

Антропометрические данные и площадь поперечного сечения сухожилий полусухожильной и нежной мышц по данным МРТ как предикторы диаметра графта для пластики передней крестообразной связки

М.С. Рязанцев¹, Н.Е. Магнитская¹, А.Р. Зарипов^{1,2}, А.Н. Логвинов^{1,2}, Д.О. Ильин^{1,2}, А.П. Афанасьев¹, А.В. Фролов^{1,2}, А.В. Королев^{1,2}

¹Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

Anthropometric data and the cross-sectional area (CSA) of the semitendinosus and gracilis tendons measured with preoperative MRI to predict graft diameter for anterior cruciate ligament reconstruction

M.S. Ryazantsev¹, N.E. Magnitskaya¹, A.R. Zaripov^{1,2}, A.N. Logvinov¹, D.O. Ilyin¹, A.P. Afanasyev¹, A.V. Frolov^{1,2}, A.V. Korolev^{1,2}

¹European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

²Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Введение. Использование четырехпучкового ауто трансплантата из сухожилий подколенных сгибателей при реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) – изученная и воспроизводимая методика, позволяющая добиться хороших функциональных результатов. В настоящее время нет единого мнения о возможности прогнозирования диаметра ауто трансплантата на предоперационном этапе. **Цель.** Оценить влияние антропометрических показателей и площади поперечного сечения сухожилий полусухожильной и нежной мышц по данным предоперационной магнитно-резонансной томографии на диаметр ауто трансплантата. **Материалы и методы.** В исследование были включены 111 пациентов, 69 мужчин и 42 женщины, которым в период с 2015 по 2018 год была выполнена реконструкция ПКС ауто трансплантатом из сухожилий полусухожильной (ST) и нежной (GR) мышц. Проспективно заносили в базу данных антропометрические показатели пациентов (рост, вес и ИМТ) и количественные показатели ауто трансплантата (длину каждого сухожилия по отдельности, длину и диаметр получившегося четырехпучкового трансплантата). Определяли площадь (CSA, cross sectional area) сухожилий полусухожильной (CSAst) и нежной мышц (CSAgr) на предоперационной МРТ. Также рассчитывали сумму площадей обоих сухожилий (CSAst+gr). Использовали линейную регрессию и коэффициент корреляции Пирсона для определения взаимоотношения и причинно-следственных связей между диаметром трансплантата и ростом, весом, BMI, полом, длиной ST и GR, данных CSAst и CSAgr, CSAst+gr. При помощи логистической регрессии определяли вероятность получения трансплантата заданного диаметра при изменении значения CSAst+gr. Критический уровень статистической значимости принимали 5 % ($p < 0,05$). **Результаты.** Средний возраст пациентов составил $37,4 \pm 0,89$ года (от 13 до 58), рост – $174,6 \pm 0,84$ см (от 156 до 200), вес – $78,5 \pm 1,52$ кг (от 45 до 120), ИМТ – $25,6 \pm 0,37$ (от 18,49 до 41,5), длина сухожилия нежной мышцы – $224,7 \pm 3,06$ мм (от 80 до 340), длина сухожилия полусухожильной мышцы – $256,3 \pm 2,97$ мм (от 160 до 340), длина трансплантата $111,3 \pm 1,42$ мм (от 80 до 140). Максимальное прямое влияние на диаметр трансплантата оказывает CSAst+gr, CSAst и рост. При получении значения CSAst+gr ≥ 30 мм² вероятность получить интраоперационно трансплантат диаметром 7,5 мм и более составляет 80,1 %. **Заключение.** Сумма площадей сухожилий полусухожильной и нежной мышц, измеренная по данным МРТ, может быть использована как предиктор получения четырехпучкового трансплантата определенного диаметра интраоперационно. Наибольшее прямое влияние на диаметр трансплантата оказывают CSAst+gr, CSAst и рост.

Ключевые слова: антропометрические данные, пластика передней крестообразной связки, диаметр графта, планирование

