

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2024-1-71-4-13>

УДК 616-089.23; 616-001; 615.477.2; 616-089.28/.29
МРНТИ 76.29.41

Оригинальная статья

Оценка исходов артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава ауто трансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра

Лазишвили Г.Д.¹, Егназарян К.А.², Ратъев А.П.³, Гордиенко Д.И.⁴

¹ Профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; врач ортопед-травматолог, Городская клиническая больница №1 имени Н.И.Пирогова, Москва, Россия. E-mail: guramlaz@gmail.com

² Заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия. E-mail: egkar@mail.ru

³ Профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет; врач ортопед-травматолог, Городская клиническая больница №1 имени Н.И.Пирогова, Москва, Россия. E-mail: anratiev@gmail.com

⁴ Доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; врач ортопед-травматолог, Городская клиническая больница №1 имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия. E-mail: dgordi@mail.ru

Резюме

Цель исследования: изучить макро и микроскопическое состояние сухожильных трансплантатов в различные сроки после артроскопической имплантации по поводу повреждения передней крестообразной связки коленного сустава.

Методы. Первичная артроскопическая пластика передней крестообразной связки трансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра выполнена у 678 пациентов. В 496 наблюдениях использовался трансплантат с костным блоком из верхнего полюса надколенника, в 182 наблюдениях - сухожильный трансплантат без костного блока. В 206 случаях фиксация трансплантата осуществлялась внутритуннельно металлическими интерферентными винтами, в 340 случаях - биодеградируемыми винтами, в 132 наблюдениях - металлическим и биодеградируемым винтами.

В 47 случаях выполнено артроскопическое удаление металлических винтов в сроки от 5 месяцев до 2,5 лет с момента операции, что позволило артроскопически и гистологически изучить характер ремоделирования трансплантатов. Рассмотрены анатомо-биомеханические особенности такого пластического материала, определены показания и противопоказания к операции. Представлены преимущества и недостатки различных способов фиксации трансплантата, описаны специфические осложнения при использовании биодеградируемых винтов.

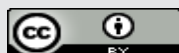
Результаты. На основании 47 ревизионных операций разработана артроскопическая классификация функциональных состояний трансплантатов в различные сроки после операции. Представлено 6 типов трансплантатов с подробным описанием каждого из них. Гистологически изучено состояние и качество ремоделирования трансплантатов в сроки до 2,5 лет после операции.

Выводы. Трансплантат из сухожилия четырехглавой мышцы бедра отличный пластический материал как для первичной, так и для ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.

Ключевые слова: коленный сустав, артроскопия, передняя крестообразная связка, артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки, ауто трансплантат.

Corresponding author: Guram Lazishvili, MD, PhD, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and General Medical Surgery, orthopedic traumatologist, City Clinical Hospital No. 1, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia. Postal code: 117997
Address: Russia, Moscow, st. Ostrovityanova 1.
Phone: +79166575996, +79175620412
E-mail: guramlaz@gmail.com

J Trauma Ortho Kaz 1(71) 2024: 4-13
Received: 12-01-2024
Accepted: 29-02-2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Повреждения передней крестообразной связки (ПКС) занимают одно из первых мест в структуре травм коленных суставов (КС) [1,2]. В настоящее время, предметом дискуссий продолжает оставаться выбор оптимального аутологичного материала для артроскопической (АС) пластики ПКС. Многие годы наиболее популярным пластическим материалом считался трансплантат (ТРТ) из средней трети связки надколенника (СН) с костными блоками на концах. Большинство ортопедов были едины во мнении, что такой пластический материал являлся самым прочным и надежным.

В 1963 году Jones K. описал методику операции, при которой выкраивал трансплантат из СН на дистальной ножке с костным фрагментом от кортикального слоя надколенника (Н) на проксимальном конце [3]. В 1982 году Clancy W.G. et al. первыми предложили использовать для пластики ПКС свободный васкуляризованный трансплантат из средней трети СН с двумя костными блоками на концах, в комбинации с внесуставной транспозицией сухожилий «гусиной лапки» [4]. Позже эта операция послужила основой для многих других, широко применяемых методик. Годом раньше, Clancy W.G. et al. опубликовали результаты крайне важных исследований, в которых изучили процессы регенерации трансплантата из СН у обезьян. Исследования показали, что через 9 месяцев после операции происходит восстановление кровоснабжения, иннервации и структуры сухожильной ткани ТРТ. Причем последний, выдерживал нагрузку равную 80% от его первоначальной прочности [5].

В тоже время, анализ отдаленных исходов операций позволил выделить ряд существенных недостатков использования такого пластического материала. К ним отнесли: маленькую толщину СН, фиксированную длину сухожильной части ТРТ, риски переломов надколенника и костных блоков при их внутритуннельной фиксации винтами, развитие и прогрессирование пателло-фemorального артроза, разрывы СН, тендиниты нижнего полюса Н и др. [6,7]. Все это заставило многих ортопедов отказаться от использования трансплантата из СН в пользу других пластических материалов.

В последнее десятилетие для артроскопической пластики ПКС все большую популярность набирает трансплантат из средней трети сухожилия четырехглавой мышцы бедра (ЧГМБ) – квадрицепс

Материалы и методы

Многие годы для пластики ПКС мы широко использовали трансплантат из СН с костными блоками на концах. Анализ 653 операций показал, что использование такого пластического материала сопряжено с рисками развития ряда специфических осложнений (хронический болевой синдром в местах забора сухожильной части ТРТ и костных блоков; тендиниты в области прикрепления связки надколенника к его нижнему полюсу (чаще у пациентов, чьи физические нагрузки связаны с бегом и прыжками); дискомфорт при стоянии на коленях; переломы надколенника (Н); разрывы СН; локальный артрофиброз (суслорс - синдром); синдром соударения / сдавления ТРТ («impingement» синдром); изменение формы внутрикостных туннелей и др. Морфологический анализ характера регенерации ТРТ показал, что сухожильная ткань не восстанавливается

