

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАНСПЛАНТАТА ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ В БЕДРЕННОМ КАНАЛЕ НА СТЕПЕНЬ ЕГО РАСШИРЕНИЯ

А.В. Королев^{1,2}, Н.Е. Магнитская^{1,2}, М.С. Рязанцев^{1,2}, Д.О. Ильин¹,
А.П. Афанасьев¹, А.В. Фролов^{1,2}

¹Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)
Орловский пер., д. 7, Москва, 129110, Россия

²ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»
Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, 117198, Россия

Реферат

Цель исследования – оценить влияние дополнительной поперечной фиксации трансплантата передней крестообразной связки (ПКС) в области бедренного канала на его расширение в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы. Были проанализированы результаты хирургического лечения 99 пациентов, оперированных в 2007–2008 гг. Всем больным была выполнена первичная артроскопическая пластика ПКС аутоотрансплантатом из сухожилий полусухожильной и нежной мышц. В основной группе (42 пациента) для проксимальной фиксации использовали комбинацию подвешивающего кортикального (Endobutton CL, Smith & Nephew) и поперечного фиксаторов (1 или 2 рассасывающихся пинов – RigidFix Depuy, Mitek). В контрольной группе (57 пациентов) для проксимальной фиксации использовали только подвешивающий кортикальный фиксатор (Endobutton CL, Smith & Nephew). Во всех случаях для дистальной фиксации использовали биодеградируемый винт с гильзой (BIOINTRAFIX, DePuy Mitek). Расширение каналов оценивали в процентах относительно диаметра, формируемого интраоперационно. Измерение диаметра бедренного канала в отдаленном послеоперационном периоде выполняли по данным МРТ в последовательности T1 в коронарной и сагиттальной плоскостях на трех разных уровнях. Средний возраст пациентов на момент последнего контрольного осмотра в рамках исследования в основной группе составил 38,9±1,4 лет, в контрольной группе – 38,6±1,08 лет. Медиана времени, прошедшего от момента пластики ПКС до последнего контрольного осмотра в основной группе составила 9 лет и 4 мес., в контрольной группе – 8 лет и 7 мес.

Результаты. Частота разрыва трансплантата в основной группе составила 14,3%, в контрольной группе – 17,5%. Расширение бедренного туннеля было больше в контрольной группе в области средней трети и на уровне апертуры сустава, как на коронарной, так и на сагиттальной плоскостях, однако статистически значимой разницы выявлено не было ($p>0,05$). При сравнении расширения бедренного туннеля при использовании одного или двух поперечных пинов статистически значимой разницы выявлено не было.

Заключение. При использовании комбинированной фиксации (подвешивающей и поперечной) аутоотрансплантата в области бедренного канала при первичной артроскопической пластике ПКС аутоотрансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей имеется тенденция к снижению расширения бедренного канала и уменьшению частоты разрыва трансплантата в отдаленном послеоперационном периоде.

Ключевые слова: аутопластика передней крестообразной связки, артроскопическое лечение повреждений передней крестообразной связки, расширение костных каналов.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-59-69.

Королев А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Ильин Д.О., Афанасьев А.П., Фролов А.В. Влияние дополнительной поперечной стабилизации трансплантата передней крестообразной связки в бедренном канале на степень его расширения. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):59-69. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-59-69.

Cite as: Korolev A.V., Magnitskaya N.E., Ryazantsev M.S., Il'in D.O., Afanasyev A.P., Frolov A.V. [Combined Femoral Fixation Technique in Hamstring Tendon Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction: Assessment of Tunnel Widening, Long Term Follow Up]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):59-69. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-59-69.

Магнитская Нина Евгеньевна. Орловский пер., д. 7, Москва, 129110, Россия / Nina E. Magnitskaya. 7, Orlovsky per., Moscow, 129110, Russia; e-mail: magnitskaya.nina@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 13.02.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 02.03.2017.

Combined Femoral Fixation Technique in Hamstring Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Assessment of Tunnel Widening

A.V. Korolev^{1,2}, N.E. Magnitskaya^{1,2}, M.S. Ryazantsev^{1,2}, D.O. Il'in¹, A.P. Afanasyev¹, A.V. Frolov^{1,2}

¹ECSTO, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)
7, Orlovsky per., Moscow, 129110, Russia

²Peoples Friendship University of Russia
6, Miklukho-Maklaya ul., Moscow, 117198, Russia

Abstract

Purpose – to assess the influence of combined femoral fixation technique during arthroscopic ACL reconstruction on the femoral tunnel widening at long term follow-up.

Material and methods. 99 patients with primary hamstring tendon (HT) ACL reconstruction performed in 2007-2008 were analyzed. In the study group (42 patients) on the femoral side a combined cortical suspension (Endobutton CL, Smith & Nephew) and transverse (Rigid Fix, Depuy Mitek) fixation of graft was used. In control group, isolated cortical suspension fixation (Endobutton CL, Smith & Nephew) was used. On the tibial side for graft fixation a biodegradable screw (Biointrafix, DePuy Mitek) was used in all cases. Tunnel widening was calculated in percentage against primary tunnel diameter created during the surgery. MRI data were exported to eFilm (Merge Healthcare software), measurement of femoral tunnel diameters was performed on T1 sequences in coronal and sagittal planes on three different levels.

Results. The mean age at the last follow up in the study group was 38.9 ± 1.4 , in control group – 38.6 ± 1.08 . The median time from surgery to follow up was 9 years and 4 months in the study group and 8 years 7 months in the controls. The incidence of graft failure in the study group was reported as 14.3%, while in the control group as 17.5%. The median femoral tunnel widening was larger in the control group at the joint aperture and midsection levels both in coronal and sagittal plane, although there was no statistically significant differences ($p > 0.05$).

Conclusion. The combination of cortical suspension and transverse HT femoral graft fixation technique is likely to reduce tunnel enlargement at the long term follow-up. However further research and larger sample groups are required.

Keywords: anterior cruciate ligament reconstruction, tunnel widening, tunnel enlargement, combined femoral fixation.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-59-69.

