hübenal, M. Balke [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders.* — 2015. — Vol. 16. — Article ID: 200. — DOI: 10.1186/s12891-015-0656-5.
 16. What is the best femoral fixation of hamstring autografts in anterior cruciate ligament reconstruction?: a meta-analysis / A. Colvin, C. Sharma, M. Parides [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* — 2011. — Vol. 469. — P. 1075–1081. — DOI: 10.1007/s11999-010-1662-4.
 17. Tunnel expansion after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous hamstrings: a comparison of the medial portal and transtibial techniques / A. Chhabra, A. J. Kline, K. M. Nilles, C. D. Harner // *Arthroscopy.* — 2006. — Vol. 22 (10). — P. 1107–1112. — DOI: 10.1016/j.arthro.2006.05.019.
 18. Lower risk of revision with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts: a registry study based on 45,998 primary ACL reconstructions in Scandinavia / T. Gifstad, O. A. Foss, L. Engebretsen [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* — 2014. — Vol. 42 (10). — P. 2319–2328. — DOI: 10.1177/0363546514548164.
 19. Sauer S. Bone tunnel enlargement after ACL reconstruction with hamstring autograft is dependent on original bone tunnel diameter / S. Sauer, M. Lind // *The Surgery Journal.* — 2017. — Vol. 3 (2). — P. e96–e100. — DOI: 10.1055/s-0037-1603950.
 20. Femoral and tibial graft tunnel parameters after transtibial, anteromedial portal, and outside-in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction / M. Osti, A. Krawinkel, M. Ostermann [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* — 2015. — Vol. 43 (9). — P. 2250–2258. — DOI: 10.1177/0363546515590221.
 21. Tunnel enlargement and coalition after anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autografts: a computed tomography study / Y. Kawaguchi, E. Kondo, J. Onodera [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* — 2013. — Vol. 1 (1). — Article ID: 2325967113486441. — DOI: 10.1177/2325967113486441.
 22. Biologic agents for anterior cruciate ligament healing: A systematic review / B. Di Matteo, M. Loibl, L. Andriolo [et al.] // *World Journal of Orthopedics.* — 2016. — Vol. 7 (9). — P. 592–603. — DOI: 10.5312/wjo.v7.i9.592.
 23. Analysis of forces of ACL reconstructions at the tunnel entrance: is tunnel enlargement a biomechanical problem? / M. Jagodzinski, T. Foerstemann, G. Mall [et al.] // *J. Biomech.* — 2006. — Vol. 38 (1). — P. 23–31. — DOI: 10.1016/j.jbiomech.2004.03.021.

Статья поступила в редакцию 12.03.2018

EFFECT OF BONE CANAL WIDENING AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

S. N. Krasnoperov, M. L. Golovaha

Zaporizhzhia State Medical University. Ukraine

✉ Sergey Krasnoperov, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: krasnoperovserg@gmail.com

✉ Maksym Golovaha, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: golovaha@ukr.net