трансплантат (QT) [8-12]. В 1979 году Marshall J.L. et al. первыми сообщили о применении мягкотканного QT, начинающегося на 5–6 см проксимальнее надколенника и заканчивающегося связкой надколенника с включением препателлярной ретикулярной ткани [13]. Позже, в 1984 г. Blauth W. модифицировал технику забора ТРТ и стал использовать QT с проксимальным костным блоком из верхнего полюса надколенника [14]. В 2003 г. DeAngelis J.P. и Fulkerson J.P. первыми сообщили о результатах использования QT без костного блока у 29 пациентов [15]. Авторы сделали заключение, что такой пластический материал является хорошей альтернативой трансплантату из СН с низким уровнем осложнений. Позже были представлены результаты ряда противоречивых исследований, в которых был продемонстрирован как высокий процент (90-93%) успешных исходов операций, так и высокая частота (20-25%) неудовлетворительных исходов, нередко с длительными сроками восстановления разгибательного аппарата [12]. Эти неоднозначные результаты исследований привели к тому, что у хирургов интерес к QT в значительной степени пропал, и он использовался в основном при повторных ревизионных операциях [16,17]. Позже, были проведены важные анатомические и биомеханические исследования, которые показали очевидные преимущества QT. Так, средняя длина его сухожильной части составила 8,4-9,2 см, толщина - 62-64 мм, прочность на разрыв - 2373±618 N. Все эти данные убедительно свидетельствовали о том, что квадрицепс трансплантат можно было считать оптимальным аутологичным материалом для первичной и ревизионной пластики ПКС [8,18-22]. Были опубликованы результаты клинических исследований с высоким процентом хороших и отличных исходов операций [24]. В настоящее время интерес к такому трансплантату возродился, и он используется в 15-20% случаев первичных пластик ПКС [25].

Цель исследования: произвести макро и микроскопическую оценку характера регенерации трансплантата после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава квадрицепс трансплантатом в различные сроки после операции, разработать артроскопическую классификацию функционального состояния трансплантата.

до своих первоначальных показателей [6,7]. В настоящее время трансплантат из СН мы используем редко.

С 2007 года мы отдаем предпочтение трансплантату из сухожилия четырехглавой мышцы бедра (ЧГМБ), которая, как и связка надколенника, является элементом разгибательного аппарата коленного сустава (РАКС). Анатомо-биомеханические преимущества такого трансплантата в сравнении с трансплантатом из СН очевидны. Так, у всех наших пациентов средняя длина сухожильной части QT была значительно выше, чем у трансплантата из СН (8,4-9,2 см и 4,7-5 см соответственно). Толщина трансплантата из СН шириной 10 мм в среднем составляла 3,8-4,3 мм, а QT аналогичной ширины 6,2-8,4 мм.

Определены и более высокие прочностные характеристики QT, который выдерживал нагрузку на разрыв равную 2373 ± 618 N, а из СН – 1953 ± 325 N [20,21,23,26]. Все перечисленные выше данные убедительно свидетельствуют о том, что трансплантаты из сухожилия ЧГМБ длиннее, толще и прочнее трансплантатов из СН.

За период с 2007 по март 2024 г. в травматологической клинике Городская клиническая больница №1 имени Н.И. Пирогова г. Москва (клиническая база кафедры травматологии и ортопедии Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова) первичная артроскопическая пластика ПКС с использованием квадрицепс трансплантата выполнена у 678 пациентов (504 мужчин, 174 женщин). Подавляющее большинство пострадавших ($75 \pm 2,8\%$) находились в наиболее активном и трудоспособном возрасте от 21 года до 50 лет. Обращает на себя внимание преобладание спортивных травм – $62,4 \pm 2,8\%$ случаев. Наиболее редко встречался комбинированный механизм повреждения ПКС – $6,9 \pm 3,04\%$ наблюдений. В $47,5 \pm 3,4\%$ случаев травмы КС получены в результате сочетания сгибания, отведения и наружной ротации голени. В тоже время в $29 \pm 2,15\%$ случаев выявить механизм травмы не удалось, что было связано либо с давностью повреждения, либо с отсутствием информации о характере травмы и положении конечности в момент повреждения. Среди повреждений ПКС преобладали полные проксимальные отрывы ($88,4 \pm 2,4\%$ наблюдений). Частичные повреждения связки диагностированы артроскопически в $3,8 \pm 1,8\%$ случаев отмечены. Крайне

редко встречались срединные разрывы ($2,8 \pm 2,2\%$ случаев), еще реже дистальные отрывы связки без костного фрагмента ($2,6 \pm 1,8\%$ случаев).

В 496 наблюдениях для пластики ПКС использовался трансплантат с костным блоком из верхнего полюса надколенника, а сухожильный трансплантат без костного блока – у 182 больных. Фиксация ТРТ осуществлялась внутритуннельно металлическими (титановыми) винтами – 206 наблюдений, биодеградируемыми винтами – 340 наблюдений, либо комбинацией использования проксимально металлического, а дистально – биодеградируемого винтов – 132 наблюдения.

Абсолютными противопоказаниями к применению квадрицепс-трансплантата считали наличие в анамнезе: повреждений ЧГМБ и СН, переломов и вывихов надколенника; пластики ПКС трансплантатом из СН того же колена сустава; стойкую контрактуру КС; выраженную гипотрофию ЧГМБ. Рентгенологически документированные бедренно - надколенниковый артроз и дольчатое строение надколенника являлись показаниями к использованию ТРТ без костного блока. Высокое анатомическое расположение надколенника - patella alta (документированное на боковых рентгенограммах) свидетельствовало о коротком сухожилии ЧГМБ и возможно недостаточной для пластики ПКС длине трансплантата.

Считали крайне важным еще на этапах предоперационного планирования определить по сагиттальным МРТ срезам толщину и длину сухожилия ЧГМБ (Рисунок 1 а, б).

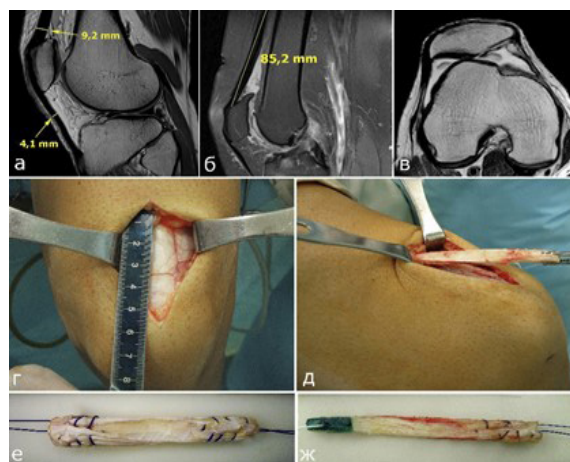


Рисунок 1 - Предоперационная МРТ оценка: толщины (а) и длины (б) сухожилия ЧГМБ, латеропозиции надколенника (в). Этапы операции: г – мобилизация сухожилия ЧГМБ, д – забор трансплантата с костным блоком, е – трансплантат без костного блока, ж – трансплантат с костным блоком

Анатомическое положение надколенника и наличие явлений бедренно-надколенникового артроза оценивали по аксиальным срезам (Рисунок 1 в). Так, латеропозиция надколенника свидетельствовала о его нестабильности и являлась абсолютным противопоказанием к использованию квадрицепс-трансплантата.