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

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

Введение

Артроскопическая пластика передней крестообразной связки (ПКС) является одной из самых распространенных ортопедических операций [2, 12, 19]. Количество артроскопических реконструкций ПКС, по данным международных регистров, ежегодно составляет 32 случая на 100 тыс. человек в Швеции, 52 случая на 100 тыс. человек в Австралии, 68 случаев на 100 тыс. человек в США [13, 15, 28]. Многие хирурги в качестве пластического материала для замещения ПКС используют ауто-трансплантат из сухожилий полусухожильной и нежной мышц бедра [3, 5, 11, 19, 21].

В настоящее время предложено большое количество различных методов фиксации ауто-трансплантата при артроскопической пластике ПКС. Все методы фиксации по механизму действия и точке приложения силы подразделяются на 3 основные группы:

1) компрессирующие фиксаторы: BIOSURE (Smith & Nephew), Bio-INTRAFIX (DePuy Mitek);

2) поперечные фиксаторы: Rigid Fix (DePuy Mitek), Bio-TransFix (Arthrex);

3) подвешивающие фиксаторы: Endobutton CL (Smith & Nephew), XO Button (ConMed Linvatec), RIGIDLOOP (DePuy Mitek), ACL Tight

Rope (Arthrex), RIGIDLOOP ADJUSTABLE (DePuy Mitek).

Тем не менее, вопрос об оптимальном методе фиксации трансплантата в костных каналах до сих пор не решен [29].

Избыточная подвижность трансплантата в костном канале может привести к расширению канала и тем самым замедлить интеграцию и лигаментизацию ауто-трансплантата [1, 4]. Расширение костных каналов после первичной пластики ПКС – известный феномен, активно обсуждаемый в литературе, однако его точная этиология до сих пор не ясна [14, 26, 32].

Одним из факторов, влияющих на расширение каналов, является метод фиксации ауто-трансплантата ПКС. В последнее время хирурги все чаще отдают предпочтение подвешивающим кортикальным фиксаторам [11, 19, 21]. Они имеют следующие преимущества: большая площадь контакта ауто-трансплантата с костью, обеспечивающая круговую интеграцию ауто-трансплантата; фиксация за кортикальный слой кости, который является в 30 раз более прочным, чем губчатое вещество [6, 21]. Однако есть и недостатки – точка фиксации располагается вдали от полости коленного сустава, что создает условия для микроподвижности ауто-трансплантата и расширения костного канала [9, 16].

Другим популярным методом фиксации трансплантата в области бедренного канала является поперечная фиксация при помощи биодеградируемых пинов. Преимуществами данного метода являются более близкая точка фиксации к полости сустава, что уменьшает раскачивание трансплантата в поперечном направлении, и отсутствие необходимости рассчитывать длину бедренного канала и длину петли фиксатора [17, 23]. К недостаткам относятся: фиксация в губчатом веществе кости по сравнению с подвешивающей кортикальной фиксацией является механически менее прочной и жесткой [6, 24]. В литературе описаны случаи миграции фиксатора, а также «проскальзывания трансплантата» [6, 20].

Расширение костных каналов приводит к избыточной подвижности трансплантата в костных каналах в продольном и поперечном направлениях, тем самым ухудшая клинические результаты [22, 30, 31]. Так, слишком широкие каналы способствуют снижению переднезадней и ротационной стабильности к коленному суставу и в последующем могут привести к разрыву трансплантата ПКС.

При этом частота разрывов ауто трансплантатов из сухожилий подколенных сгибателей в течение 5 лет после первичной операции составляет от 2 до 3,9%, а при оценке результатов до 20 лет – от 10 до 17% [10, 21, 25, 33].

Материал и методы

Мы проанализированы результаты хирургического лечения 99 пациентов, оперированных с 2007 по 2008 год. В основную группу исследования вошли 42 пациента – 34 мужчины (81%) и 8 женщин (19%) в возрасте от 16 до 50 лет (средний возраст составил $30 \pm 1,36$ лет). В контрольную группу вошли 57 пациентов – 40 мужчин (70,2%) и 17 женщин (29,8%) в возрасте от 16 до 55 лет (средний возраст составил $30 \pm 1,09$ лет).

В основной группе 33 пациента (79%) получили травму коленного сустава во время занятий спортом, 4 (9%) – в результате ДТП, 5 (12%) – в быту. В контрольной группе 48 пациентов (84%) получили травму во время занятий спортом, 9 (16%) – в быту.

Всем пациентам была выполнена первичная артроскопическая пластика ПКС ауто трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от метода фиксации трансплантата в бедренном канале. В основной группе (42 пациента) для проксимальной фиксации использовали комбинацию подвешивающего кортикального фиксатора-пуговицы (Endobutton CL, Smith & Nephew) и поперечного фиксатора

(в 28 случаях использовали один биодеградируемый пин, в 14 случаях – два биодеградируемых пина RigidFix DePuy, Mitek). В контрольной группе (57 пациентов) для проксимальной фиксации использовали только подвешивающий кортикальный фиксатор-пуговицу (Endobutton CL, Smith & Nephew). Во всех случаях для дистальной фиксации использовали биодеградируемый винт с гильзой (Bio-INTRAFIX, DePuy Mitek). Все операции выполнялись одним и тем же хирургом по стандартной методике. Интраоперационные данные заносили в протокол операции и интраоперационную анкету.

Средний возраст пациентов на момент последнего контрольного осмотра в рамках исследования в основной группе составил $38,9 \pm 1,4$ лет (от 24 до 59 лет), в контрольной группе – $38,6 \pm 1,08$ лет (от 24 до 61 года). Медиана времени, прошедшего от момента пластики ПКС до последнего контрольного осмотра в рамках исследования, в основной группе составила 9 лет и 4 мес. (интерквартильный размах от 9 лет и 1 мес. до 9 лет и 7 мес.), в контрольной группе – 8 лет и 7 мес. (интерквартильный размах от 8 лет до 8 лет и 11 мес.).