Introduction Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with quadrupled hamstring tendon autograft is a safe and reproducible surgery with good functional outcomes. Currently there is no consensus on capability of graft diameter planning. **Objectives** To investigate the influence of anthropometric data and cross-sectional area of semitendinosus (ST) and gracilis (GR) tendons according to preoperative magnetic resonance imaging (MRI) on intraoperative graft diameter. **Material and methods** The study included 111 consecutive patients (69 men and 42 women), who underwent ACL reconstruction with quadrupled hamstring autograft between 2015 to 2018. Height, weight and BMI were recorded in all patients preoperatively. Semitendinosus and gracilis tendons cross sectional areas (CSAst and CSAgr, respectively) were evaluated on preoperative MRI axial images. We also calculated doubled and quadrupled graft diameters (CSAst+gr and CSA4p, respectively) based on obtained MRI data. Collection of intraoperative data included length of each tendon separately, length and diameter of the resulting autograft. We used linear regression and Pearson correlation coefficient were used. The cross-sectional areas were correlated to anthropometric and intraoperative data. Using logistic regression, we determined the probability of obtaining a graft diameter of ≥ 7.5 mm. A critical level of statistical significance was set as 5 % ($p \leq 0.05$). **Results** The median age accounted 37.4 ± 0.89 (13–58) years, height – 174.6 ± 0.84 (156–200) cm, weight – 78.5 ± 1.52 (45–120) kg, BMI – 25.6 ± 0.37 (18.49–41.5). Intraoperatively GR average length was 224.7 ± 3.06 (80–340) mm, ST – 256.3 ± 2.97 (160–340) mm, quadrupled graft – 111.3 ± 1.42 (80–140) mm. The most common graft diameter was 7 mm in females and 7.5 mm in males. We found strong positive correlation between graft diameter and CSA4p, CSAst+gr, CSAst, weight and height. Linear regression showed that graft diameter was influenced by CSA4p, CSAst+gr, CSAst and height. If CSA4p was ≥ 72 mm², the probability of obtaining a graft of ≥ 7.5 mm at the time of surgery reached 90.6 %. **Conclusion** CSA4p may be used as a predictive characteristic for graft diameter preoperative planning. Our findings show that graft diameter was mainly influenced by height, CSAst+gr, CSAst and CSA4p.

Keywords: anthropometric data, anterior cruciate ligament reconstruction, graft diameter, planning

ВВЕДЕНИЕ

Повреждение передней крестообразной связки (ПКС) является одной из самых изученных патологий в ортопедии. Увеличивается не только количество повреждений, но и количество хирургических вмеша-

тельств, направленных на реконструкцию данной связки. Так, в библиотеке PubMed по запросу «передняя крестообразная связка» (anterior cruciate ligament) в 2019 году было найдено 1623 опубликованные работы

Антропометрические данные и площадь поперечного сечения сухожилий полусухожильной и нежной мышц по данным МРТ как предикторы диаметра графта для пластики передней крестообразной связки / М.С. Рязанцев, Н.Е. Магнитская, А.Р. Зарипов, А.Н. Логвинов, Д.О. Ильин, А.П. Афанасьев, А.В. Фролов, А.В. Королев // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 2. С. 237–242. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-237-242

Ryazantsev M.S., Magnitskaya N.E., Zaripov A.R., Logvinov A.N., Ilyin D.O., Afanasyev A.P., Frolov A.V., Korolev A.V. Anthropometric data and the cross-sectional area (CSA) of the semitendinosus and gracilis tendons measured with preoperative MRI to predict graft diameter for anterior cruciate ligament reconstruction. *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 2, pp. 237–242. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-237-242

(2017 год – 1372, 2018 год – 1472). По данным S. Abram с соавторами, в период с 1997 по 2017 год в возрастной группе до 20 лет количество реконструкций ПКС увеличилось в 22 раза, в группе 20–29 лет – в 11,5 раза, в группе 30–39 лет в 8,6 раза [1].

Реконструкция ПКС с использованием аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц показывает хорошие результаты даже в отдаленном периоде после операции (средний срок наблюдения 14,6 года) [2, 3]. Диаметр трансплантата является фактором, который влияет на прочность фиксации и вероятность его разрыва. Так, в работе Т. Snaebjörnsson с соавторами было выявлено уменьшение вероятности ревизионной операции в 0,86 раза с каждым увеличением диаметра на 0,5 мм [4].

Одним из сложных вопросов при использовании четырехпучкового аутотрансплантата является планирование его длины и диаметра, так как данные параме-

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены пациенты, у которых был диагностирован полный разрыв передней крестообразной связки (ПКС) с последующей ее артроскопической реконструкцией у нас в клинике (Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии, ECSTO) в период с 2015 по 2018 год. За этот период выполнено 215 реконструкций ПКС.

Критерии включения пациентов в исследование: полный разрыв ПКС, верифицированный по результатам клинических и инструментальных обследований с последующей реконструкцией у нас в клинике; использование четырехпучкового аутотрансплантата полусухожильной и нежной мышц (St+Gr), наличие MPT (напряжённость магнитного поля более 1,5Т, толщина среза 3 мм) коленного сустава до операции в базе данных.

Критерии исключения: использование другого графта, другая методика подготовки аутотранспланта, отсутствие МРТ до операции в базе данных, мультилигаментарные повреждения коленного сустава.

