

УДК 616.728.3-089.843-073.763.5(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018134-40>

МРТ-признаки перестройки трансплантата передней крестообразной связки в костном канале

С. Н. Красноперов¹, М. Л. Головаха¹, А. В. Шевелев²

¹ Запорожский государственный медицинский университет. Украина

² Медицинский центр «Медикум», Запорожье. Украина

One of the reasons for successful anterior cruciate ligament reconstruction is the process of graft remodeling on the border «tendon-bone» in the bone canal. This factor can influence the mechanical stability of the knee joint after anterior cruciate ligament reconstruction and can determine the rehabilitation exercises. Objective: to work out MRI criteria of graft reconstruction in bone canals. Methods: we included 90 patients, who were divided into two groups: the 1st one (47) we used the technique «all-inside», in the 2nd group (43) — cross transtibial drilling technique. In 8 patients MRI was made. Results: we suggested the next criteria for the assessment of graft reconstruction in femoral and tibia bone canals: 1) signs of reconstruction on the border «tendon-bone»; 2) synovial fluid in the bone canals; 3) femoral and tibia bone marrow edema. Number of patients with the 1st stage (full graft reconstruction) without synovial fluid in bone canal increased in follow up period 3 to 9 months. Number of patients without bone marrow edema increased in follow up 3 to 12 months (35.6; 54.4; 74.5 and 84.5 %). It was shown in 6 months that in the 1st group there was a prevalence of patients (60 %) with the 1st stage of reconstruction compare with the 2nd group (42.2 %). As for the presence of synovial fluid in bone canal we observed a reliable difference in 3 months — 75,5 % in the 1st group compare with 78,9 % — in the 2nd. Conclusions: the dynamic of the graft reconstruction gets on the top till 9 months after surgery and after remains unchanged. The technique «all-inside» contributes faster and more qualitative graft reconstruction due to fewer trauma to the proximal part of the tibia and absence of screws in the tibia canal. Key words: anterior cruciate ligament, graft, MRI

Однією зі складових успішної реконструкції передньої хрещеної зв'язки (ПСЗ) є процес ремоделювання трансплантата і його перебудови на межі «сухожилля — кістка» в кістковому каналі. Цей фактор впливає на механічну стабільність колінного суглоба після реконструкції ПСЗ і визначає програму реабілітації. Мета: розробити МРТ-критерії перебудови трансплантата в кісткових каналах після реконструкції ПСЗ. Методи: у дослідження включені 90 пацієнтів, яких розділили на дві групи: у 1-ї (47) застосовано техніку «all-inside», у 2-ї (43) — наскрізну транстібіальну техніку свердління великогомілкового каналу. У 8 пацієнтів проведено МРТ-дослідження. Результати: запропоновано такі критерії оцінювання перебудови трансплантата в кісткових каналах стегнової і великогомілкової кісток на підставі аналізу МРТ: 1) ознаки перебудови трансплантата на межі «сухожилля – кістка»; 2) синовіальна рідина в кісткових каналах; 3) кістковий набряк стегнової та великогомілкової кісток. Чисельність хворих із I ступенем (повна перебудова трансплантата), із відсутністю синовіальної рідини у кістковомозковому каналі збільшувалася в період із 3 до 9 міс. Кількість пацієнтів із відсутністю кісткового набряку підвищувалася від 3 до 12 міс. (35,6; 54,4; 74,5 і 84,5 %). Виявлено, що вже через 6 міс. у 1-ї групі пацієнтів із I ступенем перебудови було більше (60 %) порівняно з 2-ю (42,2 %). Стосовно наявності синовіальної рідини в каналі достовірну різницю визначено вже через 3 міс. — 75,5 % у 1-ї групі проти 78,9 % у 2-ї. Висновки: динаміка перебудови (інкорпорації) трансплантата в кістковому каналі досягає свого піку до 9 міс. після операції і далі залишається практично незмінною. Техніка «all-inside» сприяє швидшій та якіснішій перебудові трансплантата в кістковому каналі завдяки меншій травматизації проксимального метаепіфіза великогомілкової кістки і відсутності імплантата (інтерферентних гвинтів) у великогомілковому каналі. Ключові слова: передня хрещена зв'язка, трансплантат, МРТ-дослідження.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, трансплантат, МРТ-исследование