Хирургическая техника. Выполняли артроскопическую ревизию коленного сустава из стандартных портов. При необходимости мениски сшивали или резецировали, выполняли резекцию нестабильных фрагментов хряща или микрофрактурирование. Культю ПКС полностью резецировали. Из сухожилий полусухожильной и нежной мышц формировали четырехпучковый ауто трансплантат, концы сухожилий прошивали нитями. Измеряли диаметр и длину ауто трансплантата. При помощи направителя в большеберцовой кости формировали канал соответствующего диаметра, ориентируясь на латеральный скат медиального бугорка. Транстибиально при помощи направителя формировали канал в бедренной кости, ориентируясь на условный циферблат часов (для правого коленного сустава – 10:30, для левого коленного сустава – 1:30) (рис. 1).

Далее в основной группе направитель для поперечных пинов устанавливали в бедренном канале (рис. 2). По направляющим втулкам рассверливали один или два канала для биодеградируемых пинов. Обязательно выполняли артроскопический контроль правильности расположения канала при помощи спиц (рис. 3). В контрольной группе этот этап не выполняли.

Затем ауто трансплантат с подвешивающим кортикальным фиксатором-пуговицей (Endobutton CL, Smith & Nephew) проводили в каналы до выхода фиксатора-пуговицы из проксимальной части бедренного канала и его разворота (рис. 4).



Рис. 1. Формирование большеберцового канала (а); формирование бедренного канала (b);
 рассверливание бедренного канала (с)

Fig. 1. Formation of tibial tunnel (a); formation of femoral tunnel (b); drilling of femoral tunnel (c)

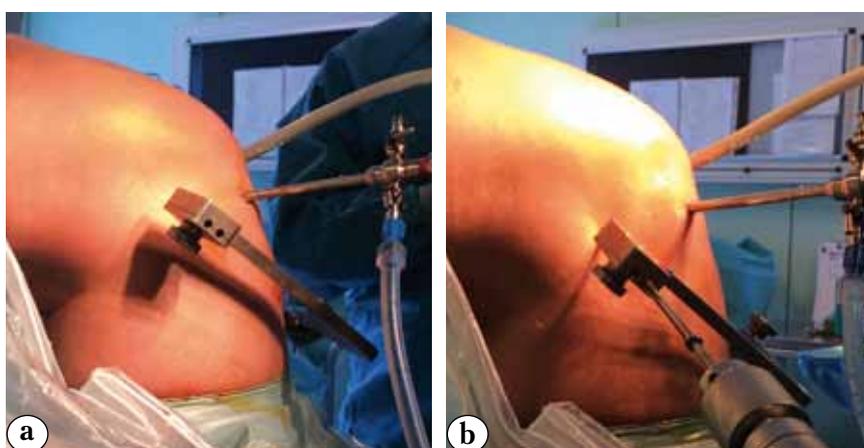


Рис. 2. Направитель для поперечной фиксации (Rigid Fix, DePuy Mitek) установлен в бедренном канале (а);
 рассверливание каналов для пинов по направляющим втулкам (b)

Fig. 2. Guide for transverse fixation (Rigid Fix, DePuy Mitek) is inserted into the femoral tunnel (a);
 guiding sleeves for drilling of pin tunnels (b)

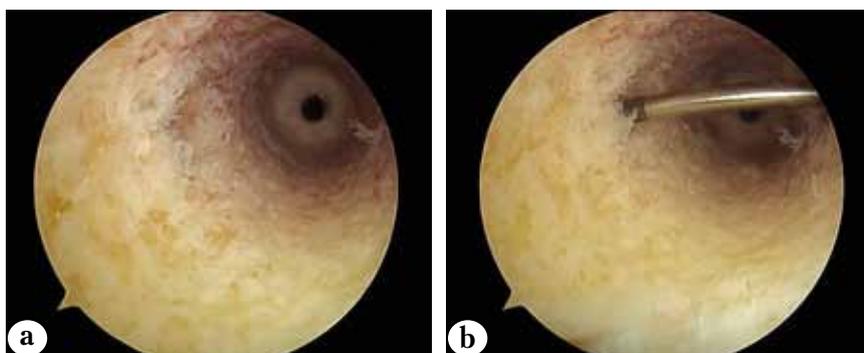


Рис. 3. Бедренный канал, вид через тибиаьный канал (а); бедренный канал, спица в горизонтальном канале для пина (b)

Fig. 3. Femoral tunnel view through tibial tunnel (a); femoral tunnel, pin is located in the horizontal tunnel (b)

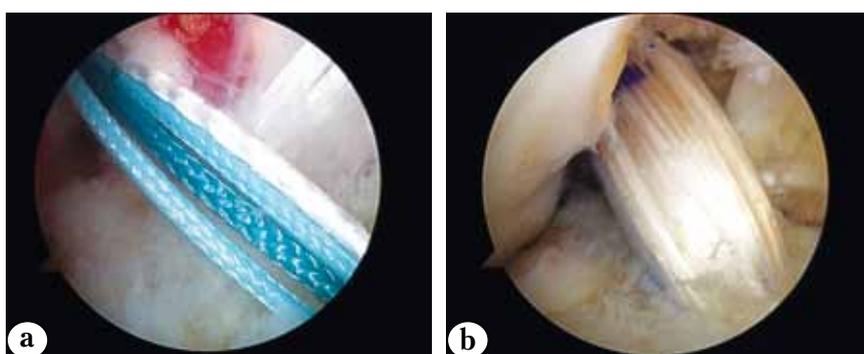


Рис. 4. Сформированы костные каналы, протянуты лигатуры (а); аутографт ПКС заведен в костные каналы (b)

Fig. 4. Bone tunnels, introduced ligatures (a); ACL autograft inserted into bone tunnels (b)

Далее в основной группе выполняли дополнительную поперечную фиксацию одним или двумя рассасывающимися пилами (Rigid Fix, DePuy Mitek) (рис. 5).