После применения критериев включения и исключения нами были отобраны 111 пациентов (69 мужчин и 42 женщины), которые и составили группу исследования.

Реконструкцию передней крестообразной связки проводили по стандартной методике, описанной ранее [13].

В интраоперационную анкету заносили длину каждого сухожилия по отдельности, длину и диаметр (рис. 1) получившегося трансплантата.

У всех пациентов определяли рост, вес и ИМТ на дооперационном этапе.

тры не зависят от хирурга. В литературе имеются противоречивые данные о влиянии веса, роста, возраста и пола пациента на диаметр трансплантата [5–8].

На сегодняшний день опубликовано несколько статей, в которых данные МРТ используются для планирования диаметра возможного графта [5, 9–12].

Описано несколько методов, позволяющих спрогнозировать диаметр сухожилий по данным МРТ, в том числе, определение площади выделенной области (cross-sectional area, CSA) и метод двух перпендикулярных диаметров (в передне-заднем и латерально-медиальном направлениях) [9–12].

Целью данного исследования была оценка влияния антропометрических показателей и площади поперечного сечения сухожилий полусухожильной и нежной мышц по данным предоперационной магнитно-резонансной томографии на диаметр аутотрансплантата, полученного на операции.

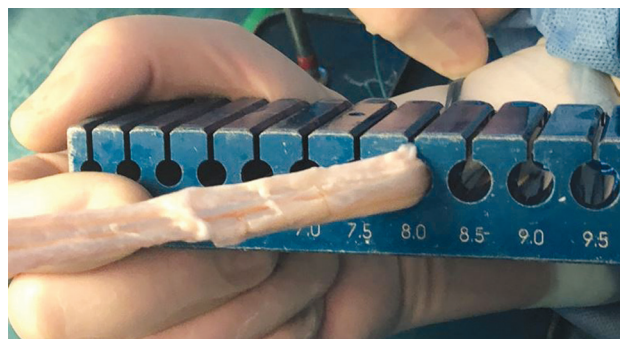


Рис. 1. Интраоперационное измерение диаметра трансплантата

Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Исследование было одобрено этическим комитетом.

МРТ-диагностика

Определяли площадь (CSA, cross sectional area) сухожилий полусухожильной (CSAst) и нежной мышц (CSAgr) в программе 3Di PACSViewer 3.2. Для этого на коронарной плоскости (T1 – взвешенные изображения) определяли уровень аксиального среза ниже закрытой зоны роста бедренной кости. На этом уровне ход сухожилий приближен к вертикальному, что позволяет выполнять воспроизводимое измерение площади их поперечного сечения.

На выбранном аксиальном срезе при помощи стандартного инструмента “free form” определяли площадь сечения каждого из сухожилий в мм² (рис. 2).

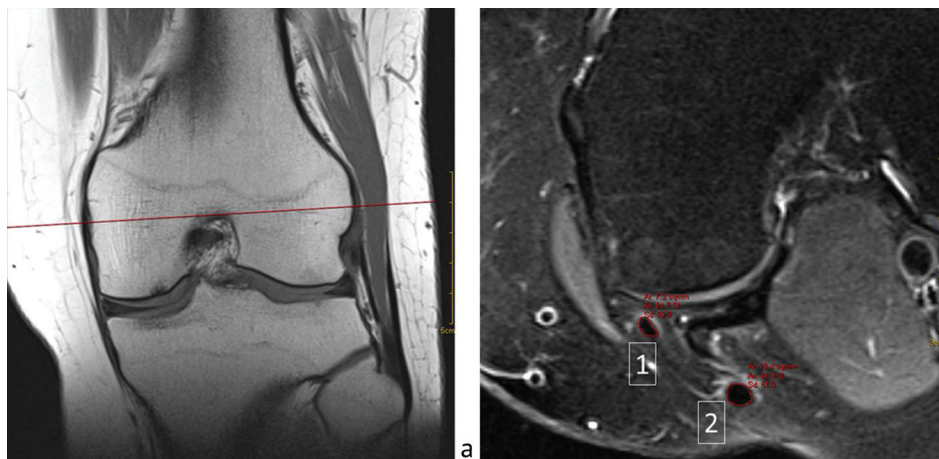


Рис. 2. Измерение площади сухожилий (CSA) полусухожильной и нежной мышц по данным МРТ, левый коленный сустав: а – коронарная плоскость, определение уровня аксиального среза; б – аксиальная плоскость, определение площади сухожилия при помощи инструмента “free form”: 1 – сухожилие нежной мышцы; 2 – сухожилие полусухожильной мышцы

Далее по формуле CSAst + CSAgr определяли сумму площадей сухожилий.