Забор трансплантата. Линейный вертикальный разрез по передне - верхней поверхности КС длиной 6-8 см, начинающийся на уровне верхнего полюса надколенника. Такой доступ позволял полноценно мобилизовать сухожилие ЧГМБ и измерить его длину (Рисунок 1 г). В тех случаях, когда она превышала 8 см, производился забор только сухожильного ТРТ (без

костного блока) максимальной длины и шириной 9-10 мм (Рисунок 1 е). Когда длина сухожилия ЧГМБ не превышала 8 см, выполняли забор ТРТ с костным блоком из верхнего полюса надколенника длиной 20-25 мм (Рисунок 1 д, ж).

Моделирование ТРТ включало иссечение излишков волокон сухожилия и фасции, костному блоку придавали оптимальные форму и размеры, сухожильный конец ТРТ прошивали рассасывающимися нитями. Для предотвращения ретракции сухожильных волокон ТРТ, последний оставляли в натянутом состоянии на «рабочей станции», до момента его имплантации (Рисунок 3 а).

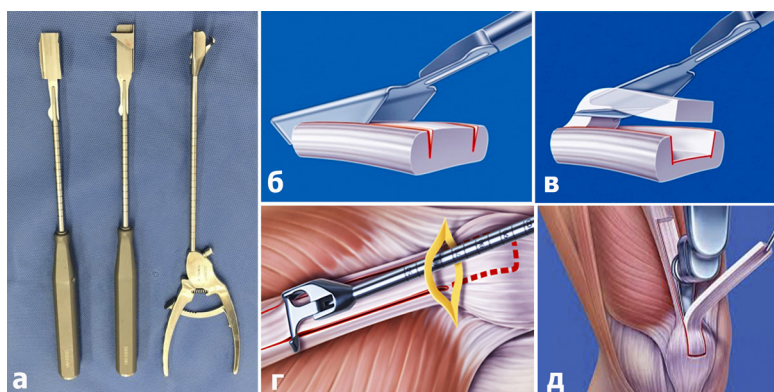


Рисунок 2 - Мини инвазивная техника забора трансплантата (схема): а – набор инструментов для забора ТРТ, б – вертикальное рассечение сухожилия ЧГМБ, в – выделение сухожилия *m.rectus femoris*, г – отсечение проксимального конца ТРТ, д – выпиливание костного блока из надколенника

В последние годы мы отдаем предпочтение описанной в 2014 году Fink C. мини инвазивной технике забора ТРТ (Рисунок 2 а) [27]. Преимущества такой техники очевидны: минимальные разрез кожи (3-4

см) и травматичность забора ТРТ, артроскопическая визуализация за качеством мобилизации сухожилия ЧГМБ и забором ТРТ.

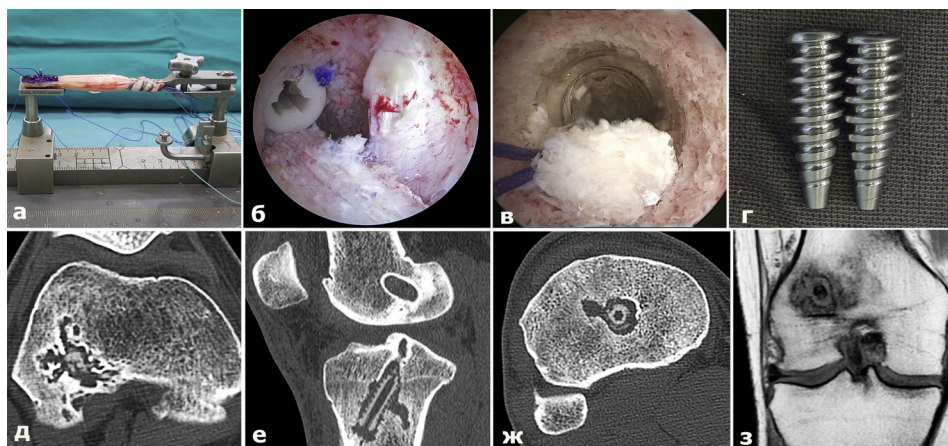


Рисунок 3 - Подготовленный к имплантации трансплантат с костным блоком (а); проксимальный (б) и дистальный (в) концы трансплантата фиксированы внутритуннельно биодеградируемыми винтами (артроскопическая картина), титановые винты с травматичной резьбой (г), КТ томограммы лизиса костной ткани в области бедренного (д) и большеберцового туннелей (е, ж), МРТ картина лизиса костной ткани вокруг винта в области бедренного туннеля (з)

После формирования разреза и мобилизации сухожилия ЧГМБ, специальным резакром с двумя вертикальными лезвиями (расстояние между лезвиями 9-10 мм), из средней части сухожилия ЧГМБ производили выкраивание ТРТ максимальной длины на глубину 7-8 мм (Рисунок 2 б). Сепаратором отделяли от общего массива сухожилия ЧГМБ его поверхностную часть (сухожилие прямой головки ЧГМБ, *m.rectus femoris*) (Рисунок 2 в). Проксимальный конец трансплантата отсекался от сухожилия ЧГМБ (Рисунок 2 г). Если длина сухожильной части ТРТ составляла менее 8 см, производили выпиливание костного блока из верхнего полюса надколенника (Рисунок 2 д).