Рис. 5. Поперечная фиксация в бедренном канале при помощи биodeградируемого пина

Fig. 5. Transverse fixation in femoral tunnel using biodegradable pin

Дистальную фиксацию ауто трансплантата в большеберцовой кости выполняли при помощи биodeградируемого винта соответствующего диаметра с гильзой (Bio-INTRAFIX, DePuy Mitek). Проводили артроскопический контроль, при котором подтверждали натяжение трансплантата, изометричность положения, отсутствие признаков ущемления при всех углах сгибания конечности. Полость сустава обильно промывали физиологическим раствором, оставляли вакуум-дренаж в полости сустава. Послеоперационные раны послойно ушивали. Нижнюю конечность забинтовывали эластичным бинтом, выполняли иммобилизацию в прямом тугоре.

Пациенты проходили стандартный протокол реабилитации после операции. В течение первой недели – ходьба без нагрузки на оперированную конечность и иммобилизация в прямом ортезе (кроме пациентов после сшивания менисков). Со второй недели – начало пассивной разработки движений, продолжение иммобилизации при ходьбе и частичная осевая нагрузка на оперированную конечность (20 кг). С третьей недели – доведение осевой нагрузки до полной, с четвертой недели – постепенный отказ от дополнительной опоры и иммобилизации. Занятия спортом без ограничений разрешили через 6 мес. после операции.

Измерение диаметра костных каналов по данным МРТ. Данные МРТ, выполненной на аппарате Toshiba Excelart Vantage Atlas 1,5T, были импортированы в eFilm Workstation (Merge Healthcare) для анализа результатов. Диаметр костных каналов измеряли в последовательности T1 в коронарной и сагиттальной плоскостях. Во всех случаях диаметры каналов измеряли перпендикулярно основной оси канала. В коронарной плоскости диаметр бедренного канала измеряли на трех уровнях (рис. 6):

- 1) на уровне проксимального расширения – *femoral proximal escalation* – Fem-PE (cor);
- 2) в средней трети – *femoral midsection* – Fem-M (cor);
- 3) на 5 мм проксимальнее апертюры канала – *femoral joint aperture* – Fem-JA (cor).

По аналогичной методике измеряли диаметр канала в сагиттальной плоскости на трех уровнях (рис. 7):

- 1) на уровне проксимального расширения – *femoral proximal escalation* – Fem-PE (sag);
- 2) в средней трети – *femoral midsection* – Fem-M (sag);
- 3) на 5 мм проксимальнее апертюры канала – *femoral joint aperture* – Fem-JA (sag).

Расширение каналов измеряли в процентах относительно диаметра, формируемого интраоперационно.

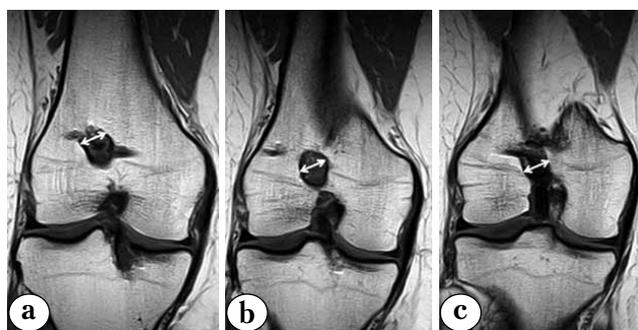


Рис. 6. Измерение диаметра бедренного канала в коронарной плоскости:

- a – на уровне проксимального расширения;
- b – в средней трети;
- c – на 5 мм проксимальнее от апертюры канала

Fig. 6. Measurement of femoral tunnel in coronal plane:

- a – at the level of femoral proximal escalation;
- b – at the level of femoral midsection;
- c – 5 mm proximal to femoral joint aperture

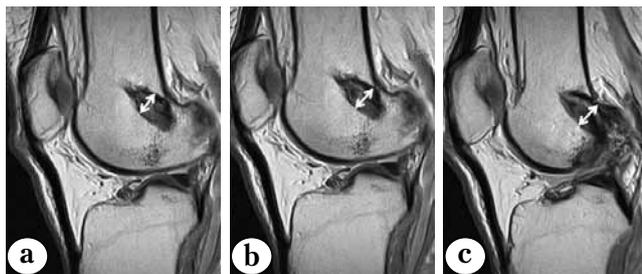


Рис. 7. Измерение бедренного канала в сагиттальной плоскости:
 а – на уровне проксимального расширения;
 б – в средней трети;
 с – на 5 мм проксимальнее от апертуры канала

Fig. 7. Measurement of femoral tunnel in sagittal plane:
 a – at the level of femoral proximal escalation;
 b – at the level of femoral midsection;
 c – 5 mm proximal to femoral joint aperture

Статистический анализ. Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы Statistica 12.0, Stat Soft, Inc. Критический уровень статистической значимости принимали 5% ($p \leq 0,05$). Для проверки нормальности распределения в совокупности по выборочным данным использовали тест Колмогорова – Смирнова. Сравнения двух групп из совокупностей с нормальным распределением проводили с помощью t -критерия Стьюдента для двух зависимых или двух независимых выборок. Количественные данные представлены в виде средних значений и ошибки среднего ($M \pm m$). Если данные имели распределение, отличное от нормального, для проверки статистических гипотез при сравнении числовых данных двух несвязанных групп, использовали U -критерий Манна – Уитни. Количественные данные представлены в виде медианы и процентилей (25-го; 75-го).

Результаты

За время наблюдения в основной группе разрыв трансплантата ПКС с развитием субъективной и клинической нестабильности в коленном суставе был диагностирован у 6 пациентов (4 мужчин и 2 женщин). Из них трем пациентам была выполнена ревизионная артроскопическая пластика ПКС. В контрольной группе у 10 пациентов (9 мужчин и 1 женщины) был диагностирован разрыв трансплантата ПКС. Из них 9 пациентам была выполнена ревизионная артроскопическая пластика ПКС. Данные пациенты были исключены из дальнейшего исследования. Таким образом, частота разрыва трансплантата ПКС в основной группе составила 14,3% (6 пациентов), в контрольной группе – 17,5% (10 пациентов).

Результаты МРТ, выполненной на финальном контрольном осмотре в рамках исследования (9 лет и 4 мес. в основной группе, 8 лет и 7 мес. в контрольной группе) представлены в таблицах 1 и 2.