Данные заносили в специализированную таблицу для дальнейшей обработки данных.

Измерение CSA выполняли под 4-х кратным увеличением, как показано в исследовании JI Erquicia с соавторами, для большей точности измерений [9].

Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась при помощи статистической программы STATISTICA 12.0, Stat Soft, Inc. На языке программирования python создан алгоритм вычисления линейной и логистической регрессий.

Нормальность распределения определяли по критерию Колмогорова-Смирнова.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пациенты мужского пола составили 62,2 % (69 человек), женского пола – 37,8 % (42 человека).

Среднее значение диаметра аутотрансплантата составило 7,5 мм (от 6,5 до 9,5 мм).

Демографические и клинические показатели объединены в таблице 1.

Показатели площади поперечного сечения сухожилий представлены в таблице 2.

Распределение данных диаметра трансплантата в зависимости от площади сухожилий, измеренной по MPT (CSAst+gr), представлено на рисунке 3.

При нормальном распределении показателей, данные представлены в виде средних значений с указанием ошибки среднего, минимального и максимального значений.

Использовали линейную регрессию и коэффициент корреляции Пирсона для определения взаимоотношения и причинно-следственных связей между диаметром трансплантата и ростом, весом, BMI, полом, длиной ST и GR, данных CSA сухожилий полусухожильной и нежной мышц, CSA суммы сухожилий полусухожильной и нежной мышц (st+gr).

При помощи логистической регрессии определяли вероятность получения диаметра трансплантата $\geq 7,5$ (среднее значение диаметра аутотрансплантата в исследовании) при изменении значения CSAst+gr.

Критический уровень статистической значимости принимали 5 % ($p \leq 0,05$).

Корреляционный анализ Пирсона для исследуемых показателей выявил наиболее заметную связь ($r > 0,5$) между суммой диаметров полусухожильной и нежной мышц (CSAst+gr), диаметром сухожилия полусухожильной мышцы (CSAst), ростом и весом; умеренную связь ($0,3 < r < 0,5$) между полом и диаметром сухожилия нежной мышцы (CSAgr); длина сухожилий полусухожильной и нежной мышц обладает слабой ($r < 0,3$) корреляционной связью с интраоперационным диаметром трансплантата (рис. 4).

Таблица 1

Демографические и клинические данные исследуемой группы

Показатели	Кол-во	Среднее	Ошибка среднего	Min	Max
Возраст	111	37,35	0,89	13	58
Рост (см)	111	174,6	0,84	156	200
Вес (кг)	111	78,5	1,52	45	120
ИМТ	111	25,6	0,37	18,5	41,5
Длина GR (мм)	111	224,7	3,06	80	340
Длина ST (мм)	111	256,3	2,97	160	340
Длина трансплантата	111	111,3	1,42	80	140

ИМТ – индекс массы тела; ST – сухожилие полусухожильной мышцы; GR – сухожилие нежной мышцы; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение

Таблица 2

Показатели площади поперечного сечения сухожилий, измеренные по данным MPT

Показатели, мм ²	Кол-во	Среднее	Ошибка среднего	Min	Max
CSAgr	111	8,95	0,21	4,30	15,90
CSAst	111	14,98	0,33	7,60	25,20
CSAst+gr	111	24	0,47	13	38

CSA – площадь выделенной области, Cross Sectional Area; gr – сухожилие нежной мышцы; st – сухожилие полусухожильной мышцы

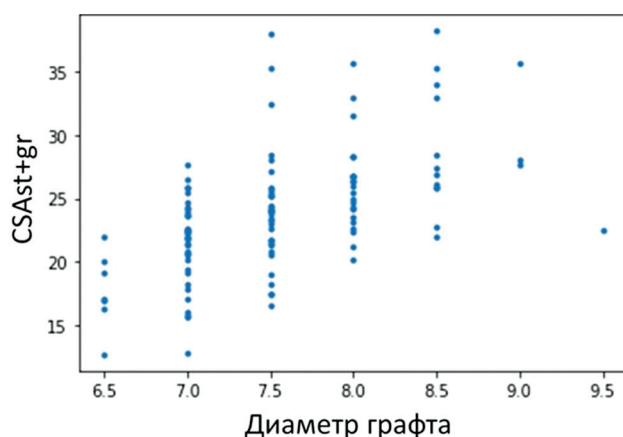


Рис. 3. Распределение диаметра графта в зависимости от площади выделенной области по данным MPT (CSAst+gr)