Фиксация трансплантата - один из основных и завершающих моментов операции, определяющий последующую биомеханику и характер регенерации ТРТ, особенности реабилитации. Во всех случаях осуществляли внутритуннельную фиксацию ТРТ титановыми или биодеградируемыми интерферентными винтами. Основным преимуществом такой фиксации считали возможность жесткого прижатия ТРТ к костной стенке туннеля, что обеспечивало качественную интеграцию сухожильной части ТРТ с костью и внутритуннельную консолидацию костного блока ТРТ. Мы не использовали и не

используем внесуставные способы фиксации ТРТ, считая их менее надежными. Отсутствие жесткой фиксации ТРТ приводит к его подвижности в туннеле, образованию фиброзной ткани между костной стенкой туннеля и сухожильной частью ТРТ, что существенно удлиняет сроки интеграции сухожилия с костью. А именно эти характеристики во многом и определяют не только характер ведения послеоперационного и реабилитационного периодов, но и судьбу ТРТ в целом.

При выборе винтов учитывался ряд очень важных с нашей точки зрения факторов: материал, из которого они изготовлены; сроки и доказанность полной деградации; отсутствие в процессе распада кристаллизации и тканевой реакции вокруг винтов, механические прочностные характеристики, форма резьбы и др. Мы широко использовали и продолжаем использовать биодеградируемые винты, изготовленные из биокomпозитных материалов, со сроками полной резорбции через 1,5-2 года (Рисунок 3 б, в). У ряда пациентов отмечена резорбция костной ткани вокруг винтов, приводящая к изменению формы внутрикостных туннелей (Рисунок 3 д, е, ж, з).

Этот факт заставил нас изменить свое отношение к биодеградируемым винтам, и мы стали все чаще использовать титановые винты с атравматичной резьбой, исключающей повреждение волокон сухожильной части ТРТ и вышеуказанных проблем с костной тканью (Рисунок 3 г).

В последующем, 47 пациентам выполнено артроскопическое удаление металлических винтов в сроки от 5 месяцев до 2,5 лет с момента операции. Во всех случаях удалось артроскопически и гистологически изучить состояние ТРТ.

Оценкаклинико-функционального состояния коленного сустава. Субъективные ощущения пациентов и степень функционального восстановления КС систематизировались и документировались в соответствии с положениями шкалы Lysholm [28]. Объективные результаты исследований оценивались по результатам выполнения тестов Lachman, Pivot-shift, переднего «выдвижного ящика (ПВЯ) в соответствии с требованиями стандартной формы оценки состояния коленного сустава – IKDC [29]. Результаты лечения были разделены на 3 группы и оценивались по следующим критериям:

- хорошие – восстановление функции КС превышает 84 балла по шкале Lysholm; отсутствие жалоб; полное восстановление амплитуды движений; отрицательные тесты Lachman, Pivot-shift, ПВЯ; разница в силе и тоне ЧГМБ между оперированной и здоровой конечностью не превышает 15%; гипотрофия ЧГМБ ≤ 2

Результаты

На основании полученных данных нами была разработана артроскопическая классификация функционального состояния трансплантатов, которая включила в себя 6 типов. Критериями оценки были: жизнеспособность, функциональность, биомеханика, характер укрытия ТРТ синовиальной оболочкой, наличие фрагментирования или разволокнения ТРТ, образование вокруг ТРТ фиброзной ткани и др. Во всех случаях выполнена гистологическая оценка качества и полноты регенерации сухожильной ткани. Мы не стали включать в эту классификацию случаи полного разрушения или лизиса ТРТ, так как изучить его морфологическое состояние не представлялось возможным. Срок 12 месяцев считали достаточным

см; восстановление трудоспособности за максимально короткий срок; возврат к занятиям спортом на прежнем уровне; артроскопически подтвержденная качественная регенерация трансплантата;

- удовлетворительные – восстановление функции КС не менее 64 баллов по шкале Lysholm; жалобы на боли в области КС умеренного характера, возникающие в основном при физической нагрузке, проходящие в покое; редкие рецидивы синовита; снижение амплитуды движений в суставе до 110° сгибания, при дефиците разгибания не более 5° ; слабо положительные тесты Lachman и ПВЯ (+); снижение силы ЧГМБ до 60-65%; гипотрофия ЧГМБ более 2 см; снижение уровня физической активности при полном восстановлении трудоспособности, артроскопически подтвержденные изменения трансплантата (фрагментирование, частичное разволокнение);

- плохие – восстановление функции сустава менее 64 баллов по шкале Lysholm; положительные тесты Lachman, pivot-shift, ПВЯ (++ и более); жалобы на часто возникающие боли, даже при незначительной физической нагрузке; многократные рецидивы синовита; сгибание в суставе не более 90° ; дефицит разгибания более 10° ; выраженное снижение силы и тону ЧГМБ (30-40%); гипотрофия ЧГМБ ≥ 5 см; рентгенологические проявления гонартроза; снижение трудоспособности или инвалидность; невозможность занятий спортом; артроскопически подтвержденная несостоятельность и «нефункциональность» трансплантата.

для оценки исходов операции. Как правило, к этому сроку заканчивались процессы ремоделирования и регенерации ТРТ.

Важно отметить, что первые три типа трансплантатов отличались наибольшей сохранностью структуры сухожильной ткани как по артроскопическим, так и по гистологическим критериям с незначительной разницей (патологические изменения, воспалительные, дистрофические, фиброзно-рубцовые и метапластические процессы были выражены слабо), что свидетельствовало о качественной регенерации, структурной перестройке и адаптации ТРТ к новым условиям.

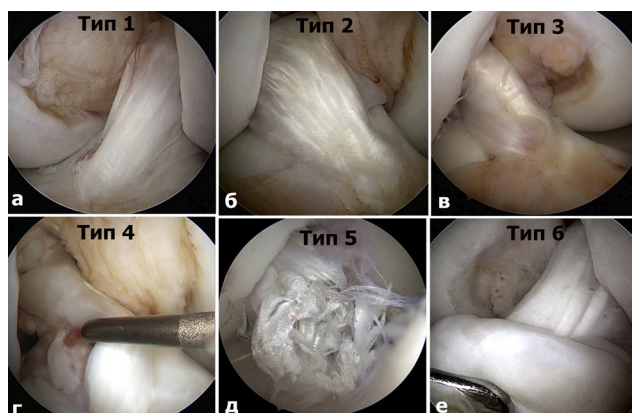


Рисунок 4 - Артроскопическая классификация функционального состояния трансплантатов в различные сроки после операции: а – ТРТ через 18 месяцев, б – ТРТ через 12 месяцев, в – ТРТ через 14 месяцев, г – ТРТ через 16 месяцев, д – трансплантат через 14 месяцев, е – ТРТ через 9 месяцев

На Рисунке 4 представлена артроскопическая классификация функционального состояния

квадрицепс-трансплантатов в различные сроки после артроскопической пластики ПКС.

Тип 1. Трансплантат однородной структуры, на всём протяжении покрыт синовиальной оболочкой, упругий, функциональный (18 наблюдений). Хороший клинико-функциональный и артроскопический результаты.

Тип 2. Трансплантат равномерно укрыт синовиальной оболочкой, однородной структуры, поверхностные локальные утолщения, упругий, функциональный (9 наблюдений). Хороший клинико-функциональный и артроскопический результаты.

Тип 3. Трансплантат равномерно укрыт синовиальной оболочкой, однородной структуры, упругий, функциональный, несколько истончен в сравнении с Типом 1 и 2 (12 наблюдений). Именно так во всех наблюдениях выглядел «плоский» трансплантат из сухожилия прямой головки ЧГМБ. Хороший клинико-функциональный и артроскопический результаты.

Тип 4. Трансплантат неравномерно укрыт синовиальной оболочкой, фрагментирован на несколько крупных пучков, ослаблен, слабо функционален (3 наблюдения). Удовлетворительный клинико-функциональный и артроскопический результаты.

Тип 5. Трансплантат тотально разволокнен, гипоплазирован, ослаблен, не функционален (3 наблюдения). Плохой клинико-функциональный и артроскопический результаты.

Тип 6. Трансплантат полностью или частично укрыт фиброзной тканью - «суслорс» синдром. Удовлетворительный клинико-функциональный и артроскопический результаты (2 наблюдения).

На рисунке 5 представлены гистологические характеристики различных типов трансплантатов в разные сроки после операции.

Так, на рисунке 5а представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 1) через 1,5 года после операции (окраска по Ван-Гизону, увеличение X200). Сухожильная ткань практически не изменена, увеличено количество сосудов, слабо выраженные васкулит и периваскулярная клеточная инфильтрация). Гистологически и гистохимически отмечается наибольшая сохранность структуры сухожильной ткани ТРТ.

На рисунке 5б представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 2) через 12 месяцев (окраска гематоксилином и эозином, увеличение X200). Определяется повышенное количество клеточных элементов (гиперцеллюлярность), неравномерное

распределении и изменение формы клеток. Снаружи визуализируется синовиальная оболочка, местами отмечаются участки ее гиперплазии. Эти изменения и создают субстрат локальных (узелковых) утолщений, видимых при артроскопии. Гистологический результат расценен как хороший.

На рисунке 5в представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 3) через 2,5 года после операции. Отмечаются повышенное количество клеточных элементов (гиперцеллюлярность), неравномерное распределение и изменение формы клеток, снаружи синовиальная оболочка (окраска гематоксилином и эозином, увеличение X 200). Гистологическая и гистохимическая картина аналогична Типу 1, отмечается хорошая регенерация и сохранность структуры сухожильной ткани ТРТ.

На рисунке 5г представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 4) через 14 месяцев. Отмечаются фибро-васкулярная пролиферация, периваскулярная клеточная инфильтрация. В центре участок некроза с отложением извести. Сухожильная ткань (внизу) частично замещена грануляционно-фиброзной тканью (вверху). Окраска гематоксилином и эозином, увеличение X 200.

Исследование в этой группе свидетельствовало о более низкой сохранности структуры ТРТ. Биоптаты не более чем на половину состояли из сухожильной ткани, в которой были видны параллельно расположенные фуксинофильные коллагеновые волокна, а между ними веретенновидные фибробласты. Патологические изменения в трансплантатах были выражены в этой группе сильнее, чем в предыдущих группах. Особенно это касалось дистрофических процессов в сухожильной ткани. В целом гистологические результаты расценивались как удовлетворительные.

На рисунке 5д представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 5) через 12 месяцев, определяются выраженные истончение и разрыхление коллагеновых волокон, гипоцеллюлярность, дистрофия клеток. Окраска пикрофуксином по Ван-Гизону, увеличение, увеличение X 400. Сравнительный анализ результатов оценки гистологических признаков показал, что в этой группе достоверно увеличиваются значения большинства показателей дистрофии: дистрофии фибробластов, разволокнения коллагеновых волокон, гиалиноза и некроза ткани, что и обуславливало слабость и нефункциональность трансплантата. Гистологические результаты в этой группе оценивались как плохие.

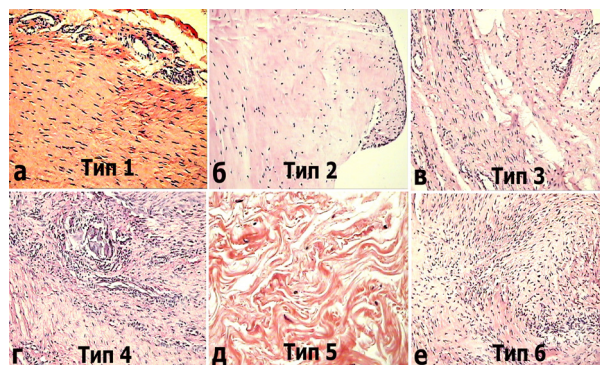


Рисунок 5 - Гистологические характеристики различных типов трансплантатов в разные сроки после операции (описание в тексте)

На рисунке 5е представлена гистологическая картина трансплантата (Тип 6) через 1,5 года после операции ("суслорс" синдром). Определяется фиброзно-рубцовая ткань, окружающая трансплантат. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение X 200.

В этой группе биоптаты брались отдельно из фиброзной ткани, окутывающей ТРТ, и из самого ТРТ. В биоптатах, взятых из фиброзных масс отмечалось разрастание фиброзно-рубцовой соединительной ткани, в которую были "вмурованы" остатки сухожильного ТРТ. В этих остатках сохранялись участки с продольными коллагеновыми волокнами и сухожильными клетками между ними. Следует отметить, что на границе между сохранившимся, но дистрофически измененным ТРТ и окружающей его фиброзно-рубцовой тканью имелось увеличенное количество макрофагов, резорбирующих сухожильную ткань, там же видны участки пролиферации фибробластов, формирующих очаги грануляционной

Обсуждение

КС в силу своих анатомо-биомеханических особенностей занимает одно из первых мест среди повреждений суставов. В структуре травм КС повреждения ПКС также занимают лидирующие позиции. Продолжают обсуждаться вопросы выбора пластического материала для реконструкции ПКС.

В 1982 году Clancy W.G. [5] первым предложил использовать для реконструкции ПКС свободный трансплантат из средней трети СН с двумя костными блоками на концах. Такая методика позволила достичь хороших и отличных результатов лечения хронической передней нестабильности КС. Позже эта операция послужила основой для многих других, широко применяемых в настоящее время методик, в том числе и артроскопических. Годом позже, Clancy W.G. et al. [4] опубликовали результаты крайне важных исследований, в которых изучили процессы регенерации трансплантата из СН у обезьян. Исследования показали, что через 9 месяцев после операции происходит восстановление кровоснабжения, инервации и структуры ТРТ. Причем последний, выдерживал нагрузку равную 80 % от его первоначальной прочности.

С накоплением опыта и изучением исходов таких операций, многими хирургами был отмечен ряд специфических осложнений, связанных с использованием такого ТРТ (боль в донорской части СН, тендиниты нижнего полюса надколенника, дискомфорт при стоянии на коленях и др.) [6]. Морфологический анализ характера регенерации трансплантатов показал, что сухожильная ткань не восстанавливается до своих первоначальных показателей [7]. Этот факт заставил многих врачей незаслуженно отказаться от использования такого пластического материала и в настоящее время трансплантат из СН используется редко. С нашей точки зрения, трансплантат из СН имеет ряд неоспоримых преимуществ, полностью отказываться от его применения нецелесообразно, он может и должен использоваться для пластики ПКС с учетом особенностей его применения.

Выводы

В заключение хотим отметить, что полученные нами результаты исследования позволяют считать обоснованными разработанные подходы к лечению хронической нестабильности коленного сустава, обусловленной повреждением передней

ткани. Такие очаги богаты сосудистыми элементами (капиллярами, артериолами, венами) с признаками продуктивного васкулита. В тоже время в биоптатах, взятых из жизнеспособного участка ТРТ, в основном сохранялась сухожильная ткань, но отмечались участки гиалиноза этой ткани с дистрофией клеточных элементов, увеличение количества сосудов со склерозом стенок и признаками пролиферативного васкулита. Местами в сухожильной ткани отмечались фокусы метаплазии в волокнистый хрящ.

Таким образом, в группе наблюдений, где имелся "суслорс" синдром, морфологически наблюдался резко выраженный фиброзно-рубцовый процесс, который приводил к окутыванию и частичному замещению сухожильной ткани трансплантата, ее дистрофическим изменениям вплоть до некроза и выраженной хрящевой и костной метаплазии.

В последнее десятилетие для пластики ПКС все более популярным становится квадрицепс-трансплантат из средней трети сухожилия четырехглавой мышцы бедра, являющейся также, как и связка надколенника элементом разгибательного аппарата коленного сустава [8-12]. Такой рост популярности обосновывается рядом анатомо-биомеханических исследований, которые убедительно показали неоспоримые преимущества квадрицепс-трансплантата перед трансплантатом из СН [20,21,23,26]. Все данные исследований убедительно свидетельствовали о том, что квадрицепс-трансплантаты длиннее, толще и прочнее трансплантатов из СН.

Несмотря на это, до недавнего времени отсутствовали результаты морфологической оценки характера регенерации трансплантатов, не была определена зависимость характера их регенерации от сроков, прошедших с момента операции и способа фиксации ТРТ.

Наше исследование было направлено на макро и микроскопическое изучение характера регенерации трансплантатов в различные сроки после операции. Сравнительный анализ морфологических изменений трансплантатов выявил специфические различия между представленными группами в степени сохранности гистологической структуры и гистохимических особенностей сухожильной ткани, а также в степени патологических изменений, возникающих в трансплантатах. Эти данные свидетельствуют о том, что клинично-функциональные результаты трансплантации фрагмента сухожилия ЧГМБ в целом зависят от качества структурной перестройки и полноты регенерации сухожильной ткани трансплантата.

крестообразной связки, а квадрицепс-трансплантат считать оптимальным пластическим материалом не только для первичной пластики ПКС, но и повторной стабилизации коленного сустава.

Конфликт интересов. Авторы работы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Внешних источников нет.

Вклад авторов: Концептуализация – Г.Д.Л.; методология – Г. Д.Л., Е.К.А.; сбор и анализ данных, формальный анализ – Р.А.П., Г.Д.И., К.А.Е.;

формальный анализ – написание (оригинальная черновая подготовка) – А.П.Р.; написание (обзор и редактирование) – Д.И.Г.

Литература

1. Анастасиева Е.А., Симагаев Р.О., Кирилова И.А. Актуальные вопросы хирургического лечения повреждений передней крестообразной связки (обзор литературы) // *Гений Ортопедии*. - 2020. - Т. 26. - №1. - С. 117-128. [[Crossref](#)]
Anastasieva E.A., Simagaev R.O., Kirilova I.A. Aktual'nye voprosy khirurgicheskogo lecheniia povrezhdenii perednei krestoobraznoi sviazki (obzor literatury) (Surgical treatment of anterior cruciate ligament injury (review)) [In Russian]. *Genii Ortopedii*. 2020; 26(1): 117-128. [[Crossref](#)]
2. Сучилин И.А., Маланин Д.А., Жуликов А.Л., Демещенко М.В. Клинические результаты анатомической пластики передней крестообразной связки аутотрансплантатом «кость-сухожилие-кость» // *Вестник ВолГМУ*. - 2019. - Т. 3. - №71. - С. 120-123. [[Crossref](#)]
Cuchilin I.A., Malanin D.A., Zhulikov A.L., Demeshchenko M.V. Klinicheskie rezul'taty anatomicheskoi plastiki perednei krestoobraznoi sviazki autotransplantatom «kost'-sukhozhiлие-kost'» (Clinical results of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with «bone-tendon-bone» autograft) [In Russian]. *Vestnik VolgGMU*. 2019; 3(71): 120-123. [[Crossref](#)]
3. Jones K.J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg*. 1970; 52(4): 838-9. [[Google Scholar](#)]
4. Clancy W.G., Shelbourne K.D., Zoellner G.B., Keene J.S. et al. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament. Report of a new procedure. *J Bone Joint Surg*. 1983; 65(3): 310-322. [[Google Scholar](#)]
5. Clancy W.G., Nelson D.A., Reider B., Narechania R.G. Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament augmented by extra-articular tendon transfer. *J Bone Joint Surg*. 1982; 64(3): 352-9. [[Google Scholar](#)]
6. Лазышвили Г.Д., Дубров В.Э., Бут-Гусаим А.Б., Скороглядов П.А. и др. Осложнения при артроскопическом аутопластическом замещении передней крестообразной связки коленного сустава // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова*. – 2006. - №4. – С. 48-53. [[Google Scholar](#)]
Lazishvili G.D., Dubrov V.E., But-Gusaim A.B., Skorogliadov P.A. i dr. Oslozhneniia pri artroskopicheskom autoplasticheskom zameshchenii perednei krestoobraznoi sviazki kolennogo sustava (Complications during arthroscopic autoplatic replacement of the anterior cruciate ligament of the knee joint) [In Russian]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova*. 2006; 4: 48-53. [[Google Scholar](#)]
7. Лазышвили Г.Д., Шехтер А.Б., Лисицын М.П., Скороглядов П.А. и др. Артроскопическая и гистологическая оценка характера ремоделирования трансплантата после аутопластического замещения передней крестообразной связки коленного сустава // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова*. 2007. - №1. - С. 28-34. [[Google Scholar](#)]
Lazishvili G.D., Shekhter A.B., Lisitsyn M.P., Skorogliadov P.A. i dr. Artroskopicheskaiia i gistologicheskaiia otsenka kharaktera remodelirovaniia transplantata posle autoplasticheskogo zameshcheniia perednei krestoobraznoi sviazki kolennogo sustava (Arthroscopic and histological assessment of the nature of graft remodeling after autoplatic replacement of the anterior cruciate ligament of the knee joint) [In Russian]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova*. 2007; 1: 28-34. [[Google Scholar](#)]
8. Aitchison A.H., Schlichte L.M., Green D.W., Cordasco F.A. Open full-thickness quadriceps tendon autograft harvest with repair for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy Techniques*. 2020; 9(9): 1459-1465. [[Crossref](#)]
9. Arakgi M.E., Burkhart T.A., Hoshino T., Degen R. et al. Biomechanical Comparison of Three Suspensory Techniques for all Soft Tissue Central Quadriceps Tendon Graft Fixation. *Arthroscopy Sports Medicine and Rehabilitation*. 2022; 4(3): 843-851. [[Crossref](#)]
10. Clinger B., Xerogeanes J., Feller J., Fink C. et al. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: state of the art. *Journal of ISAKOS*. 2022; 7(6): 162–172. [[Crossref](#)]
11. Eggeling L., Breer S., Drenck T.C., Frosch K.H. et al. Double-layered quadriceps tendon autografts provide lower failure rates and improved clinical results compared with hamstring tendon grafts in revision ACL reconstruction. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2021; 9(12): 1-8. [[Crossref](#)]
12. Slone H.S., Romine S.E., Premkumar A., Xerogeanes J.W. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review of current literature and systematic review of clinical results. *Arthroscopy*. 2015; 31(3): 541–54. [[Crossref](#)]
13. Marshall J.L., Warren R.F., Wickiewicz T.L., Reider B. The anterior cruciate ligament: a technique of repair and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 1979; 143: 97–106. [[Google Scholar](#)]
14. Blauth W. 2-strip substitution-plasty of the anterior cruciate ligament with the quadriceps tendon. *Unfallheilkunde*. 1984; 87(2): 45–51. [[Google Scholar](#)]
15. DeAngelis J.P., Fulkerson J.P. Quadriceps tendon—a reliable alternative for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clin Sports Med*. 2007; 26(4): 587–596. [[Crossref](#)]
16. Garofalo R., Djahangiri A., Siegrist O. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon-patellar bone autograft. *Arthroscopy*. 2006; 22(2): 205-214. [[Crossref](#)]
17. Forkel P., Petersen W. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament with the autologous quadriceps tendon: Primary and revision surgery. *Oper Orthop Traumatol*. 2014; 26(1): 30-42. [[Crossref](#)]
18. Iriuchishima T., Shirakura K., Yorifuji H., Fu F.H. Anatomical evaluation of the rectus femoris tendon and its related structures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2012; 132(11): 1665–1668. [[Crossref](#)]
19. Strauss M., Kennedy M.L., Brady A., Moatshe G. et al. Qualitative and quantitative anatomy of the human quadriceps Tendon in young cadaveric specimens. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9(9): 1-8. [[Crossref](#)]

20. Stäubli H.U., Schatzmann L., Brunner P., Rincón L. et al. Quadriceps tendon and patellar ligament: Cryosectional anatomy and structural properties in young adults. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc*, 1996; 4: 100-110. [[Crossref](#)]
21. Shani R.H., Umpierrez E., Nasert M., Hiza E.A. et al. Biomechanical comparison of quadriceps and patellar tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2015; 32: 1-5. [[Crossref](#)]
22. Waligora A.C., Johanson N.A., Hirsch B.E. Clinical anatomy of the quadriceps femoris and extensor apparatus of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(12): 3297-306. [[Crossref](#)]
23. West R.V., Harner C.D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005; 13(3): 197-207. [[Crossref](#)]
24. Heffron W.M., Hunnicutt J.L., Xerogeanes J.W., Woolf S.K. et al. Systematic review of publications regarding quadriceps Tendon autograft use in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2019; 1(1): 93-99. [[Crossref](#)]
25. Arnold M.P., Calcei J.G., Vogel N., Magnussen R.A. et al. ACL Study Group survey reveals the evolution of anterior cruciate ligament reconstruction graft choice over the past three decades. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021; 29(11): 3871-3876. [[Crossref](#)]
26. Stäubli H.U. The Quadriceps Tendon-Patellar Bone Construct for ACL Reconstruction. In: Imhoff, A.B., Burkart, A. (eds) *Knieinstabilität und Knorpelschaden*. Steinkopff. 1997: 126-139. [[Crossref](#)]
27. Fink C., Herbolt M., Abermann E., Hoser C. Minimally invasive harvest of a quadriceps tendon graft with or without a bone block. *Arthrosc Tech*. 2014; 3(4): 509-513. [[Crossref](#)]
28. Lysholm J., Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982; 10(3): 150-154. [[Crossref](#)]
29. Hambly K., Griva K. IKDC or KOOS? Which Measures Symptoms and Disabilities Most Important to Postoperative Articular Cartilage Repair Patients? *The American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36(9): 1695-1704. [[Crossref](#)]

Тізе буынының алдыңғы айқас тәрізді байламын төртбасты бұлшықет сіңірінен аутогрансплантатпен артроскопиялық жөндеу нәтижелерін бағалау

Лазишвили Г.Д.¹, Егизарян К.А.², Ратьев А.П.³, Гордиенко Д.И.⁴

¹ Травматология, ортопедия және жалпы әскери-далалық хирургия кафедрасының профессоры, Н.И. Пирогов атындағы Ресей ұлттық ғылыми медициналық университеті; Н.И. Пирогов атындағы №1 қалалық клиникалық аурухананың ортопед-травматологы, Мәскеу, Ресей. E-mail: guramlaz@gmail.com

² Травматология, ортопедия және жалпы әскери-далалық хирургия кафедрасының меңгерушісі, Н.И. Пирогов атындағы Ресей ұлттық ғылыми медициналық университеті, Мәскеу, Ресей. E-mail: egkar@mail.ru

³ Травматология, ортопедия және жалпы әскери-далалық хирургия кафедрасының профессоры, Н.И. Пирогов атындағы Ресей ұлттық ғылыми медициналық университеті; Н.И. Пирогов атындағы №1 қалалық клиникалық аурухананың ортопед-травматологы, Мәскеу, Ресей. E-mail: anratiev@gmail.com

⁴ Травматология, ортопедия және жалпы әскери-далалық хирургия кафедрасының доценті, Н.И. Пирогов атындағы Ресей ұлттық ғылыми медициналық университеті; Н.И. Пирогов атындағы №1 қалалық клиникалық аурухананың ортопед-травматологы, Мәскеу, Ресей. E-mail: dgordi@mail.ru

Түйіндеме

Зерттеудің мақсаты: тізе буынының алдыңғы крест тәрізді байламының зақымдалуына артроскопиялық имплантациядан кейін әртүрлі уақытта сіңір трансплантаттарының макро және микроскопиялық күйін зерттеу.

Әдістері. Жалпы саны 678 науқаста төртбасты бас сіңірінің трансплантаты арқылы біріншілікті артроскопиялық пластика жасалды. 496 бақылауда тобықтың жоғарғы полюсінен сүйек блогы бар трансплантат, 182 бақылауда сүйек блогы жоқ сіңір трансплантаты қолданылды. 206 жағдайда трансплантат фиксациясы металл кедергі бұрандаларымен, 340 жағдайда - биологиялық ыдырайтын бұрандалармен, 132 жағдайда - металл және биологиялық ыдырайтын бұрандалармен интрапуннельде орындалды.

Сондай-ақ, 47 жағдайда металл бұрандаларды артроскопиялық жолмен алып тастау отасы жасалған күннен бастап 5 айдан 2,5 жылға дейінгі мерзімде орындалды. Бұл трансплантаттың қайта құрылу сипатын артроскопиялық және гистологиялық зерттеуге мүмкіндік берді. Аталмыш пластикалық материалдың анатомиялық және биомеханикалық ерекшеліктері қарастырылады, отаға көрсеткіштер мен қарсы көрсеткіштер анықталады. Трансплантаттарды бекітудің әртүрлі әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетіліп, биосіңіргіш бұрандаларды қолдану кезіндегі ерекше асқынулар сипатталды.

Нәтижелер. 47 ревизиялық отаның негізінде отадан кейінгі әртүрлі уақыттағы трансплантаттардың функционалдық күйлерінің артроскопиялық жіктелімі жасалды. Трансплантаттың 6 түрі олардың әрқайсысының толық сипаттамасымен ұсынылған. Трансплантаттың ремоделизациясының күйі мен сапасы отадан кейін 2,5 жылға дейін гистологиялық тұрғыдан зерттелді.

Қорытынды. Клиникалық материалды талдау авторларға төртбұрышты сіңірдің трансплантаты алдыңғы крест тәрізді байламды бастапқы және ревизиялық реконструкциялау үшін тамаша пластикалық материал болып табылады деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: тізе буыны, артроскопия, алдыңғы айқас байламы, алдыңғы айқас байламының артроскопиялық реконструкциясы, аутогрансплантация.

Evaluation of the Outcomes of Arthroscopic Repair of the Anterior Cruciate Ligament of the Knee Joint with an Autograft from the Quadriceps Tendon

[Guram Lazishvili](#)¹, [Karen Egiazaryan](#)², [Andrey Ratyev](#)³, [Dmitry Gordienko](#)⁴

¹ Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and General Medical Surgery, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov; orthopedic traumatologist of the City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov. Moscow, Russia.
E-mail: guramlaz@gmail.com

² Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and General Surgical Surgery, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia. E-mail: egkar@mail.ru

³ Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov; orthopedic traumatologist of the City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov. Moscow, Russia.
E-mail: anratiev@gmail.com

⁴ Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov; orthopedic traumatologist of the City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov. Moscow, Russia.
E-mail: dgordi@mail.ru

Abstract

Purpose of the study: to study the macro and microscopic state of tendon grafts at various times after arthroscopic implantation for damage to the anterior cruciate ligament of the knee joint.

Methods. Primary arthroscopic ACL repair with a quadriceps tendon graft was performed in 678 patients. In 496 observations, a graft with a bone block from the upper pole of the patella was used, in 182 observations, a tendon graft without a bone block was used. In 206 cases graft fixation was carried out intratunnel with metal interference screws, in 340 cases - with biodegradable screws, in 132 cases - with metal and biodegradable screws.

In 47 cases, arthroscopic removal of metal screws was performed within a period of 5 months to 2.5 years from the date of surgery, which made it possible to arthroscopically and histologically study the nature of graft remodeling. The anatomical and biomechanical features of such plastic material are considered, indications and contraindications for surgery are determined. The advantages and disadvantages of various methods of graft fixation are presented, and specific complications when using bioabsorbable screws are described.

Results. Based on 47 revision operations, an arthroscopic classification of the functional states of grafts at various times after surgery was developed. 6 types of grafts are presented with a detailed description of each of them. The state and quality of graft remodeling was histologically studied up to 2.5 years after surgery.

Conclusions. Analysis of the clinical material allowed the authors to conclude that the quadriceps tendon graft is an excellent plastic material for both primary and revision reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Keywords: knee joint, arthroscopy, anterior cruciate ligament, arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament, autograft.