Таким образом, наибольшее расширение бедренного канала в основной и контрольной группах было зафиксировано на уровне средней трети как в коронарной, так и в сагиттальной плоскостях. При этом расширение бедренного канала было больше в контрольной группе как в коронарной, так и в сагиттальной плоскостях. Тем не менее, мы не получили статистически значимой разницы в расширении бедренного канала между основной и контрольной группами пациентов ($p > 0,05$) (табл. 3).

Кроме того, в основной группе не было зафиксировано статистически значимой разницы в расширении каналов при использовании для поперечной фиксации одного или двух пинов (табл. 4).

Таблица 1/Table 1

Расширение бедренного канала в основной группе Widening of the femoral tunnel in the study group

Уровень измерения Measurement level	Расширение бедренного канала/Widening of femoral tunnel			
	Коронарная плоскость/Coronal plane		Сагиттальная плоскость/Sagittal plane	
	Медиана/Median	25–75 процентили/percentile	Медиана/Median	25–75 процентили/percentile
Fem-PE	25	(12–35)	29	(21–38)
Fem-M	38	(29–53)	33	(25–50)
Fem-JA	29	(19–40)	25	(17–38)

Fem-PE – проксимальное расширение бедренного канала (femoral proximal escalation); Fem-M – средняя треть бедренного канала (femoral midsection); Fem-JA – апертура бедренного канала (femoral joint aperture).

Таблица 2/Table 2

**Расширение бедренного канала в контрольной группе
Widening of femoral tunnel in control group**

Уровень измерения Measurement level	Расширение бедренного канала/Widening of femoral tunnel			
	Коронарная плоскость/Coronal plane		Сагиттальная плоскость/Sagittal plane	
	Медиана/Median	25–75 процентиля/percentile	Медиана/Median	25–75 процентиля/percentile
Fem-PE	29	(23–41)	29	(29–38)
Fem-M	53	(38–54)	43	(38–53)
Fem-JA	38	(25–43)	29	(23–38)

См. таблицу 1/ Look upon table 1.

Таблица 3/Table 3

**Оценка влияния дополнительной поперечной фиксации трансплантата в области бедренного канала на его расширение
Assessment of influence of supplementary transverse graft fixation in femoral tunnel on tunnel widening**

Коронарная плоскость Coronal plane	p	Сагиттальная плоскость Sagittal plane	p
Fem-PE	0,128	Fem-PE	0,320
Fem-M	0,133	Fem-M	0,181
Fem-JA	0,446	Fem -JA	0,730

Таблица 4/Table 4

Assessment of influence of supplementary transverse one or two pin fixation on femoral tunnel widening

Коронарная плоскость Coronal plane	p	Сагиттальная плоскость Sagittal plane	p
Fem-PE	0,126	Fem-PE	0,067
Fem-M	0,098	Fem-M	0,425
Fem -JA	0,244	Fem-JA	0,125

Обсуждение

По данным T. Leys с соавторами и L. Pinzewski с соавторами, частота разрывов ауто-трансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц при оценке отдаленных результатов (до 20 лет после операции) составляет от 10 до 18% [21, 25]. В нашей работе при использовании дополнительной поперечной фиксации трансплантата в области бедренного канала частота разрыва трансплантата при сроке послеоперационного наблюдения более 8 лет составила 14,3%, а при использовании только подвешивающей кортикальной фиксации – 17,5%.

Одним из методов оценки послеоперационных результатов после первичной пластики ПКС является определение диаметра костных каналов в бедренной и большеберцовой костях [22, 27].

Расширение костных каналов зависит от механических и биологических факторов [14, 26, 32]. Мы предположили, что использование дополнительной поперечной фиксации трансплантата в области бедренного канала поможет уменьшить расширение костных каналов.

J. Baumfeld с соавторами оценивали диаметры каналов по данным рентгенограмм и получили среднее расширение бедренного канала в группе с подвешивающим фиксатором Endobutton CL в прямой проекции – 50±22,7%, в боковой проекции – 55,8 ±23,9%, а в группе с поперечным фиксатором Rigidfix среднее расширение составило 44,5 ±19,5% в прямой и 48±19,9% в боковой проекциях. Авторы получили большее статистически значимое расширение канала в группе с подвешивающим кортикальным фиксатором [8]. В исследовании S. Kuskucu с соавторами среднее расширение

бедренного канала в группе с подвешивающим фиксатором Endobutton CL составило 43,7%, а в группе с поперечным фиксатором Transfix – 32,61% [18]. В работе В. Basson с соавторами среднее расширение бедренного канала при использовании подвешивающего фиксатора пуговицы Ziploop (Biomet) составило $49,32 \pm 0,52\%$. Однако авторы использовали оценку расширения каналов по данным компьютерной томографии (КТ) [7]. В исследовании А. Weber с соавторами измерение диаметра костных каналов выполняли по данным МРТ в коронарной и сагиттальной плоскостях на 3 уровнях. В работе не сравнивались различные техники фиксации трансплантата, однако были показаны статистически значимые различия в расширении канала на разных уровнях изменения костного туннеля [32]. Во всех приведенных исследованиях при артроскопической пластике ПКС использовалась транстибиальная техника формирования костных каналов.

В нашем исследовании наибольшее расширение бедренного канала было зафиксировано в средней трети, на этом уровне медиана расширения в основной группе в коронарной плоскости составила 38%, в сагиттальной плоскости – 33%, в контрольной группе – 53 и 43% соответственно. Таким образом, расширение бедренного канала при использовании комбинированной фиксации было меньше, чем при использовании изолированной подвешивающей фиксации как в коронарной, так и в сагиттальной плоскостях, однако статистически значимой разницы получить не удалось. Расширение бедренного канала в основной группе было сопоставимо с результатами, полученными при использовании поперечного фиксатора Transfix в работе S. Kuskucu с соавторами [18].