Введение

Восстановление передней крестообразной связки (ПКС) — одно из самых распространенных хирургических вмешательств в области коленного сустава [4]. Успех ее реконструкции зависит от нескольких факторов — хирургической техники, механической прочности выбранного трансплантата и жесткости фиксации [3, 5]. Другой немаловажной причиной является понимание биологических процессов, которые происходят во время ремоделирования трансплантата и его перестройки на границе «сухожилие – кость» в костном канале. Этот фактор влияет на механическую стабильность коленного сустава после аутопластики ПКС и определяет программу реабилитации до восстановления нормальной функции [6, 8].

На сегодня в литературе недостаточно информации относительно МРТ-характеристик интеграции аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц в костном канале у пациентов, которым выполнено восстановление ПКС [7, 9, 11, 13]. Магнитно-резонансная томография (МРТ) — это метод исследования, который дает возможность оценить состояние интеграции трансплантата на границе «сухожилие – кость», а также определить интенсивность сигнала от трансплантата в костном канале.

Известно лишь несколько исследований, которые используют МРТ для оценки перестройки трансплантата в костном канале после реконструкции ПКС [10, 12]. Так, M. Orrego и соавт. [10] оценивали перестройку трансплантата только лишь в бедренном канале по интенсивности сигнала, при этом его интенсивность в большеберцовом канале и наличие костного отека, и синовиальной жидкости в костных каналах не учитывали. Во втором исследовании A. Silva и R. Sampaio [12] проанализировали перестройку трансплантата ПКС у 40 пациентов в сроки только 3 и 6 мес., однако общепризнанно, что процесс лигаментизации и туннельной инкорпорации может продолжаться до года.

Следует отметить отсутствие сравнительных характеристик лигаментизации и туннельной перестройки трансплантата в случае реконструкции ПКС методом «all-inside» и стандартным, при котором выполняют сквозное сверление канала в большеберцовой кости. При этом некоторые авторы подтвердили, что восстановление ПКС методом «all-inside» при помощи кортикаль-

ных фиксаторов превосходит по прочности стабилизацию интерферентными винтами [1, 14].

Цель работы: разработать МРТ-критерии перестройки трансплантата в костных каналах после реконструкции ПКС.

Задачи:

1) на основе анализа МРТ-сканов пациентов после реконструкции ПКС определить МРТ-критерии перестройки трансплантата в костных каналах бедренной и большеберцовой костей;

2) определить динамику перестройки трансплантата в костных каналах на основе МРТ-обследования;

3) сравнить полученные результаты в двух группах с такими техниками: хирургической «all-inside» и традиционной сквозного сверления большеберцового канала.

Материал и методы

Исследование одобрено комиссией по вопросам биоэтики Запорожского государственного медицинского университета (протокол № 7 от 26.10.2016). От всех пациентов получено информированное согласие. В работу были включены 125 человек после реконструкции ПКС, однако в разные сроки по различным причинам не у всех удалось провести МРТ, поэтому 35 больных были исключены из анализа. Таким образом, в исследовании принимало участие 90 пациентов (62 мужчины, 28 женщин), которым выполнили МРТ-исследования в сроки 3, 6, 9 и 12 мес. после восстановления ПКС. Распределение по возрасту: до 20 лет — 17 человек, от 21 до 30 — 37, от 31 до 40 — 20, старше 40 — 16.

Обследование проводили на аппарате Philips Achieva с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Протокол МРТ-исследования включал толщину срезов 3 мм с промежутками 0,5 мм. Динамику перестройки трансплантата ПКС в костных каналах оценивали по интенсивности МРТ-сигнала: 1) сагиттальные последовательности, взвешенные по протонной плотности PD FS (repetition time (TR) = 3 000 ms, echo time (TE) = 30 ms, echo train length = 8, 2 number of excitations (NEX), 320/224 matrix); 2) сагиттальные STIR последовательности (TR = 6 666 ms, TE = 20 ms, echo train length = 12, 2 NEX, 256/192 matrix).

Хирургическая техника. Использовали только однопучковую пластику ПКС. У 47 пациентов (1-я группа) применяли технику «all-inside» (обратное сверление большеберцового канала при помощи техники «RetroDrill»), у 43 (2-я группа) — сквозную транстибиальную технику сверления большеберцового канала.