	Рост	Вес	BMI	Пол	Полусух. длина	Нежной длина	CSAgr	CSAst	CSAst+gr	Diametr
Рост	1.000000	0.711573	0.304269	0.650327	0.412127	0.296996	0.379824	0.414916	0.460525	0.558120
Вес	0.711573	1.000000	0.882051	0.571473	0.249176	0.167484	0.403582	0.540381	0.559198	0.520093
BMI	0.304269	0.882051	1.000000	0.348099	0.067150	0.014837	0.292277	0.455786	0.450216	0.336017
Пол	0.650327	0.571473	0.348099	1.000000	0.163676	0.150791	0.273575	0.357420	0.372823	0.462464
Полусух. длина	0.412127	0.249176	0.067150	0.163676	1.000000	0.631847	0.055432	0.173096	0.146225	0.183913
Нежной длина	0.296996	0.167484	0.014837	0.150791	0.631847	1.000000	0.179765	0.174416	0.202544	0.269906
CSAgr	0.379824	0.403582	0.292277	0.273575	0.055432	0.179765	1.000000	0.493280	0.791841	0.406051
CSAst	0.414916	0.540381	0.455786	0.357420	0.173096	0.174416	0.493280	1.000000	0.921853	0.537170
CSAst+gr	0.460525	0.559198	0.450216	0.372823	0.146225	0.202544	0.791841	0.921853	1.000000	0.558043
Diametr	0.558120	0.520093	0.336017	0.462464	0.183913	0.269906	0.406051	0.537170	0.558043	1.000000

Рис. 4. Корреляция Пирсона для исследуемых показателей: BMI – индекс массы тела; gr – сухожилие нежной мышцы; st – сухожилие полусухожильной мышцы; CSA – площадь выделенной области, Cross Sectional Area; Diametr – диаметр интраоперационного трансплантата

Для определения влияния исследуемых показателей на диаметр трансплантата использовали модель линейной регрессии. Из первой модели был исключен параметр CSAst+gr, так как он обладает прямой линейной зависимостью с диаметром сухожилия полусухожильной и нежной мышц (CSAgr, CSAst). Первая модель линейной регрессии включила в себя следующие показатели: рост, вес, пол, диаметр сухожилия полусухожильной мышцы (CSAst), диаметр сухожилия нежной мышцы (CSAgr) и диаметр трансплантата, полученный интраоперационно.

Полученные коэффициенты показывают, насколько увеличится значение результата при условии увеличения конкретного входного параметра на 1 и неизменности остальных. По полученным коэффициентам можно изолировать эффект интересующего исследуемого показателя и установить причинно-следственную связь.

Первая модель линейной регрессии показала, что пол, вес и CSAgr не обладают значимым влиянием на диаметр трансплантата (коэффициенты модели: 0.11295525, 0.04709301, 0.0966631), а CSAst и рост обладают (0.30405621 и 0.28827937).

Для оценки влияния CSAst+gr была создана отдельная модель линейной регрессии, коэффициент модели – 0.5580434 соответственно.

Таким образом, максимальное прямое влияние на диаметр трансплантата оказывает CSAst+gr, CSAst и рост. Параметры CSAgr, вес, пол, длина сухожилий полусухожильной и нежной мышц оказывают минимальное прямое влияние, стремящееся к нулю.

ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование ауто трансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц, сложенных вчетверо – одна из наиболее часто применяемых методик при артроскопической реконструкции ПКС [2, 3, 14, 15]. Возможность прогнозировать диаметр сухожилий, а, следовательно, и диаметр трансплантата может помочь хирургу в предоперационном планировании для оптимального выбора ауто трансплантата при пластике ПКС, а также методики его формирования (пятипучковый, аугментация и т.д.).

Диаметр ауто трансплантата – величина индивидуальная, при этом невозможно определить его значение до забора сухожилий и их интраоперационной подготовки. Тем не менее, диаметр трансплантата – предиктивный фактор, который влияет на прочность фиксации и вероятность разрыва ауто трансплантата [5, 16, 17]. Со-

Для классификации интраоперационного диаметра трансплантата ($\geq 7,5$ мм) была использована модель линейного классификатора (логистическая регрессия). Учитывая максимальное влияние на результат показателя CSAst+gr, классификатор основан на данном показателе (рис. 5).