Для измерения диаметра каналов нами была выбрана МРТ, аналогично работе А. Weber с соавторами [32]. Этот метод исследования позволил нам оценить не только костные каналы, но и состояние ауто трансплантата ПКС, исключить наличие повреждений менисков и хрящевого покрова. В. Basson с соавторами проводили оценку расширения каналов по данным КТ, которая также является достоверным методом для оценки диаметра каналов. Тем не менее, дополнительное выполнение КТ не всегда клинически и экономически целесообразно.

Недостатком нашей работы является отсутствие наблюдения за расширением костных туннелей в динамике на разных сроках после операции.

Заключение

При использовании комбинированной фиксации (подвешивающей и поперечной) в области бедренного канала при первичной артроскопической пластике ПКС ауто трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей имеется тенденция к снижению расширения бедренного канала и уменьшению частоты разрыва трансплантата в отдаленном послеоперационном периоде. Однако требуется дальнейшее изучение этой методики и большие группы сравнения. Магнитно-резонансная томография является эффективным методом оценки состояния костных каналов в послеоперационном периоде после артроскопической пластики ПКС.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература

1. Ахпашев А.А., Загородний Н.В., Щеголева Н.Н., Гнелица Н.Н., Королев А.В. Морфологические аспекты несостоятельности ауто трансплантата передней крестообразной связки. *Вестник новых медицинских технологий.* 2007;(4):47-49.
2. Карасева Т.Ю., Карасев Е.А. Артроскопические технологии лечения больных с нестабильностью коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2013;(4):38-43.
3. Королев А.В. Комплексное восстановительное лечение пациентов с повреждениями менисков и связок коленного сустава с использованием артроскопических методик [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. М., 2004. 24 с.
4. Лазишвили Г.Д., Шехтер А.Б., Лисицын М.П., Скорогляд П.А., Копылов А.А., Лисицина Е.М. Артроскопическая и гистологическая оценка характера ремоделирования трансплантата после ауто-пластического замещения передней крестообразной связки коленного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2007;(1):28-33.
5. Серебряк Т. Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки с использованием различных сухожильных трансплантатов [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. СПб., 2012. 24 с.
6. Ahmad C.S., Gardner T.R., Groh M., Arnouk J., Levine W.N. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(3):635-640. DOI: 10.1177/0363546503261714.
7. Basson B., Philippot R., Neri T., Meucci J.F., Boyer B., Farizon F. The effect of femoral tunnel widening on one-year clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using ZipLoop technology for fixation in the cortical bone of the femur. *Knee.* 2016;23(2):233-236. DOI: 10.1016/j.knee.2015.06.002.
8. Baumfeld J.A., Diduch D.R., Rubino L.J., Hart J.A., Miller M.D., Barr M.S., Hart J.M. Tunnel widening following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft: a comparison between double cross-pin and suspensory graft fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(12):1108-1813. DOI: 10.1007/s00167-008-0606-y.

9. Fauno P., Kaalund S. Tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction is influenced by the type of graft fixation used: a prospective randomized study. *Arthroscopy*. 2005;21(11):1337-1341.
10. Gabler C.M., Jacobs C.A., Howard J.S., Mattacola C.G., Johnson D.L. Comparison of graft failure rate between autografts placed via an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction technique a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med*. 2016;44(4):1069-1079. DOI: 10.1177/0363546515584043.
11. Gabr A., O'Leary S., Spalding T., Bollen S., Haddad F. The UK National Ligament Registry Report 2015. *Knee*. 2015;22(4):351-353. DOI: 10.1016/j.knee.2015.05.002.
12. Gianotti S.M., Marshall S.W., Hume P.A., Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport*. 2009;12(6):622-627. DOI: 10.1016/j.jsams.2008.07.005.
13. Granan L.P., Forssblad M., Lind M., Engebretsen L. The Scandinavian ACL registries 2004–2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop*. 2009;80(5):563-567. DOI: 10.3109/17453670903350107.
14. Hantes M.E., Mastrokalos D.S., Yu J., Paessler H.H. The effect of early motion on tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament replacement using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*. 2004;20(6):572-580.
15. Janssen K.W., Orchard J.W., Driscoll T.R., van Mechelen W. High incidence and costs for anterior cruciate ligament reconstructions performed in Australia from 2003–2004 to 2007–2008: time for an anterior cruciate ligament register by Scandinavian model? *Scand J Med Sci Sports*. 2012;22(4):495-501. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01253.x.
16. Kobayashi M., Nakağawa Y., Suzuki T., Okudaira S., Nakamura T. A retrospective review of bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons fixed with a metal round cannulated interference screw in the femur. *Arthroscopy*. 2006;22(10):1093-1099. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.05.017.
17. Kousa P., Järvinen T.L., Vihavainen M., Kannus P., Järvinen M. The fixation strength of six hamstring tendon graft fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction part I: femoral site. *Am J Sports Med*. 2003;31(2):174-181. DOI: 10.1177/03635465030310020401.
18. Kuskucu S.M. Comparison of short-term results of bone tunnel enlargement between EndoButton CL and cross-pin fixation systems after chronic anterior cruciate ligament reconstruction with autologous quadrupled hamstring tendons. *J Int Med Res*. 2008;36(1):23-30.
19. Kvist J., Kartus J., Karlsson J., Forssblad M. Results from the Swedish national anterior cruciate ligament register. *Arthroscopy*. 2014;30(7):803-810. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.02.036.
20. Lee Y.S., Ahn J.H., Lim H.C., Kim J.G., Yoo J.H., Wang J.H., Park J.S. Structural change of soft tissue anterior cruciate ligament reconstructions with cross-pin fixation between immediate and postoperative 8 weeks: a study with use of magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med*. 2009;37(2):285-290. DOI: 10.1177/0363546508324691.
21. Leys T., Salmon L., Waller A., Linklater J., Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med*. 2012;40(3):595-605. DOI: 10.1177/0363546511430375.
22. Lopes O.V. Jr., de Freitas Spinelli L., Leite L.H., Buzzeto B.Q., Saggini P.R., Kuhn A. Femoral tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using RigidFix compared with extracortical fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;27:1-7. DOI: 10.1007/s00167-015-3888-x.
23. Milano G., Mulas P.D., Ziranu F., Piras S., Manunta A., Fabbriani C. Comparison between different femoral fixation devices for ACL reconstruction with doubled hamstring tendon graft: a biomechanical analysis. *Arthroscopy*. 2006;22(6):660-668. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.04.082.
24. Monaco E., Labianca L., Speranza A., Agrò A.M., Camillieri G., D'Arrigo C., Ferretti A. Biomechanical evaluation of different anterior cruciate ligament fixation techniques for hamstring graft. *J Orthop Sci*. 2010;15(1):125-131. DOI: 10.1007/s00776-009-1417-9.
25. Pinczewski L., Salmon L., Thompson S., Waller A., Linklater J., Roe J. Radiographic Osteoarthritis, Clinical Outcomes and Re-Injury 20 Years after ACL Reconstruction. A Prospective Study Of Hamstring and Patellar Tendon Grafts. *Orthop J Sports Med*. 2016;4(2):2325967116S00004. Published online 2016 Feb 16. DOI: 10.1177/2325967116S00004.
26. Rodeo S.A., Kawamura S., Kim H.J., Dymybil C., Ying L. Tendon healing in a bone tunnel differs at the tunnel entrance versus the tunnel exit: an effect of graft-tunnel motion? *Am J Sports Med*. 2006;34(11):1790-800.
27. Sabat D., Kundu K., Arora S., Kumar V. Tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized computed tomography--based study comparing 2 different femoral fixation methods for hamstring graft. *Arthroscopy*. 2011;27(6):776-783. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.02.009.
28. Sanders T.L., Maradit Kremers H., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A., Stuart M.J., Krych A.J. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med*. 2016;44(6):1502-1507. DOI: 10.1177/0363546516629944.
29. Saygi B., Karaman O., Sirin E., Arslan I., Demir A., Oztermeli A. Comparison of different femoral fixation implants and fit techniques for tunnel widening and clinical outcome in ACL reconstruction using hamstring autograft. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136(2):241-247. DOI: 10.1007/s00402-015-2348-x.
30. Stoller D.W. Stoller's atlas of orthopaedics and sports medicine. Philadelphia : Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 1039 p.
31. Ugutmen E., Ozkan K., Güven M., Sener N., Altintas F. Early tunnel enlargement after arthroscopic ACL reconstructions. *Acta Orthop Belg*. 2007;73(5):625-629.
32. Weber A.E., Delos D., Oltean H.N., Vadasdi K., Cavanaugh J., Potter H.G., Rodeo S.A. Tibial and Femoral Tunnel Changes After ACL Reconstruction: A Prospective 2-Year Longitudinal MRI Study. *Am J Sports Med*. 2015;43(5):1147-1156. DOI: 10.1177/0363546515570461.
33. Webster K.E., Feller J.A., Leigh W.B., Richmond A.K. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2014;42(3):641-647. DOI: 10.1177/0363546513517540.

