

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

УДК 616.7

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки

А.О. Павлов^{1,2,*}, А.Д. Стрельцов¹, С.В. Прокопенко^{1,2}, Е.В. Портнягин², Е.Ю. Можейко¹,
Н.К. Комарова², А.Н. Наркевич¹

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красноярск, Россия
² ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, Красноярск, Россия

РЕЗЮМЕ

Обзор литературы посвящен проблеме возникновения осложнений после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. В статье авторы осветили вопросы эпидемиологии и хирургической техники, затронули важные аспекты основных осложнений, таких как повреждение трансплантата, артрофиброз и импиджмент-синдром, образование синовиальных кист, инфекции, развитие остеоартрита и дегенерации хрящевой ткани. Несмотря на распространенность патологии, огромное количество публикаций и развитие артроскопической хирургии, в настоящее время существует множество вопросов теоретического, технического и восстановительного плана, до сих пор не нашедших удовлетворительного решения и требующих дальнейшей разработки. Актуальным вопросом для практикующего врача является проблема правильного выбора метода или сочетания методов пластики передней крестообразной связки применительно к конкретному пациенту, учитывая индивидуальные особенности и возможные риски развития тех или иных осложнений у каждого пациента.

Ключевые слова: реабилитация, постоперационные осложнения, остеоартрит, коленный сустав, повреждение трансплантата

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Павлов А.О., Стрельцов А.Д., Прокопенко С.В., Портнягин Е.В., Можейко Е.Ю., Комарова Н.К., Наркевич А.Н. Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):58–66. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

Поступила в редакцию: 07.02.2021

Принята к публикации: 15.06.2021

Online first: 27.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

* Автор, ответственный за переписку

Complications of the recovery period after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament

Alexey O. Pavlov^{1,2,*}, Alexey D. Strelcov¹, Semen V. Prokopenko¹, Evgeny V. Portnyagin²,
Elena Yu. Mozheyko¹, Nina K. Komarova², Artem N. Narkevich¹

¹ Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia
² Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, Krasnoyarsk, Russia

ABSTRACT

A review of the literature is devoted to the problem of complications after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. The authors covered questions of epidemiology and surgical technique, touched on important aspects of the main complications, such as graft damage, arthrofibrosis and impingement syndrome, the formation of synovial cysts, infections, the development of osteoarthritis and cartilage degeneration. Despite the prevalence of pathology, a huge number of publications and the development of arthroscopic surgery, there are many theoretical and technical problems, that have not yet found a satisfactory solution and require further development. A relevant question for the doctor is the problem of correctly choosing the method or combination methods for anterior cruciate ligament reconstruction in relation for each patient, considering the individual characteristics and possible risks of developing different complications in patient.

Keywords: rehabilitation, postoperative complications, osteoarthritis, knee joint, graft rupture

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Pavlov A.O., Strelcov A.D., Prokopenko S.V., Portnyagin E.V., Mozheyko E.Yu., Komarova N.K., Narkevich A.N. Complications of the recovery period after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2): 58–66 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

Received: 7 February 2021

Accepted: 15 June 2021

Online first: 27 July 2021

Published: 10 August 2021

* Corresponding author

1. Введение

Передняя крестообразная связка (далее — ПКС) состоит из двух пучков, переднемедиального и заднелатерального, характеризующихся различными функциями во всем диапазоне движения коленного сустава. Заднелатеральный пучок в основном натягивается в положении разгибания, ограничивая ротацию большеберцовой кости, тогда как переднемедиальный пучок натягивается при сгибании, ограничивая переднезаднее смещение [1]. ПКС — основной стабилизатор и центральная точка в структуре связочного аппарата и биомеханики коленного сустава.

Травма ПКС является распространенным явлением при занятиях спортом и чаще всего возникает по бесконтактному ротационному механизму, обычно при резкой смене направления или приземлении из безопорного положения [2]. В зависимости от положения коленного сустава (сгибание/разгибание, ротация) и механизма травмы возможен разрыв одного или обоих пучков. Подавляющее большинство травм — это полный разрыв ПКС, в то время как частичные разрывы составляют 5–27 % всех случаев [3], частота которых примерно 85 на 100 000 пациентов в возрасте от 16 лет до 39 лет [4]. По другим данным, повреждение ПКС составляет от 27 до 61 % всех повреждений коленного сустава, частота дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава после перенесенных внутрисуставных повреждений составляет от 35 до 78 % [5]. Таким образом, артроскопическая реконструкция ПКС является одной из самых частых ежедневных ортопедических процедур, число которых неуклонно возрастает из-за растущего числа спортивных травм. Цель операции — восстановление стабильности коленного сустава, предотвращение дальнейших разрывов менисков и возникновения хондропатии, а следовательно, и раннего остеоартрита.

Послеоперационная нестабильность считается хирургической неудачей и встречается у 1–8 % пациентов. Частота различных осложнений пластики ПКС составляет от 10 до 25 % [6]. Осложнения могут быть ранними (в течение первого года после артроскопической реконструкции, связанные с ходом хирургического вмешательства, несовершенной перестройкой трансплантата или ошибками восстановительного лечения) и поздними (через один год после операции и, возможно, из-за дальнейших травм) [7]. Наиболее частыми осложнениями пластики ПКС являются разрыв трансплантата, верхний или «крышевой импиджмент-синдром», боковой

«импиджмент-синдром», локальный фиброз (симптом «циклопа»), формирование кист в туннелях фиксации и, наконец, инфекция. Несмотря на то что не все осложнения требуют хирургического вмешательства, важно их вовремя выявить и устранить, поскольку они могут оказать существенное влияние на функциональное состояние, а также качество жизни пациента.