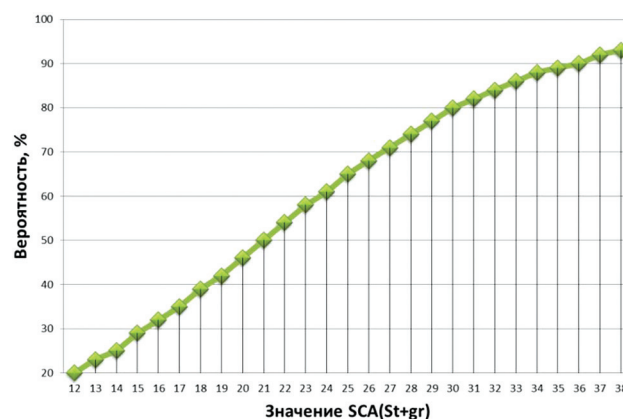


Рис. 5. Вероятность получения трансплантата диаметром 7,5 мм и более в зависимости от значения CSAst+gr: CSA – площадь выделенной области, Cross Sectional Area; gr – сухожилие нежной мышцы; st – сухожилие полусухожильной мышцы

Таким образом, при получении значения CSAst+gr ≥ 30 мм² вероятность получить интраоперационно трансплантат диаметром 7,5 мм и более составляет 80,1 %.

В работе М.А. Magnussen с соавторами, возраст (< 20 лет) пациента и диаметр трансплантата являются основными предикторами для разрыва импланта, где возраст оказывает большее влияние [18].

В современной литературе нет единого мнения относительно взаимосвязи антропометрических данных и диаметра полученного трансплантата [6, 19–21]. Это может быть связано с тем, что существует “пробел” в стандартизации протоколов исследований МРТ (толщина срезов, напряженность магнитного поля и количество последовательностей), а также с различными методами измерения CSA, многообразием программного обеспечения, на котором эти измерения проводятся, и условными анатомическими ориентирами (уровень ниже закрытой зоны роста). Другим возможным ограничением является неточность

определения интраоперационного диаметра трансплантата с использованием шаблона с шагом диаметра в 5 мм.

В нескольких исследованиях было показано, что рост является наиболее влиятельным фактором для прогнозирования диаметра трансплантата. Так, J.M. Tuman с соавторами выявили корреляцию между диаметром графта и ростом ($r = 0,36$, $p < 0,001$), весом ($r = 0,25$, $p = 0,005$), возрастом ($r = 0,16$, $p = 0,05$), полом ($r = 0,24$, $p = 0,006$), но не с ИМТ ($p > 0,05$) [20].

S.Y. Park с соавторами показали, что интраоперационный диаметр обработанного сухожилия полусухожильной мышцы и четырехпучкового трансплантата имеет сильную корреляционную взаимосвязь с ростом ($r = 0,436$, $r = 0,477$, соответственно) [16]. В исследовании J. Leiter с соавторами была выявлена положительная связь между ростом ($r = 0,205$), весом ($r = 0,35$), ИМТ ($r = 0,262$) и диаметром получившегося трансплантата [22].

По сравнению с предыдущими работами мы получили более сильную корреляционную связь между диаметром графта и ростом ($r = 0,57$), весом ($r = 0,52$).

Полученное нами среднее значение SCAst ($14,98 \text{ мм}^2$) соответствует ранее опубликованным данным G. Wernecke – $16,5 \text{ мм}^2$ [10], B.A. Bickel – $13,3 \text{ мм}^2$ [11]. Средне значение CSAgr ($8,95 \text{ мм}^2$) соответствует данным B.A. Bickel – $6,97 \text{ мм}^2$ [11].

Максимальное прямое влияние на диаметр трансплантата в нашей работе оказывали CSAst+gr и CSAst, что схоже с работой J. Leiter с соавторами, где, по данным авторов, наибольшее влияние на диаметр трансплантата оказывало CSAst + gr [22].

В работе J.I. Erquicia с соавторами в 76,9 % случаев получен диаметр трансплантата 8 мм при значении CSAst+gr 25 мм^2 и более [9]. B.A. Bickel с соавторами опубликовали данные о том, что вероятность получить трансплантат диаметром 7 мм и более при значении CSAst+gr 18 мм^2 составляет 88 % [11]. Нами получены схожие результаты – при значении CSAst+gr $\geq 30 \text{ мм}^2$ вероятность получить интраоперационно трансплантат диаметром 7,5 мм составляет 80,1 %.

Предоперационное планирование является неотъемлемой частью хирургии. Несмотря на современный инструментарий и воспроизводимость хирургических техник, использование аутоклеток для трансплантата ПКС не позволяет точно спрогнозировать его диаметр. Это исследование может помочь в предоперационном планировании хирургического лечения разрывов ПКС.

Ограничениями нашего исследования являются небольшой размер выборки, возможные погрешности измерений на предоперационных МР-томограммах (SCA) и интраоперационно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сумма площадей сухожилий полусухожильной и нежной мышц, измеренная по данным МРТ, может быть использована как предиктор получения четырехпучкового трансплантата определённого диаметра интраоперационно.