References

1. Akhpashev A., Zagorodny N., Schegoleva N., Gnelitsa N., Korolev A. [Morphological aspects of anterior cruciate ligament graft failure]. *Vestnik novykh meditsinskih tekhnologii* [Journal of New Medical Technologies]. 2007;(4):47-49. (in Russian).

2. Karaseva T., Karasev E. [Arthroscopical technologies in treatment of knee instability]. *Geniy Ortopedii* [Genious of orthopaedics]. 2013;(4):38-43. (in Russian).
3. Korolev A.V. [Complex restorative treatment of patients with knee joint meniscus and ligament injuries using arthroscopic techniques. Dr. med. sci. diss. abstract]. Moscow, 2004. 24 p. (in Russian).
4. Lazishvili G., Shehter A., Lisitsyin M., Skoroglyadov P., Kopyilov A., Lisitsyina E. [Arthroscopic and histological assessment of the autograft remodeling following ACL reconstruction of the knee joint]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova* [Reporter of Traumatology and Orthopedics named Priorov]. 2007;(1):28-33. (in Russian).
5. Serebryak T. [Arthroscopic ACL reconstruction with using different ligament autografts. Cand. med. sci. diss. abstract]. Saint Petersburg, 2012. 24 p. (in Russian).
6. Ahmad C.S., Gardner T.R., Groh M., Arnouk J., Levine W.N. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(3):635-640. DOI: 10.1177/0363546503261714.
7. Basson B., Philippot R., Neri T., Meucci J.F., Boyer B., Farizon F. The effect of femoral tunnel widening on one-year clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using ZipLoop technology for fixation in the cortical bone of the femur. *Knee.* 2016;23(2):233-236. DOI: 10.1016/j.knee.2015.06.002.
8. Baumfeld J.A., Diduch D.R., Rubino L.J., Hart J.A., Miller M.D., Barr M.S., Hart J.M. Tunnel widening following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft: a comparison between double cross-pin and suspensory graft fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(12):1108-1813. DOI: 10.1007/s00167-008-0606-y.
9. Fauno P., Kaalund S. Tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction is influenced by the type of graft fixation used: a prospective randomized study. *Arthroscopy.* 2005;21(11):1337-1341.
10. Gabler C.M., Jacobs C.A., Howard J.S., Mattacola C.G., Johnson D.L. Comparison of graft failure rate between autografts placed via an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction technique a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):1069-1079. DOI: 10.1177/0363546515584043.
11. Gabr A., O'Leary S., Spalding T., Bollen S., Haddad F. The UK National Ligament Registry Report 2015. *Knee.* 2015;22(4):351-353. DOI: 10.1016/j.knee.2015.05.002.
12. Gianotti S.M., Marshall S.W., Hume P.A., Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport.* 2009;12(6):622-627. DOI: 10.1016/j.jsams.2008.07.005.
13. Granan L.P., Forssblad M., Lind M., Engebretsen L. The Scandinavian ACL registries 2004–2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop.* 2009;80(5):563-567. DOI: 10.3109/17453670903350107.
14. Hantes M.E., Mastrokalos D.S., Yu J., Paessler H.H. The effect of early motion on tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament replacement using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy.* 2004;20(6):572-580.
15. Janssen K.W., Orchard J.W., Driscoll T.R., van Mechelen W. High incidence and costs for anterior cruciate ligament reconstructions performed in Australia from 2003–2004 to 2007–2008: time for an anterior cruciate ligament register by Scandinavian model? *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(4):495-501. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01253.x.
16. Kobayashi M., Nakagawa Y., Suzuki T., Okudaira S., Nakamura T. A retrospective review of bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons fixed with a metal round cannulated interference screw in the femur. *Arthroscopy.* 2006;22(10):1093-1099. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.05.017.
17. Kousa P., Järvinen T.L., Vihavainen M., Kannus P., Järvinen M. The fixation strength of six hamstring tendon graft fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction part I: femoral site. *Am J Sports Med.* 2003;31(2):174-181. DOI: 10.1177/03635465030310020401.
18. Kuskucu S.M. Comparison of short-term results of bone tunnel enlargement between EndoButton CL and cross-pin fixation systems after chronic anterior cruciate ligament reconstruction with autologous quadrupled hamstring tendons. *J Int Med Res.* 2008;36(1):23-30.
19. Kvist J., Kartus J., Karlsson J., Forssblad M. Results from the Swedish national anterior cruciate ligament register. *Arthroscopy.* 2014;30(7):803-810. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.02.036.
20. Lee Y.S., Ahn J.H., Lim H.C., Kim J.G., Yoo J.H., Wang J.H., Park J.S. Structural change of soft tissue anterior cruciate ligament reconstructions with cross-pin fixation between immediate and postoperative 8 weeks: a study with use of magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med.* 2009;37(2):285-290. DOI: 10.1177/0363546508324691.