2. Эпидемиология

Несмотря на значительный прогресс в реконструктивной хирургии ПКС, недостаточность трансплантата остается очень важной проблемой. По данным D. Ardernord с соавторами [8], около 2 % всех пациентов нуждаются в повторной операции в течение первых двух лет и 11,9 % в течение 10 лет [9]. Причины повторных травм: молодой возраст пациента, высокий уровень спортивной активности, предшествующая менискэктомия, ошибки в хирургической технике операции, такие как расположение трансплантата, степень натяжения и фиксация [10]. Независимо от причины повреждения, а тем более разрыв трансплантата пагубно сказываются на функции коленного сустава, приводя к неизбежной ревизии и реконструкции ПКС. Интересен и тот факт, что в последние несколько десятилетий число повторных операций увеличивается. Это связано с растущей популярностью спорта и фитнеса, и, скорее всего, данная тенденция продолжится в ближайшем будущем [11]. Еще одно тяжелое осложнение пластики ПКС — артрофиброз, который, по данным литературы, развивается с частотой от 4 до 38 % [12]. Клинически артрофиброз проявляется ограничением объема движений в оперированном коленном суставе [13]. По некоторым данным, данное осложнение встречается чаще всего при использовании аутооттрансплантата из связки надколенника — до 24 % [14]. Образование синовиальных кист в проекциях костных каналов возникает в 6–32 % случаев реконструкции ПКС [15]. Этиология образования кист изучена недостаточно, однако высказываются предположения, что на причины их возникновения влияют интерферентные канюлированные винты. Различные литературные данные имеют либо большой размах по значениям, либо не позволяют объективно судить о выраженности данного осложнения. Все наблюдения представлены в разные сроки после реконструкции ПКС, что затрудняет представление о развитии этого процесса в динамике. Данный вопрос остается открытым и требует дальнейшего изучения. Многие пациенты

после пластики ПКС испытывают болевой синдром, в том числе высокой интенсивности. Частота возникновения боли различна и зависит от техники операции и типа трансплантата. 76 % пациентов жалуются на выраженный болевой синдром после артроскопической реконструкции ПКС трансплантатом из собственной связки надколенника против 43 % пациентов при выполнении операции ST-аутооттрансплантатом [16]. Таким образом, контроль болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде является важной задачей улучшения результатов восстановительного лечения [17]. Неврологические расстройства после реконструкции ПКС обусловлены повреждением поднадколенниковых ветвей подкожного нерва во время оперативного лечения и встречаются с частотой от 4 до 50 %. Такая разница показателей объясняется различным анатомо-топографическим строением ветвей подкожного нерва, а также зависит от расположения и длины кожного разреза при заборе трансплантата [18].

3. Артроскопическая реконструкция ПКС

Выбор типа трансплантата и материалов для фиксации ПКС меняется со временем. Методом выбора на данный момент являются аутологичные трансплантаты: срединная часть сухожилия надколенника с костными блоками или сухожилия полусухожильной и нежной мышц, сложенные в два или четыре раза [19]. Очевидных различий в успешности оперативного лечения или частоте развития осложнений между этими двумя техниками обнаружено не было [20]. Исторически использование сухожилия надколенника считалось методом выбора при решении вопроса о типе трансплантата, так как это способствовало созданию более жесткого и прочного трансплантата. Однако осложнения, такие как боль в переднем отделе коленного сустава и дегенеративно-дистрофические изменения в донорской зоне, серьезно ограничивали функциональное состояние пациентов.

Использование сухожилий хамстрингов стало популярным благодаря низкой частоте осложнений, связанных с местом забора трансплантата [21]. Во время такой операции хирург в большинстве случаев удаляет поврежденную и поэтому не подлежащую восстановлению часть ПКС и полностью заменяет ее сухожилием мышцы. Этот метод — наиболее часто используемый при операциях такого рода. Раньше было необходимым выполнять большие разрезы коленного сустава, чтобы сделать операцию по замене ПКС. В наше время возможен маленький разрез для проведения артроскопии длиной приблизительно 3–5 см. В проксимальной части большеберцовой кости сухожилие мышцы задней поверхности бедра находится под кожей (полусухожильной мышцы) и может быть получено специальным инструментом. Сухожилие длиной приблизительно 30 см сворачивают в 4 раза, так, чтобы хирург получил трансплантат длиной 7–8 см и толщиной 1 см для замены крестообразной связки.

Ранее фиксация производилась через разрез, который располагался за коленным суставом, но в наше время производят внутрикостную фиксацию в бедренной кости, а затем в большеберцовой кости. Необходимые костные каналы в головках большеберцовой и бедренной костей создаются через разрез в области головки большеберцовой кости. Дальнейшие манипуляции в коленном суставе производятся через 2 артроскопических входа. В конце такой операции, которая длится приблизительно 45 минут, ПКС заменена сухожилием мышц задней поверхности бедра. Только 2 маленьких артроскопических разреза, а также рана длиной 3–5 сантиметров со стороны большеберцовой кости для забора дальнейшего трансплантата остаются после операции.

Ключевой фактор корректного функционирования трансплантата — его правильное положение, которое заключается в сохранении изометричного расположения независимо от движений сгибания и разгибания в коленном суставе [20]. Оптимальное расположение бедренного туннеля — как можно более кзади от межмышцелковой вырезки, но без нарушения заднего кортикального слоя бедренной кости (предпочтительная остаточная толщина 1–2 мм), а также над латеральным мыщелком [19]. Если бедренный туннель расположен слишком высоко или слишком кзади, трансплантат становится чрезмерно длинным и натянутым в положении разгибания коленного сустава. И наоборот, если туннель расположен слишком кпереди, натяжение трансплантата ослабляется при выпрямлении и становится чрезмерно сильным при сгибании колена.

Туннель в большеберцовой кости должен быть параллелен линии Блюменсаата в сагиттальной плоскости (линия на уровне задних отделов крыши межмышцелковой вырезки бедренной кости) [20]. Избыточное расположение большеберцового туннеля кзади сопровождается появлением нестабильности и отсутствием эффективности от проведенного оперативного вмешательства, слишком кпереди — приведет к синдрому соударения между трансплантатом и крышей межмышцелковой вырезки. В таких ситуациях возможно применение так называемой нотч-пластики, заключающейся в расширении межмышцелкового пространства [22].

После артроскопической реконструкции ПКС начинается естественный процесс «лигаментизации» трансплантата, который объясняет неоднородную и разнообразную картину при проведении магнитно-резонансного исследования [23]. Этот процесс может продолжаться до четырех лет после данного типа операции, и данные изменения не должны трактоваться как патологические [24]. Первой фазой процесса «лигаментизации» является фаза неоваскуляризации, выявляемая в течение двух месяцев после пластики ПКС на магнитно-резонансной томографии (далее — МРТ). На данном этапе интенсивность МРТ-сигнала в режимах T1 и T2 высокая, хотя и не достигает интенсивности сигнала жидкости, а трансплантат кажется относительно утолщенным. Вторая фаза — это

фаза клеточной пролиферации и выработки коллагена, которая охватывает период до одного года после операции. Интенсивность сигнала на МРТ-снимках снижается. Третья фаза «созревания» трансплантата длится до трех лет с момента пластики ПКС. На этом этапе структура трансплантата становится более однородной, а интенсивность сигнала снижается еще больше. Возможно появление гиперинтенсивных включений, которые не считаются патологическими [6].

4. Повреждение трансплантата

Повреждение трансплантата после артроскопической реконструкции ПКС является опустошительным событием для пациентов, ведущих активный образ жизни и вернувшихся к физической активности. Выделяют различные факторы риска: неправильное расположение костных туннелей, молодой возраст, физические нагрузки на профессиональном уровне, тип используемых тканей для изготовления трансплантата [25, 26]. Однако данный вопрос требует дальнейшего изучения. В нескольких исследованиях проводили оценку недостаточности трансплантата после пластики ПКС, и данный показатель составил от 4 до 17 % [26, 27]. Например, проспективный анализ 2683 пациентов показал, что в течение двух лет после реконструкции ПКС у 4,4 % пациентов имеется повреждение трансплантата [26]. В другом исследовании на основании базы данных реестра здравоохранения было выбрано 17 366 пациентов, среди которых у 95,1 % не было выявлено повреждения трансплантата [25]. Однако есть исследования, в которых внимание было сосредоточено на определенных категориях пациентов. В проспективном исследовании 78 молодых и активных пациентов сообщается о ревизии после первичной пластики ПКС в 9 % случаев в течение двух лет с момента оперативного вмешательства [28]. В аналогичном исследовании 64 баскетболистов частота повторной операции составляет 9,4 % через 12 месяцев после артроскопической реконструкции ПКС [29]. Несмотря на многочисленные исследования, еще очень мало информации о частоте повреждения трансплантата в долгосрочной перспективе в различных популяциях.

5. Импиджмент-синдром

Ущемление трансплантата является одним из самых грозных осложнений у пациентов, перенесших пластику ПКС [30]. Если трансплантат расположен в коленном суставе неправильно, то он может сталкиваться с межмышечковым возвышением бедренной кости, задней крестообразной связкой и другими структурами коленного сустава. Считается, что ущемление трансплантата может быть причиной таких симптомов, как болевой синдром в переднем отделе коленного сустава, рецидивирующий отек и уменьшение объема движений в суставе [31]. Также постоянное ущемление трансплантата может стать причиной его дегенеративных изменений или разрыва, что в конечном итоге приведет к нестабильности коленного сустава. Поэтому предотвращение

возникновения импиджмент-синдрома необходимо для получения оптимального клинического результата после артроскопической реконструкции ПКС. Среди различных видов импиджмент-синдрома наиболее распространенным и самым неприятным считается соударение трансплантата с межмышечковым возвышением [30]. Ущемление трансплантата происходит из-за его преждевременного контакта с межмышечковым возвышением, до момента полного разгибания в коленном суставе, что клинически проявляется дефицитом разгибания после пластики ПКС [31].

За последние несколько десятилетий широкое распространение получила анатомическая двухпучковая артроскопическая реконструкция ПКС. В отличие от традиционной техники, в данном случае точно воспроизводится анатомия ПКС [32]. Однако риск импиджмента при выполнении двухпучковой пластики выше из-за того, что туннель в большеберцовой кости должен быть расположен впереди от традиционного места. Поэтому для получения удовлетворительного функционального результата после пластики ПКС очень важным является расположение бедренного и большеберцового туннелей для предотвращения возникновения импиджмент-синдрома.

Несмотря на то что очень много исследований посвящено возникновению импиджмент-синдрома между трансплантатом ПКС и межмышечковым возвышением, очень мало исследований раскрывают вопрос соударения между трансплантатом ПКС и задней крестообразной связкой. В работах M.J. Strobel и соавт. [33], E. Fujimoto и соавт. [34] высказывалась гипотеза о том, что данный тип импиджмента возникает в момент полного разгибания коленного сустава. Напротив, Simmons и соавт. [35] сообщает, что данный тип соударения происходит в момент сгибания коленного сустава. В любом случае данный вопрос требует дальнейшего изучения.

6. Артрофиброз и циклоп-синдром

Одним из самых распространенных осложнений артроскопической реконструкции ПКС является артрофиброз — разрастание фиброзной рубцовой ткани в полости коленного сустава различной степени выраженности, приводящее к снижению объема движений. Одна из специфических форм артрофиброза, локализуемая в передней части межмышечкового пространства, называется циклоп-синдром (фиброзная ткань узелковой формы, похожей на глаз циклопа, располагающаяся на линии, которая образована передними поверхностями мыщелков бедренной кости). Данное осложнение встречается примерно у 1–10 % пациентов после пластики ПКС [36]. Клинически у данных пациентов чаще всего присутствует ограничение разгибания в коленном суставе или даже наличие болевого синдрома при данном движении вследствие того, что фиброзная ткань становится помехой движению между

большеберцовой и бедренной костью. Интересен и тот факт, что циклоп-синдром может быть вызван не только разрастанием волокнистой соединительной ткани узелковой формы размером 10-15 миллиметров, но и наличием хрящевых либо костных фрагментов кпереди от трансплантата ПКС [37]. Выделяют два гистологических типа фиброзной волокнистой соединительной ткани при возникновении циклоп-синдрома: это истинные «жесткие» узелки (костная либо хрящевая ткань) или «мягкие» (фибропролиферативная ткань) рубцы [14]. Вероятность развития артрофиброза выше у пациентов, которым провели пластику ПКС в течение первых четырех недель с момента получения травмы, либо у тех, у кого присутствовали признаки воспалительной реакции во время операции [20]. Наиболее вероятной причиной возникновения циклоп-синдрома является развитие воспалительной реакции вокруг дистальной культи поврежденной связки [38]. На снимках при проведении МРТ циклоп-синдром выглядит как образование узловой формы в передней части межмышечкового возвышения, которое имеет гетерогенный вид на всех срезах. Дифференциальный диагноз необходимо проводить с пигментным виллонодулярным синовитом, синовиальным хондроматозом, наличием внутрисуставного инородного тела, хотя это и большая редкость после пластики ПКС. Эти осложнения требуют проведения хирургического вмешательства с артроскопическим дебридментом сустава [20].

7. Синовиальные кисты

При артроскопической реконструкции ПКС ширина большеберцового туннеля зависит от типа используемого материала и анатомических особенностей пациента. При использовании в качестве трансплантата сухожильной части четырехглавой мышцы бедра получают трансплантат толщиной в среднем 10 миллиметров [39], а при использовании сухожилий нежной и полусухожильной мышц — 8 миллиметров. Расширение большеберцового туннеля в раннем послеоперационном периоде происходит в первые три месяца после операции, далее размер стабилизируется к первому году и уменьшается в последующем периоде. Хотя и этиология расширения костных туннелей до конца неясна, предполагаемыми причинами являются избыточная подвижность трансплантата в туннелях фиксации, ранняя агрессивная реабилитация, некорректное расположение костных туннелей, наличие избыточного количества остеолитических цитокинов в синовиальной жидкости в местах фиксации трансплантата.

Образование синовиальной кисты в большеберцовом канале является редким осложнением пластики ПКС, так же как и в бедренном канале. В литературе описано не так много случаев подобных осложнений. Как правило, образование синовиальной кисты происходит с первого по пятый год послеоперационного периода [20, 40]. Чаще всего это случайная находка на МРТ,

никак не проявляющая себя клинически. Важно понимать, что корреляция между нестабильностью коленного сустава или недостаточностью трансплантата и наличием синовиальных кист после реконструкции ПКС не установлена [41].

Основываясь на имеющихся данных, синовиальные кисты в костных каналах делят на два типа: сообщающиеся с полостью сустава и не сообщающиеся [41]. Образование синовиальной кисты, не сообщающейся с полостью сустава, связывают с расширением костного туннеля, что может быть вызвано неблагоприятной реакцией костной ткани на фиксирующие устройства, а также некрозом тканей вблизи зафиксированного трансплантата [42]. Важно распознать, сообщается ли синовиальная киста с полостью сустава или нет, так как от этого факта зависит тактика дальнейшего лечения. При отсутствии такого сообщения требуется только простое иссечение без необходимости костной пластики [41]. Однако во многих случаях установить связь с полостью сустава затруднительно. Дальнейшая тактика при формировании интратуннельных кист может включать дебридмент, удаление фиксирующих элементов и локальную костную пластику [41].

8. Инфекционные осложнения

Септический артрит коленного сустава после артроскопической реконструкции ПКС — довольно редкое осложнение. Частота данного осложнения, по некоторым данным, составляет от 0,3 до 1,7 % [43, 44]. У более половины всех пациентов (55 %), перенесших такое осложнение, как септический артрит, в качестве трансплантата были использованы сухожилия нежной и полусухожильной мышц. Использование данного типа трансплантата связывают с более высокой вероятностью развития инфекционного артрита [45], что может быть вызвано одной из следующих причин. Во-первых, при данном типе оперативного вмешательства возможно использование большого количества шовного материала, который может вызывать воспалительную реакцию [45]. Во-вторых, выпот в полости сустава чаще наблюдался после пластики ПКС с использованием сухожилий хамстрингов, что служит фактором риска необходимости дальнейшего пунктирования/дренирования и развития инфекционного осложнения [43, 45].

По причине редкости и неоднородности возникновения такого осложнения, как септический артрит, не существует стандартных принципов лечения таких пациентов. Возможно проведение антибиотикотерапии с артроцентезом. В случаях, трудно поддающихся лечению, большинство авторов статей выступают за удаление трансплантата [46, 47]. Некоторые выбирают повторное проведение дебридмента сустава. Клинический исход септического артрита у пациентов после артроскопической реконструкции ПКС обычно является удовлетворительным. Показатели послеоперационных клинических шкал и оценка стабильности коленного сустава артрометром

КТ-1000 показали немного сниженные либо подобные результаты в сравнении с неосложненными случаями пластики ПКС [48, 49]. Сниженные результаты связывают либо с повреждением хрящевой ткани коленного сустава, либо с развитием артрофиброза.

Большинство исследований, которые посвящены инфекционным осложнениям после реконструкции ПКС, разнятся по хирургическим методикам и типам используемого трансплантата, проводимому лечению, ведению пациентов в послеоперационном периоде, поэтому изучение данного вопроса требует дальнейшей проработки.

9. Остеоартрит

Нарушение стабильности коленного сустава при частичном или полном разрыве ПКС является общепризнанным фактором риска развития остеоартрита, и частота дегенеративных изменений хрящевой ткани в данном случае составляет от 16 до 70 % [50]. Эти цифры могут достигать еще больших значений, если травма ПКС связана с повреждением менисков или хряща, а также если проводилась парциальная менискэктомия. После повреждения ПКС такие факторы, как нестабильность коленного сустава, гемартроз, повреждение субхондральной костной ткани и костного мозга, воспалительная реакция, сопровождающаяся выработкой хемокинов, оказывают негативное влияние на функцию хондроцитов [51]. Другие потенциальные факторы риска дегенерации хряща: индекс массы тела, возраст, уровень физической активности до травмы, функция четырехглавой мышцы бедра [52]. Во многих исследованиях доказывают, что у пациентов, отказавшихся от реконструктивной пластики ПКС, частота радиологических признаков остеоартрита выше, особенно если разрыву ПКС предшествовала парциальная менискэктомия. По данным Sherman и соавт. [53], хроническая передняя нестабильность может привести к дегенерации хрящевой ткани и прогрессированию степени ухудшения функции коленного сустава, что показывает прямую взаимосвязь между этими двумя факторами.

С другой стороны, несмотря на несомненно важную роль ПКС в биомеханике коленного сустава, не доказано, что ее реконструкция предотвращает дегенеративные изменения хрящевой ткани [54]. Fink и соавт. [55] оценивали клинические исходы оперативного и неоперативного лечения разрыва ПКС и показали, что вероятность дегенерации хряща коленного сустава схожи в этих двух группах. Также они обнаружили значительную корреляцию между уровнем активности после реконструкции ПКС и дальнейшим прогрессированием

остеоартрита. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что уровень спортивной активности после артроскопической реконструкции ПКС — это важный фактор, влияющий на отдаленные результаты лечения.

В недавнем рандомизированном клиническом исследовании не было найдено значимых радиологических различий в течение 5 лет наблюдений среди пациентов, выполнивших раннюю пластику ПКС, отложенную пластику или не подвергшихся реконструктивному вмешательству [56]. Аналогичным образом систематический обзор, выполненный Luc и соавт. [57], не выявил доказательств того, что реконструкция ПКС является адекватной превентивной мерой в предотвращении развития остеоартрита коленного сустава. В другом обзоре, посвященном сравнению результатов консервативного и хирургического лечения разрыва ПКС, авторами не были найдены основанные на доказательствах аргументы в пользу систематической хирургической реконструкции ПКС каждому пациенту с разорванной связкой [58]. С другой стороны, Bourke и соавт. [59] показали хорошие результаты в отдаленном периоде после пластики ПКС и небольшой процент развития остеоартрита коленного сустава через 15 лет после реконструкции. Они заявили, что сухожилия полусухожильной и нежной мышц являются надежным трансплантатом и обеспечивают удовлетворительный долгосрочный результат, если операция выполнена правильно и точно.

10. Заключение

Таким образом, анализ специальной литературы показывает, что результат артроскопической реконструкции ПКС зависит от большого числа факторов, одним из которых является выбор оптимального пластического материала, большое разнообразие которого свидетельствует об отсутствии единого мнения о предпочтительности использования того или иного варианта. Поиск оптимальной техники восстановления ПКС представляет большой интерес для хирургов, ведь уменьшение числа отрицательных результатов хирургического лечения является первостепенной задачей в хирургии ПКС, а для этого необходимо строго подходить к установлению показаний к операции и программе послеоперационной реабилитации. На сегодняшний день активно развивается методика первичного восстановления оторванной культи ПКС по технологии Internal Brace. Опыт выполнения данных операций небольшой. Требуется больше времени для наблюдения в долгосрочном периоде и оценки состояния и функции коленного сустава.

Вклад авторов:

Павлов Алексей Олегович — сбор материала.
Стрельцов Алексей Дмитриевич — сбор материала.
Прокопенко Семен Владимирович — редактирование.
Портнягин Евгений Владимирович — редактирование.
Можейко Елена Юрьевна — концепция статьи.
Комарова Нина Константиновна — сбор материала.
Наркевич Артем Николаевич — написание текста статьи.

Authors' contributions:

Alexey O. Pavlov — data collection.
Alexey D. Strelcov — data collection.
Semen V. Prokopenko — editing.
Evgeny V. Portnyagin — editing.
Elena Yu. Mozheyko — article concept.
Nina K. Komarova — data collection.
Artem N. Narkevich — article text writing.

Список литературы / References

- Colombet P., Robinson J., Christel P., Franceschi J.P., Djian P., Bellier G., Sbihi A. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*. 2006;22(9):984–992. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.102>
- Warner S.J., Smith M.V., Wright R.W., Matava M.J., Brophy R.H. Sport-specific outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27(8):1129–1134. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.02.022>
- Colombet P., Dejour D., Panisset J.C., Siebold R. Current concept of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2010;96(8):109–118. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.09.003>
- Kaeding C.C., Leger St. Jean B., Magnussen R.A. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Clin. Sports Med.* 2017;36(1):1–8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>
- Krause M., Freudenthaler F., Frosch K.-H., Achtnich A., Petersen W., Akoto R. Operative versus conservative treatment of anterior cruciate ligament rupture. *Dtsch Aerztebl. Int.* 2018;11(51-52):855–862. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0855>
- Kulczycka P., Larbi A., Malghem J., Thienpont E., Vande Berg B., Lecouvet F. Imaging ACL reconstructions and their complications. *Diagn. Interv. Imaging*. 2015;96(1):11–19. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.04.007>
- Lind M., Menhert F. & Pedersen A.B. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2009;17:117–124. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0654-3>
- Andernord D., Desai N., Bjornsson H., Ylander M., Karlsson J., Samuelsson K. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(1):121–127. <https://doi.org/10.1177/0363546514552788>
- Crawford S.N., Waterman B.R., Lubowitz J.H. Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2013;29(9):1566–1571. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.04.014>
- Barber-Westin S.D., Noyes F.R. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27(12):1697–1705. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.09.009>
- Robert G. Marx. Revision ACL reconstruction: indications and technique. New York: Springer Science + Business Media; 2014. 263 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0766-9>
- Chaudary D., Monga P., Joshi D., Easwaran J., Bhatia N., Singh A. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon–bone autograft. Experience of the first 100 cases. *J. Orthop. Surg.* 2005;13(2):147–152. <https://doi.org/10.1177/230949900501300207>
- Magit D., Wolff A., Sutton K., Medvecky M.J. Arthrofibrosis of the knee. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2007;15(11):682–694. <https://doi.org/10.5435/00124635-200711000-00007>
- Muellner T., Kdolsky R., Großschmidt K., Schabus R., Kwasny O., Jr. H. P. Cyclops and cycloid formation after anterior cruciate ligament reconstruction: clinical and histomorphological differences. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 1999;7(5):284–289. <https://doi.org/10.1007/s001670050165>
- Sanders T.G., Tall M.A., Mulloy J.P., Leis H.T. Fluid collections in the osseous tunnel during the first year after anterior cruciate

ligament repair using an autologous hamstring graft: natural history and clinical correlation. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2002;26(4):617–621. <https://doi.org/10.1097/00004728-200207000-00025>

16. Lynch J.R., Okoroha K.R., Lizzio V., Yu C.C., Jildeh T.R., Moutzouros V. Adductor canal block versus femoral nerve block for pain control after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized trial. *Am. J. Sports Med.* 2019;47:355–363. <https://doi.org/10.1177/2325967119S00255>

17. Kocher M.S., Steadman J.R., Briggs K., Zurakowski D., Sterett W.I., Hawkins R.J. Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Bone Joint Surg.* 2002;84-A(9):1560–1572. <https://doi.org/10.2106/00004623-200209000-00008>

18. Papastergiou S. G., Voulgaropoulos H., Mikalef P., Zio-gas E., Pappis G., Giannakopoulos I. Injuries to the infrapatellar branch(es) of the saphenous nerve in anterior cruciate ligament reconstruction with four-strand hamstring tendon autograft: vertical versus horizontal incision for harvest. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2005;14(8):789–793. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0008-3>

19. Streich N.A., Friedrich K., Gotterbarm T., Schmitt H. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2008;16(3): 232–238. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0480-z>

20. Bencardino J.T., Beltran J., Feldman M.I., Rose D.J. MR Imaging of Complications of Anterior Cruciate Ligament Graft Reconstruction. *RadioGraphics*. 2009;29(7):2115–2126. <https://doi.org/10.1148/rg.297095036>

21. Aglietti P., Buzzi R., Zaccherotti G., De Biase P. Patellar Tendon Versus Doubled Semitendinosus and Gracilis Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 1994;22(2):211–218. <https://doi.org/10.1177/036354659402200210>

22. Howell S. Principles for placing the tibial tunnel and avoiding roof impingement during reconstruction of a torn anterior cruciate ligament. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 1998;6:49–55. <https://doi.org/10.1007/s001670050223>

23. Steiner M.E., Hecker A.T., Brown C.H., Hayes W.C. Anterior Cruciate Ligament Graft Fixation. *Am. J. Sports Med.* 1994;22(2):240–247. <https://doi.org/10.1177/036354659402200215>

24. Saupe N., White L.M., Chiavaras M.M., Essue J., Weller I., Kunz M., Hurtig M., Marks P. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Grafts: MR Imaging Features at Long-term Follow-up — Correlation with Functional and Clinical Evaluation. *Radiology*. 2008;249(2):581–590. <https://doi.org/10.1148/radiol.2492071651>

25. Maletis G., Inacio M., Funahashi T. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(3):641–647. <https://doi.org/10.1177/0363546514561745>

26. Kaeding C.C., Pedroza A.D., Reinke E.K., Huston L.J., Spindler K. P., Amendola A. Risk Factors and Predictors of Subsequent ACL Injury in Either Knee After ACL Reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(7):1583–1590. <https://doi.org/10.1177/0363546515578836>

27. Wright R.W., Magnussen R.A., Dunn W.R., Spindler K.P. Ipsilateral Graft and Contralateral ACL Rupture at Five Years or More Following ACL Reconstruction. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2011;93 (12):1159–1165. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00898>

28. Paterno M.V., Rauh M.J., Schmitt L.C., Ford K.R., Hewett T.E. Incidence of Second ACL Injuries 2 Years After Pri-

mary ACL Reconstruction and Return to Sport. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(7):1567–1573. <https://doi.org/10.1177/0363546514530088>

29. **Tanaka Y., Yonetani Y., Shiozaki Y., Kitaguchi T., Sato N., Takeshita S., Horibe S.** Retear of anterior cruciate ligament grafts in female basketball players: a case series. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* 2010;2(7). <https://doi.org/10.1186/1758-2555-2-7>

30. **Iriuchishima T., Shirakura K., Fu F. H.** Graft impingement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* 2012;21(3):664–670. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2014-6>

31. **Iriuchishima T., Tajima G., Ingham S.J., Shen W., Smolinski P., Fu F.H.** Impingement pressure in the anatomical and nonanatomical anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaver study. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(8):1611–1617. <https://doi.org/10.1177/0363546510363461>

32. **Schreiber V.M., van Eck C.F., Fu F.H.** Anatomic Double-bundle ACL Reconstruction. *Sports Med. Arthrosc. Rev.* 2010;18(1):27–32. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3181bf6634>

33. **Strobel M.J., Castillo R.J., Weiler A.** Reflex extension loss after anterior cruciate ligament reconstruction due to femoral “high noon” graft placement. *Arthroscopy.* 2001;17(4):408–411. <https://doi.org/10.1053/jars.2001.21821>

34. **Fujimoto E., Sumen Y., Deie M., Yasumoto M., Kobayashi K., Ochi M.** Anterior cruciate ligament graft impingement against the posterior cruciate ligament: diagnosis using MRI plus three-dimensional reconstruction software. *Magn. Reson. Imaging.* 2004;22(8):1125–1129. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2004.08.007>

35. **Simmons R., Howell S.M., Hull M.L.** Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J. Bone Joint Surg.* 2003;85(6):1018–1029. <https://doi.org/10.2106/00004623-200306000-00006>

36. **Lebel B., Hulet C., Galaud B., Burdin G., Locker B., Vielpeau C.** Arthroscopic Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft. *Am. J. Sports Med.* 2008;36(7):1275–1282. <https://doi.org/10.1177/0363546508314721>

37. **Bradley D.M., Bergman A.G., Dillingham M.F.** MR Imaging of Cyclops Lesions. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2000;174(3):719–726. <https://doi.org/10.2214/ajr.174.3.1740719>

38. **Huang G.S., Lee C.H., Chan W.P., Lee H.S., Chen C.Y., Yu J.S.** Acute Anterior Cruciate Ligament Stump Entrapment in Anterior Cruciate Ligament Tears: MR Imaging Appearance. *Radiology.* 2002;225(2):537–540. <https://doi.org/10.1148/radiol.2252011810>

39. **Flik K.R., Bach B.R.** Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using an Endoscopic Technique With Patellar Tendon Autograft. *Techniques in Orthopaedics.* 2005;20(4):361–371. <https://doi.org/10.1097/01.bto.0000190268.84105.ff>

40. **Deie M., Sumen Y., Ochi M., Murakami Y., Fujimoto E., Ikuta Y.** Pretibial cyst formation after anterior cruciate ligament reconstruction using auto hamstring grafts: two case reports in a prospective study of 89 cases. *Magn. Reson. Imaging.* 2000;18(8):973–977. [https://doi.org/10.1016/s0730-725x\(00\)00207-1](https://doi.org/10.1016/s0730-725x(00)00207-1)

41. **Simonian P., Wickiewicz T., O'Brien S., Dines J., Schatz J., Warren R.** Pretibial cyst formation after anterior cruciate ligament surgery with soft tissue autografts. *Arthroscopy.* 1998;14(2):215–220. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(98\)70044-1](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(98)70044-1)

42. **Martinek V., Friederich N.F.** Tibial and Pretibial Cyst Formation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Bioabsorbable Interference Screw Fixation. *Arthroscopy.* 1999;15(3):317–320. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(99\)70042-3](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(99)70042-3)

43. **Mouzopoulos G., Fotopoulos V.C., Tzurbakis M.** Septic knee arthritis following ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2009;17(9):1033–1042. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0793-1>

44. **Schollin-Borg M., Michaelsson K., Rahme H.** Presentation, outcome, and cause of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a case control study. *Arthroscopy.* 2003;19(9):941–947. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2003.09.004>

45. **Binnet M.S., Basarir K.** Risk and outcome of infection after different arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Arthroscopy.* 2007;23(8): 62–868. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.02.008>

46. **Burks R.T., Friederichs M.G., Fink B., Luker M.G., West H.S., Greis P.E.** Treatment of postoperative anterior cruciate ligament infections with graft removal and early reimplantation. *Am. J. Sports Med.* 2003;31(3):414–418. <https://doi.org/10.1177/03635465030310031501>

47. **Schulz A.P., Gotze S., Schmidt H.G., Jurgens C., Faschingbauer M.** Septic arthritis of the knee after anterior cruciate ligament surgery: a stage-adapted treatment regimen. *Am. J. Sports Med.* 2007;35(7):1064–1069. <https://doi.org/10.1177/0363546507299744>

48. **Sajovic M., Strahovnik A., Dernovsek M.Z., Skaza K.** Quality of life and clinical outcome comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: an 11-year follow-up of a randomized controlled trial. *Am. J. Sports Med.* 2011;39(10):2161–2169. <https://doi.org/10.1177/0363546511411702>

49. **Holm I., Oiestad B.E., Risberg M.A., Aune A.K.** No difference in knee function or prevalence of osteoarthritis after reconstruction of the anterior cruciate ligament with 4-strand hamstring autograft versus patellar tendonbone autograft: a randomized study with 10-year follow-up. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(3):448–454. <https://doi.org/10.1177/0363546509350301>

50. **Lohmander L.S., Östenberg A., Englund M., Roos H.** High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004;50(10):3145–3152. <https://doi.org/10.1002/art.20589>

51. **Lohmander L.S., Roos H.** Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis: Truth or consequences? *Acta Orthop. Scand.* 1994;65(6):605–609. <https://doi.org/10.3109/17453679408994613>

52. **Hart J.M., Turman K.A., Diduch D.R., Hart J.A., Miller M.D.** Quadriceps muscle activation and radiographic osteoarthritis following ACL revision. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2010;19(4): 634–640. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1321-z>

53. **Sherman M.F., Warren R.F., Marshall J.L., Savatsky G.J.** A clinical and radiographical analysis of 127 anterior cruciate insufficient knees. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1988;227:229–237.

54. **Moksnes H., Risberg M.A.** Performance-based functional evaluation of non-operative and operative treatment after anterior cruciate ligament injury. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2009;19(3):345–355. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00816.x>

55. **Fink C., Hoser C., Hackl W., Navarro R.A., Benedetto K.P.** Long-term Outcome of Operative or Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture -Is Sports Activity a Determining Variable? *Int. J. Sports Med.* 2001;22(4):304–309. <https://doi.org/10.1055/s-2001-13823>

56. **Harris K., Driban J.B., Stiller M.R., Cattano N.M., Hootman J.M.** Five-Year Clinical Outcomes of a Randomized Trial of Anterior Cruciate Ligament Treatment Strategies: An Evidence-Based Practice Paper. *J. Athl. Train.* 2015;50(1):110–112. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.53>

57. **Luc B., Gribble P.A., Pietrosimone B.G.** Osteoarthritis Prevalence Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Numbers-Needed-to-Treat Analysis. *J. Athl. Train.* 2014;49(6):806–819. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.35>

58. **Delincé P., Ghafil D.** Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the litera-

ture. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2011;20(1):48–61. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1614-x>

59. **Bourke H.E., Salmon L.J., Waller A., Patterson V., Pinczewski L.A.** Survival of the Anterior Cruciate Ligament Graft and the Contralateral ACL at a Minimum of 15 Years. *Am. J. Sports Med.* 2012;40(9):1985–1992. <https://doi.org/10.1177/0363546512454414>

Информация об авторах:

Павлов Алексей Олегович*, аспирант 3-го года обучения кафедры нервных болезней с курсом ПО, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; врач-невролог, врач по лечебной физкультуре и спортивной медицине ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26 (+7 (913) 556-23-36; pavlovao1992@mail.ru)

Стрельцов Алексей Дмитриевич, студент 4-го курса ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1.

Прокопенко Семен Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нервных болезней с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. Научный руководитель службы неврологии и нейрореабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-2586>

Портнягин Евгений Владимирович, к.м.н., врач по лечебной физкультуре и спортивной медицине, директор центра физической реабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26.

Можейко Елена Юрьевна, д.м.н., доцент, заведующая кафедрой физической и реабилитационной медицины с курсом ПО, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

Комарова Нина Константиновна, медицинская сестра центра физической реабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26.

Наркевич Артем Николаевич, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-5058>

Information about the authors:

Alexey O. Pavlov*, 3-year post-graduate student of the Department of Nervous Diseases with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia; neurologist, physical therapy and sports medicine doctor of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia (+7 (913) 556-23-36; pavlovao1992@mail.ru)

Alexey D. Strelcov, 4th year student of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia.

Semen V. Prokopenko, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Nervous Diseases with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. Scientific Director of the Neurology and Neurorehabilitation Service of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-2586>

Evgeny V. Portnyagin, M.D., Ph.D. (Medicine), physical therapy and sports medicine doctor, Director of the physical rehabilitation center of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia.

Elena Yu. Mozheyko, M.D., D.Sc. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

Nina K. Komarova, nurse of the physical rehabilitation center of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia.

Artem N. Narkevich, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-5058>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author