Наибольшее прямое влияние на диаметр трансплантата оказывают CSAst+gr, CSAst и рост.

Уровень доказательности: IV

Дизайн исследования: прогностическое, когортное

Конфликт интересов: не заявлен

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Благодарность: коллектив авторов выражает искреннюю благодарность Юлии Геннадьевне Логвиновой за помощь в обработке и интерпретации статистических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and meniscal repair rates have both increased in the past 20 years in England: hospital statistics from 1997 to 2017 / S.G. Abram, A.J. Price, A. Judge, D.J. Beard // Br. J. Sports Med. 2020. Vol. 54, No 5. P. 286-291. DOI: 10.1136/bjsports-2018-100195
2. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States / N.A. Mall, P.N. Chalmers, M. Moric, M.J. Tanaka, B.J. Cole, B.R. Bach Jr., G.A. Paletta Jr. // Am. J. Sports Med. 2014. Vol. 42, No 10. P. 2363-2370. DOI: 10.1177/0363546514542796
3. Long-term follow-up of ACL reconstruction with hamstring autograft / J.R. Leiter, R. Gourlay, S. McRae, N. de Korompay, P.B. MacDonald // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2014. Vol. 22, No 5. P. 1061-1069. DOI: 10.1007/s00167-013-2466-3
4. Graft diameter as a predictor for revision anterior cruciate ligament reconstruction and KOOS and EQ-5D values: a cohort study from the Swedish National Knee Ligament Register based on 2240 patients / T. Snaebjörnsson, E. Hamrin Senorski, O.R. Ayeni, E. Alentorn-Geli, F. Krupic, F. Norberg, J. Karlsson, K. Samuelsson // Am. J. Sports Med. 2017. Vol. 45, No 9. P. 2092-2097. DOI: 10.1177/0363546517704177
5. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure / E.J. Conte, A.E. Hyatt, C.J. Gatt Jr., A. Dhawan // Arthroscopy. 2014. Vol. 30, No 7. P. 882-890. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.03.028
6. Can pre-operative measures predict quadruple hamstring graft diameter? / C.B. Ma, E. Keifa, W. Dunn, F.H. Fu, C.D. Harner // Knee. 2010. Vol. 17, No 1. P. 81-83. DOI: 10.1016/j.knee.2009.06.005
7. Intra-operative four-stranded hamstring tendon graft diameter evaluation / L.F. Pinheiro Jr., M.A. de Andrade, L.E. Teixeira, L.A. Bicalho, W.G. Lemos, S.A. Azeredo, L.A. da Silva, L.G. Gonzaga // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2011. Vol. 19, No 5. P. 811-815. DOI: 10.1007/s00167-010-1387-7
8. Xie G., Huangfu X., Zhao J. Prediction of the graft size of 4-stranded semitendinosus tendon and 4-stranded gracilis tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: A Chinese Han patient study // Am. J. Sports Med. 2012. Vol. 40, No 5. P. 1161-1166. DOI: 10.1177/0363546511435627
9. How to improve the prediction of quadrupled semitendinosus and gracilis autograft sizes with magnetic resonance imaging and ultrasonography / J.I. Erquicia, P.E. Gelber, J.L. Doreste, X. Pelfort, F. Abat, J.C. Monllau // Am. J. Sports Med. 2013. Vol. 41, No 8. P. 1857-1863. DOI: 10.1177/0363546513479340
10. Using magnetic resonance imaging to predict adequate graft diameters for autologous hamstring double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction / G. Wernecke, I.A. Harris, M.T. Houang, B.G. Seeto, D.B. Chen, S.J. MacDessi // Arthroscopy. 2011. Vol. 27, No 8. P. 1055-1059. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.02.035
11. Preoperative magnetic resonance imaging cross-sectional area for the measurement of hamstring autograft diameter for reconstruction of the adolescent anterior cruciate ligament / B.A. Bickel, T.T. Fowler, J.G. Mowbray, B. Adler, K. Klingele, G. Phillips // Arthroscopy. 2008. Vol. 24, No 12. P. 1336-1341. DOI: 10.1016/j.arthro.2008.07.012
12. Prediction of semitendinosus and gracilis autograft sizes for ACL reconstruction / T. Beyzadeoglu, U. Akgun, N. Tasdelen, M. Karahan // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2012. Vol. 20, No 7. P. 1293-1297. DOI: 10.1007/s00167-011-1770-z
13. Взаимосвязь положения костных каналов при артроскопической пластике передней крестообразной связки, интраоперационных пожеланий хирурга и антропометрических данных пациента / А.В. Королёв, Н.Е. Магнитская, М.С. Рязанцев, Ж.Ю. Пилипсон, М.М. Хасаншин, Д.О. Ильин // Травматология и ортопедия России. 2016. Т. 22, № 1. С. 85-95.