21. Leys T., Salmon L., Waller A., Linklater J., Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med.* 2012;40(3):595-605. DOI: 10.1177/0363546511430375.
22. Lopes O.V. Jr., de Freitas Spinelli L., Leite L.H., Buzzeto B.Q., Saggin P.R., Kuhn A. Femoral tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using RigidFix compared with extracortical fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;27:1-7. DOI: 10.1007/s00167-015-3888-x.
23. Milano G., Mulas P.D., Ziranu F., Piras S., Manunta A., Fabbriani C. Comparison between different femoral fixation devices for ACL reconstruction with doubled hamstring tendon graft: a biomechanical analysis. *Arthroscopy.* 2006;22(6):660-668. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.04.082.
24. Monaco E., Labianca L., Speranza A., Agrò A.M., Camillieri G., D'Arrigo C., Ferretti A. Biomechanical evaluation of different anterior cruciate ligament fixation techniques for hamstring graft. *J Orthop Sci.* 2010;15(1):125-131. DOI: 10.1007/s00776-009-1417-9.
25. Pinczewski L., Salmon L., Thompson S., Waller A., Linklater J., Roe J. Radiographic Osteoarthritis, Clinical Outcomes and Re-Injury 20 Years after ACL Reconstruction. A Prospective Study Of Hamstring and Patellar Tendon Grafts. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116S00004. Published online 2016 Feb 16. DOI: 10.1177/2325967116S00004.
26. Rodeo S.A., Kawamura S., Kim H.J., Dymobil C., Ying L. Tendon healing in a bone tunnel differs at the tunnel entrance versus the tunnel exit: an effect of graft-tunnel motion? *Am J Sports Med.* 2006;34(11):1790-800.
27. Sabat D., Kundu K., Arora S., Kumar V. Tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized computed tomography-based study comparing 2 different femoral fixation methods for hamstring graft. *Arthroscopy.* 2011;27(6):776-783. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.02.009.

28. Sanders T.L., Maradit Kremers H., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A., Stuart M.J., Krych A.J. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-1507. DOI: 10.1177/0363546516629944.
29. Saygi B., Karaman O., Sirin E., Arslan I., Demir A., Oztermeli A. Comparison of different femoral fixation implants and fit techniques for tunnel widening and clinical outcome in ACL reconstruction using hamstring autograft. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(2):241-247. DOI: 10.1007/s00402-015-2348-x.
30. Stoller D.W. Stoller's atlas of orthopaedics and sports medicine. Philadelphia : Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 1039 p.
31. Ugutmen E., Ozkan K., Güven M., Sener N., Altintas F. Early tunnel enlargement after arthroscopic ACL reconstructions. *Acta Orthop Belg.* 2007;73(5):625-629.
32. Weber A.E., Delos D., Oltean H.N., Vadasdi K., Cavanaugh J., Potter H.G., Rodeo S.A. Tibial and Femoral Tunnel Changes After ACL Reconstruction: A Prospective 2-Year Longitudinal MRI Study. *Am J Sports Med.* 2015;43(5):1147-1156. DOI: 10.1177/0363546515570461.
33. Webster K.E., Feller J.A., Leigh W.B., Richmond A.K. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014;42(3):641-647. DOI: 10.1177/0363546513517540.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Королев Андрей Вадимович – д-р мед. наук, главный врач Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); профессор кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»

Магнитская Нина Евгеньевна – ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); аспирант кафедры травматологии, ортопедии и артрологии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»

Рязанцев Михаил Сергеевич – ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); аспирант кафедры травматологии, ортопедии и артрологии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»

Ильин Дмитрий Олегович – канд. мед. наук, ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Афанасьев Алексей Павлович – канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Фролов Александр Владимирович – канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Andrey V. Korolev – Dr. Sci. (Med.), Chief Doctor and Medical Director of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO); Professor of Department of Traumatology and Orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia

Nina E. Magnitskaya – Orthopaedics Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO); Postgraduate Student, Department of Traumatology, Orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia

Mikhail S. Ryazantsev – Orthopaedics Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO); Postgraduate Student, Department of Traumatology, Orthopaedics and Arthrology, Peoples Friendship University of Russia

Dmitrii O. Il'in – Cand. Sci. (Med.), Orthopaedics Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)

Aleksei P. Afanas'yev – Cand. Sci. (Med.) Orthopedic Surgeon, Orthopaedics Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)

Aleksandr V. Frolov – Cand. Sci. (Med.) Orthopedic Surgeon, Orthopaedics Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)