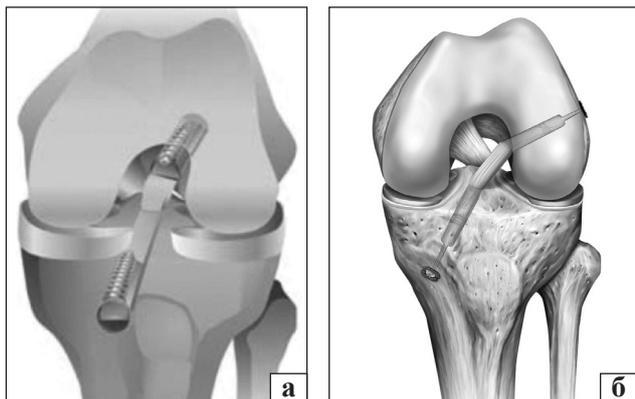


Рис. 1. Техника сверления большеберцового канала: а) транс-тибиальная; б) «all-inside» [2]

В 1-й группе в качестве трансплантата использовали одно тетраплицированное сухожилие полусухожильной мышцы (ST) длиной 6,0–6,5 см, во 2-й группе — обычный трансплантат из сухожилий полусухожильной и нежной мышц (STG) длиной около 9–10 см. Фиксация трансплантата в бедренной кости у пациентов обеих групп была подвесная при помощи титановых имплантатов дизайна «Endobutton». В большеберцовой кости трансплантат фиксировали: во 2-й группе при помощи интерферентного PLLA винта (рис. 1, а), в 1-й — титановых имплантатов дизайна «Endobutton» (рис. 1, б).

Для определения перестройки трансплантата в костном канале на основе данных литературы и анализа МРТ пациентов были выбраны следующие критерии: 1) МРТ-признаки перестройки трансплантата в канале большеберцовой кости на границе «сухожилие – кость»; 2) МРТ-критерии наличия синовиальной жидкости в канале бедренной и большеберцовой костей; 3) МРТ-признаки костного отека большеберцовой и бедренной костей.

МРТ-признаки перестройки трансплантата в канале большеберцовой кости на границе «сухожилие – кость»

Для анализа перестройки трансплантата в канале большеберцовой кости на границе «сухожилие – кость» оценивали сагиттальные PD FS последовательности. На них полноценная инкорпорация сухожилия с костью проявляется низкоинтенсивным сигналом (темный цвет на границе «сухожилие – кость»), а фиброзная ткань между сухожилием и костным каналом — высокоинтенсивным сигналом (светлый или серый цвет между стенкой костного канала и трансплантатом).

Была разработана трехступенная система градации перестройки трансплантата в костном канале большеберцовой кости на основе следующих МРТ-признаков:

– I степень — полная перестройка: низкоинтенсивный сигнал от внутриканальной части трансплантата без фиброзной ткани на границе «сухожилие – кость» (рис. 2, а);

– II степень — неполная перестройка: низкоинтенсивный сигнал от внутриканальной части трансплантата с наличием участков высокоинтенсивного сигнала на границе «сухожилие – кость», который говорит о частичном присутствии фиброзной ткани между ними (рис. 2, б);

– III степень — отсутствие перестройки: на протяжении большей части границы «сухожилие – кость» высокоинтенсивный сигнал, что подтверждает отсутствие перестройки и заполнения пространства между трансплантатом и костным каналом фиброзной тканью (рис. 2, в).

МРТ-критерии наличия синовиальной жидкости в канале бедренной и большеберцовой костей

Для определения МРТ-критериев наличия синовиальной жидкости в канале бедренной и большеберцовой костей был проведен анализ сагиттальных PD FS последовательностей (рис. 3, 4).

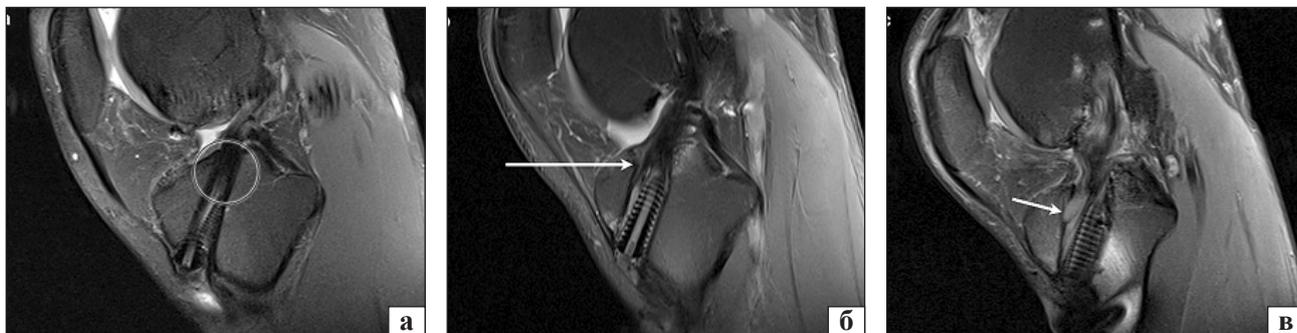


Рис. 2. Степени перестройки трансплантата на границе «сухожилие – кость»: а) I, выделена область интереса; б) II, стрелкой показан небольшой участок высокоинтенсивного сигнала на границе «сухожилие – кость»; в) III, стрелкой показан протяженный участок высокоинтенсивного сигнала на границе «сухожилие – кость»



Рис. 3. МРТ-признаки наличия синовиальной жидкости в канале: бедренной (а) и большеберцовой (б) костей. Стрелками указаны зоны высокоинтенсивного сигнала (жидкость) на сагиттальных PD FS последовательностях



Рис. 4. МРТ-признаки отсутствия синовиальной жидкости в канале: бедренной (а) и большеберцовой (б) костей. Стрелками указаны зоны низкоинтенсивного сигнала (отсутствие жидкости) на сагиттальных PD FS последовательностях



Рис. 5. МРТ-признаки костного отека на сагиттальных STIR последовательностях: а) тотальный медиального мышелка большеберцовой кости; б) локальный в области канала в латеральном мышелке бедренной кости

В них синовиальная жидкость определяется как высокоинтенсивный сигнал (белый цвет на изображениях магнитно-резонансной томографии). При наличии высокоинтенсивного сигнала на границе «сухожилие – кость» в канале бедренной или большеберцовой костей можно утверждать о затекании синовиальной жидкости, что свидетельствует об отсутствии либо о неполной инкорпорации трансплантата с костью.

МРТ-признаки костного отека большеберцовой и бедренной костей

Для определения наличия костного отека анализировали сагиттальные и фронтальные STIR последовательности. На этих срезах костный отек определяли как высокоинтенсивный сигнал на фоне нормального низкоинтенсивного сигнала от кости (костный отек выглядит как участок белого цвета с сохраненной структурой кости на фоне нормального темного сигнала) (рис. 5, а). По нашему мнению, наличие костного отека свидетельствует о незаконченном процессе перестройки трансплантата в костном канале.

Статистический анализ проводили с использованием t-критерия Стьюдента. Значение $\leq 0,05$ считали статистически достоверным.

Результаты и их обсуждение

При анализе первого МРТ-критерия — перестройки трансплантата на границе «сухожилие – кость» — получили данные, представленные на рис. 6. Через 3 мес. ни у одного из пациентов не обнаружена I степень перестройки трансплантата по предложенной нами классификации, II — у 35,6 % (32 пациента), III — у 64,4 % (58). При обследовании через 6 мес. отмечено увеличение количества больных с I степенью инкорпорации — 52,2 % (47 человек) и уменьшение количества пациентов со II и III степенями — 30 % (27) и 17,8 % (16) соответственно ($p < 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдалась при обследовании пациентов через 9 мес. после операции: I степень — 67,7 % (61), II — 22,3 % (20), III — 10 % (9). При сравнении этих показателей с результатами обследования через 12 мес. не обнаружили достоверных отличий: 70 % (63), 21,1 % (19) и 8,9 % (8) соответственно ($p > 0,05$).

Анализ данных второго МРТ-критерия — наличия синовиальной жидкости в канале бедренной и большеберцовой костей — представлен на рис. 7. При обследовании в 3 мес. преобладали пациенты с наличием синовиальной жидкости в канале бедренной либо большеберцовой кости — 76,6 % (69 человек), а в 6 мес. выявлена прямо противоположная картина — было 72,2 % (65 больных) без затека синовиальной жидкости в костные каналы. Через 9 мес. отмечено увеличение количества этих пациентов — 88,8 % (80 человек) ($p < 0,05$), а также больных без синовиальной жидкости в костных каналах через 12 мес. — 91,1 % (82) ($p < 0,05$).

При анализе третьего МРТ-критерия — костного отека (рис. 8) — отметили, что в течении

наблюдения количество пациентов с таким показателем уменьшилось с 64,4 % (58 человек) в 3 мес. до 15,5 % (14) — в 12 мес. Однако необходимо отметить, что даже при сравнении результатов через 9 и 12 мес. сохраняется тенденция к уменьшению числа больных с костным отеком бедренной либо большеберцовой кости — 25,5 % (23) и 15,5 % (14) соответственно ($p < 0,05$).

Сравнительные результаты перестройки трансплантата в костном канале между двумя группами пациентов

При обследовании через 3 мес. после операции достоверной разницы в распределении двух групп по степеням не выявлено ($p > 0,05$). Через 6 мес. в 1-й группе больных с I степенью перестройки трансплантата 60 % (54), было достоверно ($p < 0,05$) больше по сравнению со 2-й группой — 42,2 % (38). Аналогичная тенденция сохранялась и при осмотре через 9 (71,1 и 61,2 %) и 12 мес. (74,5 и 63 %) ($p < 0,05$).

Обратная ситуация обнаружена у пациентов с III степенью перестройки трансплантата. Начиная с 6-го мес. их количество в 1-й группе было достоверно ($p < 0,05$) меньше, чем во 2-й — 14,4 и 22,2 % в 6 мес.; 8,9 и 12,2 % в 9 мес.; 8,9 и 10 % в 12 мес.

Следует отметить, что при технике «all-inside» количество больных со II степенью перестройки трансплантата было достоверно меньшим на протяжении всего наблюдения по сравнению с транстибиальной техникой: 6 мес. — 25,6 и 35,6 %; 9 мес. — 20 и 26,6 %; 12 мес. — 16,6 и 27 % соответственно ($p < 0,05$).

Из данных МРТ-критерия «наличие синовиальной жидкости в канале бедренной и большеберцовой костей» на обследовании через 3 мес. после операции выявили достоверную разницу. Так, при технике «all-inside» количество пациентов с синовиальной жидкостью в костном канале было меньше — 75,5 % (68), чем при транстибиальной — 78,9 % (71) ($p < 0,05$). При осмотре в 6 мес. количество больных с наличием синовиальной жидкости резко уменьшилось в обеих группах, однако в 1-й их было достоверно меньше (24,5 %, 22 человека), по сравнению со 2-й (28,9 %, 26 человек) ($p < 0,05$). При сравнении результатов обследования в 9 и 12 мес. в обеих группах не обнаружили динамики изменения соотношений пациентов по МРТ-критерию наличия либо отсутствия синовиальной жидкости в костном канале. Однако через 9 и 12 мес. в 1-й группе («all-inside») пациентов с жидкостью в костном канале было значительно меньше (7,8 % (7) и 6,7 % (6) против 16,6 % (15) и 15,5 % (14) соответственно, ($p < 0,05$).

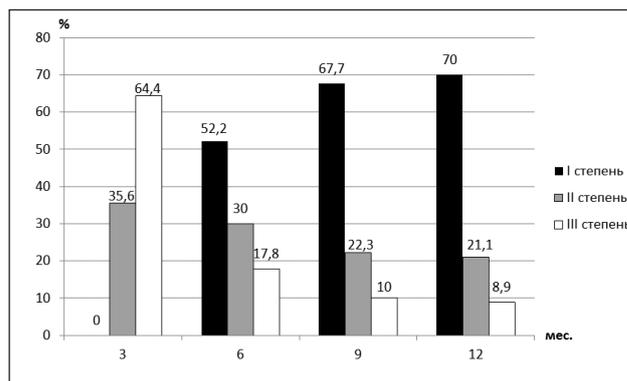


Рис. 6. Диаграмма динамики распределения удельного веса пациентов (%) с различными степенями перестройки трансплантата на границе «сухожилие – кость»

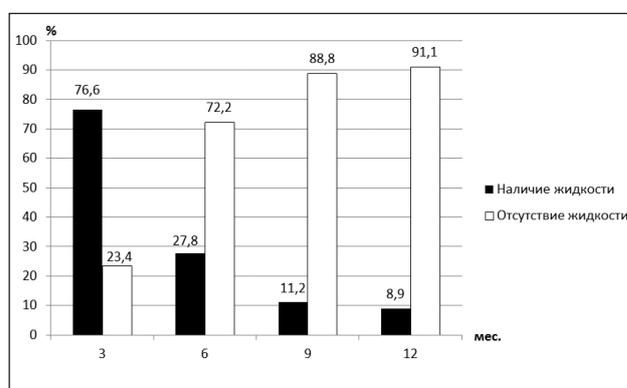


Рис. 7. Диаграмма распределения пациентов (%) по критерию наличия либо отсутствия синовиальной жидкости в костных каналах в динамике

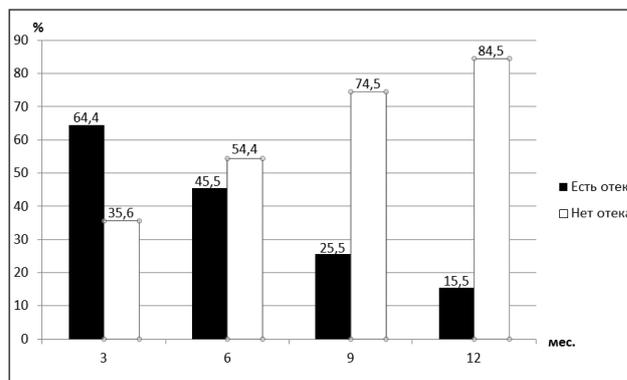


Рис. 8. Диаграмма распределения пациентов (в %) по критерию наличия либо отсутствия костного отека в динамике

При обследовании через 3 мес. после операции обнаружена достоверная разница в распределении пациентов двух групп по наличию либо отсутствию костного отека. Его не определяли у 32,3 % (29) больных в группе транстибиальной техники сверления и в 40 % (36) случаев в группе «all-inside» ($p < 0,05$). При осмотре в 6 месяцев ситуация кардинально изменилась: костный отек

отсутствовал у 62,3 % (56 пациентов) группы «all-inside» и только лишь у 47,8 % (43) с транстибиальной техникой сверления каналов. Статистически достоверная разница в двух группах сохранилась при обследовании в 9 мес., а при последнем осмотре в 12 мес. в группе «all-inside» у 90 % (81 больной) костный отек отсутствовал, а в группе транстибиальной техники — только у 80 % (72) ($p < 0,05$).

На основе результатов нашего исследования можно сделать вывод, что в большинстве случаев процесс перестройки трансплантата в костном канале заканчивается к 9 мес., однако по некоторым критериям продолжается и до 12 мес.

Так, при анализе всей выборки пациентов после реконструкции ПКС констатируем, что их количество с I степенью (полная перестройка трансплантата на всем его протяжении) по разработанной нами классификации постепенно увеличивалось в период с 3 до 9 мес., а в промежутке между 9 и 12 мес. оставалось неизменным. Аналогичная картина наблюдалась при анализе МРТ-критериев отсутствия синовиальной жидкости: количество пациентов увеличивалось в промежутке от 3 мес. (23,4 % — 21 человек) до 9 мес. (88,8 % — 80), а при обследовании в 12 мес. осталось неизменным — 91,1 % (82). Все это свидетельствует о том, что процесс регенерации сухожилия в костном канале продолжается как минимум до 9 мес. после хирургического вмешательства.

Немного другая картина отмечена при наблюдении за костным отеком бедренной и большеберцовой костей. Количество пациентов с отсутствием костного отека увеличивалось на протяжении всего периода — от 3 до 12 мес. (35,6; 54,4; 74,5 и 84,5 %). Однако даже при осмотре в 12 мес. у 15,5 % больных обнаруживали костный отек по данным МРТ, что отображает продолжение процесса регенерации кости после сверления каналов.

Также мы решили проверить гипотезу о влиянии применения техники «all-inside» на скорость и качество перестройки трансплантата в костных каналах. Для этого сравнили две группы пациентов по тем же критериям. При анализе их распределения по степени перестройки трансплантата отмечено, что уже через 6 мес. в группе all-inside пациентов с I степенью перестройки (полная перестройка трансплантата) было достоверно больше (60 %) по сравнению с группой, где выполняли транстибиальное сверление большеберцового канала (42,2 %). Эта тенденция сохранялась на протяжении 12 мес. (71,1 и 61,2 % в 9 мес.; 74,5 и 63 % — в 12). При рассмотрении критерия на-

личия синовиальной жидкости в канале достоверную разницу отметили уже через 3 мес.: группа «all-inside» — 75,5 %, транстибиальная — 78,9 %. Разница значительная, что, возможно, объясняется отличиями в хирургической технике. Так, при «all-inside» выполняется слепой канал как в бедренной, так и в большеберцовой костях, что фиксирует трансплантат в костных каналах при помощи кортикальных пуговичных фиксаторов. При транстибиальной — трансплантат в большеберцовой кости фиксируется зачастую с помощью интерферентного винта. Согласно данным литературы и исходя из практического опыта, это приводит к тому, что интерферентный винт сдвигает трансплантат к одной из стенок канала, что уменьшает его площадь контакта со стенками костного канала. Кроме того, возможно этот же феномен приводит к тому, что синовиальная жидкость попадает в костный канал и нарушает процесс перестройки трансплантата. Наличие слепого канала в большеберцовой кости, очевидно, ускоряет процесс регенерации трансплантата в костном канале, маркером чего служит отсутствие затекания синовиальной жидкости между сухожилием и стенками костного канала.

При анализе динамики исчезновения костного отека в двух группах пациентов мы также отметили достоверно большее количество человек с его отсутствием в группе «all-inside» на протяжении всего периода наблюдения. Это, скорее всего, также связано с техническими особенностями хирургического вмешательства. Так, при технике «all-inside», сквозной канал выполняется сверлом всего 3 мм в диаметре и длиной 25 мм. При транстибиальной технике весь канал выполняется сверлом диаметром от 7 до 10 мм (в зависимости от диаметра большеберцовой части трансплантата) на всю толщину проксимального метаэпифиза большеберцовой кости. Таким образом, при технике «all-inside» интраоперационная травма большеберцовой кости значительно меньше, а на МРТ-сканах это проявляется более быстрым исчезновением костного отека. Однако, по нашему мнению, костный отек отражает не только травматизацию кости сверлом, но и процесс регенерации трансплантата в канале.

Выводы

В результате исследования предложены новые критерии оценки перестройки трансплантата в костных каналах бедренной и большеберцовой костей на основе анализа МРТ в PD FS и STIR

последовательностях: 1) признаки перестройки трансплантата на границе «сухожилие – кость»; 2) наличие синовиальной жидкости в костных каналах; 3) наличие костного отека бедренной и большеберцовой костей.

Через 3, 6 и 9 мес. после артроскопической пластики ПКС отмечено увеличение количества пациентов с I степенью перестройки трансплантата (полная перестройка) и уменьшение — с наличием синовиальной жидкости в костных каналах и костным отеком бедренной и большеберцовой костей. Это свидетельствует о нормальном процессе перестройки трансплантата в костном канале. При сравнении представленных выше критериев через 9 и 12 мес. достоверной разницы не обнаружили. Приведенные данные свидетельствуют о том, что динамика перестройки (инкорпорации) трансплантата в костном канале достигает своего пика к 9 мес. после операции и далее остается практически неизменной.

Техника «all-inside» способствует более быстрой и качественной перестройке трансплантата в костном канале, которая наряду с достаточной прочностью фиксации трансплантата сегодня является безопасной и малотравматичной методикой реконструкции ПКС.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Список литературы

1. Механические характеристики кортикальных фиксаторов для реконструкции передней крестообразной связки / С. Н. Красноперов, М. Л. Головаха, В. В. Шаломеев // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2017. — № 1. — С. 39–45. — DOI: 10.15674/0030-59872017139-45.
2. Орлянский В. Руководство по артроскопии коленного сустава / В. Орлянский, М. Головаха. — изд. 2-е, доп. и перераб. — Запоріжжя : Просвіта, 2016. — 264 с.
3. Структурно-функціональні особливості суглобового хряща під впливом різних режимів навантаження (огляд літератури) / М. О. Корж, К. К. Романенко, Н. О. Ашукіна, Д. В. Прозоровський // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2016. — № 3. — С. 115–122. — DOI: 10.15674/0030-598720163115-122.
4. Болховитин П. В. Хирургическое лечение передне-медиальной нестабильности коленного сустава / П. В. Болховитин // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2000. — № 3. — С. 108–110.
5. Pascual-Garrido C, Feagin JA, LaPrade RF. Biologic approaches for the treatment of partial tears of the anterior cruciate ligament: a current concepts review / I. Dallo, J. Chahla, J. J. Mitchell [et al.] // Orthop. J. Sports Med. — 2017. — Vol. 5 (1). — Article ID : 2325967116681724. — DOI: 10.1177/2325967116681724..
6. Biologic agents for anterior cruciate ligament healing: A systematic review / Di B. Matteo, M. Loibl, L. Andriolo [et al.] // World J. Orthop. — 2016. — Vol. 7 (9). — P. 592–603. — DOI: 10.5312/wjo.v7.i9.592.
7. Magnetic resonance imaging after anterior cruciate ligament reconstruction: A practical guide / A. Grassi, J. R. Bailey, C. Signorelli [et al.] // World J. Orthop. — 2016. — Vol. 7 (10). — P. 638–649. — DOI: 10.5312/wjo.v7.i10.638.
8. Janssen R. P. Intra-articular remodelling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction / R. P. Janssen, S. U. Scheffler // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. — 2014. — Vol. 22 (9). — P. 2102–2108. — DOI:10.1007/s00167-013-2634-5.
9. Difference in graft maturity of the reconstructed anterior cruciate ligament 2 years postoperatively: a comparison between autografts and allografts in young men using clinical and 3.0-T magnetic resonance imaging evaluation / H. Li, H. Tao, S. Cho [et al.] // Am. J. Sports Med. — 2012. — Vol. 40 (7). — P. 1519–1526. — DOI: 10.1177/0363546512443050.
10. Effects of platelet concentrate and a bone plug on the healing of hamstring tendons in a bone tunnel / M. Orrego, C. Larrain, J. Rosales [et al.] // Arthroscopy. — 2008. — Vol. 24 (12). — P. 1373–1380. — DOI: 10.1016/j.arthro.2008.07.016.
11. Rose M. Allograft maturation after reconstruction of the anterior cruciate ligament is dependent on graft parameters in the sagittal plane / M. Rose, D. Crawford // Orthop. J. Sports Med. — 2017. — Vol. 5 (8). — Article ID : 2325967117719695. — DOI: 10.1177/2325967117719695.
12. Silva A. Anatomic ACL reconstruction: Does the platelet-rich plasma accelerate tendon healing? / A. Silva, R. Sampaio // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. — 2009. — Vol. 17 (6). — P. 676–682. — DOI: 10.1007/s00167-009-0762-8.
13. Anterior cruciate ligament reconstruction and preservation: the single-anteromedial bundle biological augmentation (SAMBBA) technique / B. Sonnery-Cottet, B. Freychet, C. G. Murphy [et al.] // Arthroscopy Techniques. — 2014. — Vol. 3 (6). — P. e689–e693. — DOI: 10.1016/j.eats.2014.08.007.
14. A long-term, prospective, randomized study comparing bio-degradable and metal interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction surgery: radiographic results and clinical outcome / S. Stener, L. Ejerhed, N. Sernert [et al.] // Am. J. Sports Med. — 2010. — Vol. 38 (8). — P. 1598–1605. — DOI: 10.1177/0363546510361952.

Статья поступила в редакцию 15.01.2018

MRI SIGNS OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT GRAFT RESTRUCTURING IN BONE CANAL

S. N. Krasnoperov¹, M. L. Golovaha¹, O. V. Sheveliev²

¹ Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine

² Medical centre «Medicum», Zaporozhye, Ukraine

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

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

✉ Oleksii Sheveliev: doc1.medicum@gmail.com