14. Сластинин В.В., Файн А.М., Ваза А.Ю. Использование трансплантата из сухожилий подколенных мышц для пластики передней крестообразной связки (преимущества, проблемы и пути их решения) // Трансплантология. 2017. Т. 9, № 4. С. 317–324. DOI: 10.23873/2074-0506-2017-9-4-317-324
15. Исходы восстановления передней крестообразной связки / М.Э. Ирисметов, Ф.М. Усмонов, Д.Ф. Шамшиметов, А.М. Холиков, К.Н. Ражабов, М.Б. Таджиазаров // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 3. С. 285–289. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-285-289
16. Factors predicting hamstring tendon autograft diameters and resulting failure rates after anterior cruciate ligament reconstruction / S.Y. Park, H. Oh, S. Park, J.H. Lee, S.H. Lee, K.H. Yoon // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2013. Vol. 21, No 5. P. 1111–1118. DOI: 10.1007/s00167-012-2085-4
17. The influence of hamstring autograft size on patient-reported outcomes and risk of revision after anterior cruciate ligament reconstruction: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort Study / M.W. Mariscalco, D.C. Flanigan, J. Mitchell, A.D. Pedroza, M.H. Jones, J.T. Andrich, R.D. Parker, C.C. Kaeding, R.A. Magnussen // Arthroscopy. 2013. Vol. 29, No 12. P. 1948–1953. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.08.025
18. Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft / R.A. Magnussen, J.T. Lawrence, R.L. West, A.P. Toth, D.C. Taylor, W.E. Garrett // Arthroscopy. 2012. Vol. 28, No 4. P. 526–531. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.11.024
19. Ho Loong S.W., Tan Lester T.J., Lee Thiam K. Role of anthropometric data in the prediction of 4-stranded hamstring graft size in anterior cruciate ligament reconstruction // Acta Orthop. Belg. 2016. Vol. 82, No 1. P. 72–77.
20. Predictors for hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction / J.M. Tuman, D.R. Diduch, L.J. Rubino, J.A. Baumfeld, H.S. Nguyen, J.M. Hart // Am. J. Sports Med. 2007. Vol. 35, No 11. P. 1945–1949. DOI: 10.1177/0363546507304667
21. Are pre-operative anthropometric parameters helpful in predicting length and thickness of quadrupled hamstring graft for ACL reconstruction in adults? A prospective study and literature review / S. Goyal, N. Matias, V. Pandey, K. Acharya // Int. Orthop. 2016. Vol. 40, No 1. P. 173–181. DOI: 10.1007/s00264-015-2818-3
22. Using pre-operative MRI to predict intraoperative hamstring graft size for anterior cruciate ligament reconstruction / J. Leiter, M. Elkurbo, S. McRae, J. Chiu, W. Froese, P. MacDonald // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2017. Vol. 25, No 1. P. 229–235. DOI: 10.1007/s00167-016-4205-z

Рукопись поступила 19.11.2020

Сведения об авторах:

1. Рязанцев Михаил Сергеевич, к. м. н.,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия,
Email: ryaz.doc@yandex.ru
2. Магнитская Нина Евгеньевна, к. м. н.,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия
3. Зарипов Азиз Римович,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия,
ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, Россия
4. Логвинов Алексей Николаевич,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия
5. Ильин Дмитрий Олегович,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия,
ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, Россия
6. Афанасьев Алексей Павлович, к. м. н.,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия
7. Фролов Александр Владимирович, к. м. н.,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия,
ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, Россия
8. Королев Андрей Вадимович, д. м. н.,
Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия,
ФГАОУ ВО РУДН, г. Москва, Россия

Information about authors:

1. Michael S. Ryazantsev, M.D., Ph.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation,
Email: ryaz.doc@yandex.ru
2. Nina E. Magnitskaya, M.D., Ph.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation
3. Aziz R. Zaripov,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation,
Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation
4. Aleksei N. Logvinov, M.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation
5. Dmitriy O. Ilyin, M.D., Ph.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation
6. Alexei P. Afanasyev, M.D., Ph.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation
7. Aleksandr V. Frolov, M.D., Ph.D.,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation,
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation
8. Andrey V. Korolev, M.D., Ph.D., Professor,
European clinic of sports traumatology and orthopedics (ECSTO),
Moscow, Russian Federation,
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation