

ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВОЙНОЙ ФЕМОРАЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ АУТОТРАНСПЛАНТАТА ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

Фоменко С.М.¹, Прохоренко В.М.^{1,2}, Симагаев Р.О.¹, Киселев А.С.³

¹ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, e-mail: SFomenko@niito.ru;

²ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский институт» Минздрава России, Новосибирск;

³Санкт-Петербургский научно-исследовательский психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург

За период с 01.01.2014 по 31.12.2015 годы в отделении артроскопической хирургии суставов Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна хирургические методы лечения применялись у 445 пациентов с передней нестабильностью коленного сустава. Был проведен анализ результатов лечения этих пациентов, с точки зрения эффективности применяемых методик хирургического лечения, а также связанных с ними осложнений. На основании анализа мирового опыта и собственных исследований для повышения эффективности лечения был предложен индивидуальный подход к хирургии, заключающийся в комбинировании разных методов оперативного лечения и имплантатов. Предлагаемая тактика хирургического лечения передней нестабильности коленного сустава показала следующие преимущества: минимальный риск развития рецидива нестабильности; лечение сопутствующих повреждений; сведение к минимуму тяжести операционной травмы и риска инфекционных осложнений; возможность ранней функциональной реабилитации; сокращение сроков пребывания больных в стационаре и реабилитационного периода.

Ключевые слова: передняя нестабильность коленного сустава, реконструкция передней крестообразной связки, хирургическое лечение повреждений коленного сустава, артроскопия коленного сустава.

EXPERIENCE OF SURGICAL TREATMENT OF ANTERIOR INSTABILITY OF THE KNEE JOINT WITH A DOUBLE FEMORAL FIXATION AUTOGRAFT ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT. INVESTIGATION

Fomenko S.M.¹, Prohorenko V.M.^{1,2}, Simagaev R.O.¹, Kiselyov A.S.³

¹Novosibirsk Research Tsivyan Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, e-mail: SFomenko@niito.ru;

²Novosibirsk State Medical Institute, Novosibirsk;

³Sankt-Petersburg research institute of psychoneurology n.a. V.M. Bekhterev, Sankt-Petersburg

For the period from 01.01.2014 on 31.12.2015 in our clinic, surgical treatments were applied in 445 patients with anterior instability of the knee joint. We followed the results of treatment in these patients and carried out as an analysis of the effectiveness of the techniques of surgical treatment and related complications. Now to increase the effectiveness of treatment offered an individual approach to surgery is to combine different methods of surgery and implants. The advantages offered surgical treatment of knee joint instability include minimal risk of recurrence of instability; treatment related damage; minimizing surgical trauma severity and the risk of infectious complications; the possibility of early functional rehabilitation; shortening hospital stay and rehabilitation period.

Keywords: anterior instability of the knee joint, ACL reconstruction, surgical treatment of injuries of the knee, knee arthroscopy.

Повреждения связок коленного сустава по частоте занимают первое место и составляют от 50 до 75 % всех травм суставов [1,2]. Только по поводу реконструктивной пластики передней крестообразной связки существует более 250 способов операций, описанных в литературе, что свидетельствует о неудовлетворенности хирургов результатами восстановления этой формы нестабильности коленного сустава и необходимости разработки новых более эффективных способов вмешательств [26]. Одновременно с этим в настоящее время для хирургов предлагается огромный выбор как способов реконструкции связочного

аппарата коленного сустава, так и имплантов для фиксации трансплантатов [3,4]. По данным литературы основной причиной ревизионных операций при этой патологии являются погрешности хирургической техники и неанатомичное расположение бедренного канала, приводящее к рецидиву нестабильности [23,30]. Также имеет место расширение в послеоперационном периоде тоннелей в бедренной кости вне зависимости от использованного метода оперативного лечения [5], что также приводит к расшатыванию трансплантата («bungee-effect» и «windshield-wiper-effect» – «эффект автомобильного дворника») и, как следствие, рецидиву нестабильности. В данной работе мы проанализировали и сравнили разные подходы к реконструктивной пластике передней крестообразной связки, а также оценили возможность комбинирования разных методов хирургического лечения передней нестабильности коленного сустава.

Цель исследования

Улучшение эффективности лечения пациентов с передней нестабильностью коленного сустава.

Материал и методы

За период с 01.01.2014 по 31.12.2015 год в отделении артроскопической хирургии суставов Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна хирургические методы лечения применялись у 445 пациентов с нестабильностью коленного сустава. Показаниями к оперативному лечению являлись: наличие характерной травмы в анамнезе, положительные клинические тесты на переднюю нестабильность, подтвержденные данными рентгенографии и МРТ исследованиями [16]. По поводу повреждения передней крестообразной связки, приведшей к передней нестабильности коленного сустава, выполнено 445 операций, из них сочетания в виде дополнительного повреждения наружной коллатеральной связки с передне-наружной нестабильностью были в 12 случаях, повреждение внутренней коллатеральной связки – в 4 случаях, повреждение задней крестообразной связки с передне-задней нестабильностью – у 3 пациентов.

Все операции по поводу лечения передней нестабильности коленного сустава в нашей клинике выполнены с использованием аутотрансплантатов сухожилий тонкой и полусухожильной мышц, так как ни мы, ни другие авторы [6,14] не наблюдали существенной разницы в отдаленном периоде между этими пациентами и ранее оперированными больными, у которых был использован костно-сухожильный блок.

Появление продуктов износа, потеря эластичности и прочности искусственных связок могут привести к развитию дегенеративных изменений в суставном хряще. Имеются многочисленные наблюдения неудовлетворительных результатов использования искусственных связок [27].

Мы не используем другие виды трансплантатов для первичной реконструкции передней крестообразной связки, оставляя право использования их только в случаях ревизионных вмешательств. По нашему мнению, использование искусственных связок (например, «LARS») менее физиологично и не обеспечивает должный уровень интеграции в собственные ткани коленного сустава, а использование костно-сухожильного блока собственной связки надколенника намного травматичнее, что кроме нежелательного косметического дефекта существенно замедляет процесс реабилитации больного.

С марта 2013 года в нашей клинике для лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки, приведшей к передней нестабильности коленного сустава, применяется двойная феморальная (гибридная) фиксация, что позволяет создать дополнительную компрессию ауто трансплантата в феморальном канале. С нашей точки зрения, именно такая двойная феморальная фиксация помогает правильно позиционировать место феморальной фиксации ауто трансплантата передней крестообразной связки.

По нашим и литературным данным [12], основной причиной неудовлетворительных результатов лечения передней нестабильности коленного сустава является именно неправильный выбор направления и локализация (footprint) феморального канала, при используемой нами методике двойной феморальной фиксации при антеромедиальной технике проведения бедренного канала мы можем максимально анатомично воспроизвести место прикрепления передней крестообразной связки и восстановить биомеханику движений в коленном суставе. Не менее важным аргументом для применения такой техники оперативного лечения является возможность предупредить возможные осложнения со стороны замедления репарации (затекание синовиальной жидкости в бедренный канал и связанное с этим замедление ревазуляризации ауто трансплантата [28]), так как мы при двойной феморальной фиксации создаем дополнительную компрессию между костью и ауто трансплантатом и таким образом стимулируем регенерацию в этой зоне. Это гарантировано помогает избежать рецидива нестабильности и особо актуально для больных, предъявляющих повышенные требования к физической активности. Всего нами была выполнена двойная фиксация в 88 случаях. Все операции были выполнены по методике «all inside» с ретроградным проведением туннелей в большеберцовой кости, проведением канала в бедренной кости через антеромедиальный порт и экстракортикальной фиксацией самозатягивающимися фиксаторами «Tightrope» «Arthrex» в 78 случаях и «Rigidloop» «Adjustable» «DePuy Mitek» в 10 случаях. При этом в качестве дополнительного фиксатора применялся либо Megashim «Carl Storz» – в 54 случаях, либо винт Milagro «DePuy Mitek» – в 27 случаях. Такая двойная фиксация ауто трансплантата, с нашей точки зрения, позволяет избежать таких негативных эффектов, как попадание синовиальной жидкости в

фemorальный канал, замедляющей интеграцию аутотрансплантата с костной тканью, и «bungee-effect» и «windshield-wiper-effect» (это, как уже указывалось нами ранее, – «эффект автомобильного дворника»), то есть патологической подвижности трансплантата в дистальном отделе бедренного канала, приводящей впоследствии к рецидиву нестабильности. Из них нам удалось отследить результаты у 80 пациентов. За этот же период без двойной феморальной фиксации по стандартным методикам нами было выполнено 354 операции. При этом в 336 случаях была выполнена методика «all inside» с ретроградным проведением туннелей в большеберцовом компоненте, проведением канала в бедренной кости через антеромедиальный порт и экстракортикальной фиксацией самозатягивающимися фиксаторами «Tightrope» «Arthrex». Из них нам удалось отследить результаты у 316 пациентов.

Мы больше не используем транстибиальный метод проведения бедренного канала, так как имеются многочисленные наблюдения о преимуществах антеромедиального способа проведения бедренного канала [17]. Особенно важным мы считаем то, что при транстибиальном методе гораздо сложнее выбрать наиболее физиологичную точку фиксации бедренного компонента (footprint) [11,29]. Выбор правильного расположения феморального и тибильного каналов мы считаем основным этапом операции и «ключом к успеху» всего оперативного лечения пациента [9,21, 24].

При сочетанных формах нестабильности одновременно выполнялась пластика наружной коллатеральной связки из сухожилия тонкой мышцы через канал в головке малоберцовой кости с фиксацией в бедренной кости интерферентным винтом Milagro «DePuy Mitek».

При одновременном повреждении передней и задней крестообразной связки первым этапом выполнялась реконструкция задней связки, пластика передней крестообразной связки выполнялась через 4–6 мес.

Мы не считаем целесообразным, в большинстве случаев, одномоментное восстановление сразу обеих крестообразных связок, так как это значительно увеличивает травматичность операции, что приводит не только к увеличению сроков реабилитации, но также увеличивает риск развития послеоперационных осложнений, таких как контрактура сустава и рецидив нестабильности.

При сочетании повреждений связок с импрессионными переломами мыщелков большеберцовой кости с комбинированной нестабильностью коленного сустава, оперативное лечение проводилось в два этапа.

Первый этап – лечение импрессионного перелома (артроскопически ассоциированная элевационная остеотомия с замещением дефекта мыщелка большеберцовой кости

аутокостью или костнозамещающим материалом (BoneMedic, ChronOs) и последующим стабилизационным костным остеосинтезом). Второй этап – спустя один год удалялась пластина и выполнялась реконструктивная пластика связок коленного сустава.

Этапная тактика оперативного лечения при таких тяжелых повреждениях, на наш взгляд, обеспечивает не только лучшие технические условия для проведения операций, но и позволяет восстановить функцию коленного сустава в более полном объеме, чем при одномоментных реконструкциях и переломах, и связок коленного сустава.

Операции проводились в сроки от нескольких суток после травмы до нескольких десятков лет наличия нестабильности в коленном суставе. Противопоказанием к реконструктивным операциям на коленном суставе мы считаем наличие гонартроза второй и более стадии по Келлгрэну (Kellgren&Lawrence, 1957), деформации конечностей, выраженной комбинированной контрактуры сустава, наличие ангиотрофических расстройств конечности.

Программа реабилитации включала ранние пассивные и активные движения в коленном суставе, ограничение осевой нагрузки на коленный сустав, физиотерапию, нестероидные противовоспалительные средства, курсы внутрисуставного введения препаратов гиалуроновой кислоты, механотерапия, кинезиотерапия [7, 18]. По показаниям проводилась профилактика сосудистых осложнений [19]. В послеоперационном периоде использовали шарнирные ортезы, проводили занятия в бассейне и на велотренажере с постепенным увеличением нагрузок [13,15]. Восстановление функции конечности наблюдалось через 4 месяца с момента операции [8].

Все пациенты были разделены на две группы. В первую (основную) группу вошли пациенты, которым был применен метод двойной феморальной фиксации, вторую (контрольную) группу составили пациенты, которых прооперировали по стандартной методике.

Периодические повторные оценки состояния коленного сустава по шкале Lysholm-Gillquist позволили представить динамику изменения самочувствия пациента как до операции и в процессе лечения, так и в отдаленные сроки реабилитации. Оригинальная версия находится по адресу <https://www.hss.edu/secure/files/WSMC-lysholm-tegner.pdf>.

Сравнение результатов лечения пациентов контрольной и основной групп было проведено при помощи точного метода Фишера (с использованием двухсторонней значимости) и непараметрического непарного метода Манна – Уитни. Границей принятия решения о принятии/отклонении нулевой гипотезы для суждения о статистической значимости результатов была выбрана величина альфа, равная 0,05.

Результаты и обсуждение

Отдаленные результаты реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава изучены у 396 (88,98 %) больных. Оценка результатов реконструкции проводилась с учетом объективных и субъективных данных. Из объективных критериев нами использовались степень достигнутой стабильности, сохраненная амплитуда движений, наличие и выраженность деформирующего артроза, а также данные инструментальных исследований (рентгенограммы, МРТ, миография, термография, диагностическая артроскопия). В субъективной оценке приоритет отдавали устойчивости сустава, свободе движений и отсутствию болевого синдрома. После успешной реконструктивной пластики связок коленного сустава в пределах физиологических нагрузок сустав должен быть безболезненным и стабильным при сохранении полной амплитуды движений [22]. Произведена оценка функции коленного сустава через 12 месяцев после операции по шкале Lysholm-Gillquist (1982). В зависимости от количества набранных баллов: от 95 до 100 баллов – оценивалось как отличное состояние коленного сустава; от 84 до 94 баллов – хорошее состояние коленного сустава; от 65 до 83 баллов – удовлетворительное состояние; менее 65 баллов – неудовлетворительное состояние и функция коленного сустава.

При оперативном лечении передней нестабильности коленного сустава отличные, хорошие и удовлетворительные результаты через 12 месяцев были достигнуты у пациентов первой группы 59 (73,75 %), 16 (20 %), 5 (6,25 %) во второй группе 80 (25,3 %) значительно уступает отличным результатам в первой группе, 118 (37,34 %), 116 (36,7 %) соответственно. Неудовлетворительные результаты во второй группе были у 2-х пациентов (0,005 %).

Ниже представлены основные результаты лечения пациентов с нестабильностью коленного сустава в зависимости от хирургической техники (табл. 1).

Таблица 1

Результаты через 12 месяцев после хирургического лечения

Методика хирургического лечения	Результаты лечения				Общее количество	Достигнутый уровень статистической значимости
	отличные	хорошие	удовлетворительные	неудовлетворительные		
Всего	139	134	121	2	396	
1 группа (основная)	59	16	5	0	80	p < 0,0001
2 группа (контрольная)	80	118	116	2	316	

При этом очевидно, что во всех случаях достигнут статистически значимый результат в пользу позиционируемой гибридной методики хирургического лечения. Так, если в ранних сроках результаты лечения двойной феморальной фиксации при реконструктивной пластике

передней крестообразной связки мало отличаются от простого воспроизведения оригинальной методики, то через 12 месяцев становится совершенно ясно преимущество именно двойной феморальной фиксации.

Основные, на наш взгляд, причины неудовлетворительных результатов оперативного лечения при реконструктивной пластике связок коленного сустава следующие: погрешности операционных техник (в том числе ошибки хирурга в правильности выполнения методик операций); ошибки в предоперационном планировании (использование неадекватного хирургического метода); позднее начало лечебной физкультуры и кинезиотерапии в послеоперационном периоде [13,15,18]; длительная иммобилизация сустава; ранняя нагрузка на сустав. Эти данные коррелируют с данными других авторов [20].

Осложнения хирургического лечения нестабильности коленного сустава были разделены на две группы: ранние послеоперационные (до 1 месяца) и поздние. К ранним осложнениям, случившимся в процессе лечения у наших пациентов, были отнесены:

- 1) тромбофлебит нижних конечностей (n=2);
- 2) нагноение гематомы в области послеоперационной раны (n=1);

Все ранние осложнения были купированы на стационарном и амбулаторном этапе, и в итоге через 12 месяцев был констатирован хороший результат лечения.

К поздним осложнениям были отнесены:

- 1) контрактуры коленного сустава различной степени выраженности (n=5);
- 2) гипотрофия мышц нижней конечности (n=3);
- 3) рецидив нестабильности коленного сустава (n=2) вследствие повторной травмы [10];
- 4) гипестезии и нарушения чувствительности ниже области послеоперационного рубца по передне-внутренней поверхности голени (n=2).

Всего осложнения составили около 3 % от общего количества операций, что немного отличается от общемировых тенденций [19,25]. Все они, безусловно, повлияли на результат лечения и потребовали в ряде случаев (рецидив нестабильности) повторной госпитализации, в других – мы предпочли индивидуальные курсы консервативного лечения в амбулаторных условиях.

Разрушение коленного сустава, возникающее при длительно текущей или комбинированной нестабильности коленного сустава, многообразно, и чем в более короткие сроки проводится соответствующее хирургическое лечение, тем с большей вероятностью можно рассчитывать не только на восстановление функции конечности, а также предупредить дальнейшее разрушение сустава, развитие посттравматического гонартроза и деформаций конечности [8,22].

Предложенная нами возможность комбинации разных методик реконструкции связок коленного сустава и система двойной феморальной фиксации обеспечивает наилучшие результаты для конкретного пациента, заключающиеся в индивидуальном подходе к каждой операции. Это дает возможность, как сократить сроки реабилитации, так и избежать осложнений, таких как рецидив нестабильности или контрактуры сустава. В настоящее время имеется возможность выбора, что существенным образом сказывается на результатах лечения.

Выводы

Наш опыт применения двойной феморальной фиксации аутотрансплантата передней крестообразной связки при лечении передней нестабильности коленного сустава свидетельствует о необходимости индивидуального подхода к каждой операции, заключающегося в использовании артроскопической техники в сочетании с использованием комбинации разных методик и имплантов для реконструкции связок коленного сустава. При этом в некоторых случаях, например, при тяжелых формах комбинированной нестабильности коленного сустава вследствие одновременного повреждения передней и задней крестообразных связок или наличия переломов костей, образующих коленный сустав, в сочетании с разрывами связочного аппарата, мы считаем, совершенно оправдан этапный подход к хирургическому лечению нестабильности коленного сустава. Используемая нами двойная фиксация феморального компонента аутотрансплантата крестообразных связок заметно улучшает результаты лечения и позволяет при таком индивидуальном подходе добиться практически полного восстановления функции и одновременно стабильности коленного сустава, возвращая наших пациентов на привычный им уровень физической активности в максимально короткие сроки.

Разработанная нами тактика хирургического лечения нестабильности коленного сустава обладает следующими преимуществами: минимальный риск развития рецидива нестабильности; возможность лечения сопутствующих повреждений; сведение к минимуму тяжести операционной травмы и риска инфекционных осложнений; возможность ранней функциональной реабилитации; сокращение сроков пребывания больных в стационаре и реабилитационного периода; минимальные кожный косметический дефект и нарушение кожной чувствительности.

В настоящее время, благодаря выявленным преимуществам предлагаемой тактики лечения, мы рекомендуем применять двойную феморальную (гибридную) фиксацию всем пациентам при лечении передней нестабильности коленного сустава.

Список литературы

1. Гиршин С.Г. Оперативное лечение повреждений коленного сустава в остром периоде травмы: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.22 / II МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова. – М., 1993. – 37 с.
2. Куляба Т.А., Новоселов К.А., Корнилов Н.Н. Диагностика и лечение повреждений менисков коленного сустава (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. – 2002; (1):81-87.
3. Миронов С.П., Орлецкий А.К., Ветрилэ В.С. Способ артроскопической фиксации крестообразных связок коленного сустава при их остром повреждении // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2001; (3):26-28.
4. Сименач Б.И., Бабуркина Е.П., Пустовойт Б.А. и др. Искусственная передняя крестообразная связка с переменным натяжением // Ортопед., травматол. – 1998. – № 3. – С. 130-131.
5. Aga C., Wilson K.J., Johansen S., Dornan G., La Prade R.F., Engebretsen L. : Tunnel widening in single-versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2016. Jun. 21.
6. Beard, D.J. Hamstrings vs. patella tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: A randomised controlled trial Text / D.J. Beard, J.L. Anderson, S. Davies et al. *Knee.* 2001. № 8. P. 45-50.
7. Beynnon B.D. et al: The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin. Orthop. Related Res.* 2002; 402:9.
8. Cascio B.M. et al: Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin. Sports Med.* 2004; 23(3):395.
9. Chalmers P.N., Mall N.A., Cole B.J., et al. Anteromedial versus transtibial tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstructions: a systematic review. *Arthroscopy.* 2013; 29:1235–1242.
10. Dunn W.R. et al: The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on the risk of knee reinjury. *Am J. Sports Med.* 2004; 32(8):1906.
11. Gadikota H.R., Sim J.A., Hosseini A., et al. The relationship between femoral tunnels created by the transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques and the anterior cruciate ligament footprint. *Am J. Sports Med.* 2012; 40:882-888.
12. Giuliani J.R.1, Kilcoyne K.G., Rue J.P. : Anterior cruciate ligament anatomy: a re-view of the anteromedial and posterolateral bundles. *J Knee Surg.* 2009. Apr.; 22(2):148-54.
13. Heijne A., Axelsson K., Werner S., Biguet G. Rehabilitation and recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: patients' experiences. 2008, *Scand J Med. Sci Sports.* Vol.18, № 3, pp.325-335.

14. Heijne A.1, Hagströmer M., Werner S.: A two- and five-year follow-up of clinical outcome after ACL reconstruction using BPTB or hamstring tendon grafts: a prospective intervention outcome study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2015. Mar.;23(3):799-807. doi: 10.1007/s00167-013-2727-1.
15. Hollis J.M., Takai S., Adams D.J., Horibe S., Woo S.L. The effects of knee motion and external loading on the length of the anterior cruciate ligament (ACL): a kinematic study. 1991, *J Biomech Eng.* Vol.113, pp.208-214.
16. Khan H.A., Ahad H., Sharma P., Bajaj P., Hassan N., Kamal Y. : Correlation between magnetic resonance imaging and arthroscopic findings in the knee joint. *Trauma Mon.* 2015. Feb; 20(1):e18635. doi: 10.5812/traumamon.18635. Epub 2015 Jan 7.
17. Kopf S., Forsythe B., Wong A.K., et al. Transtibial ACL reconstruction technique fails to position drill tunnels anatomically in vivo 3D CT study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2012; 20:2200-2207.
18. Krosshaug T., Slauterbeck J.R., Engebretsen L., Bahr R. Biomechanical analysis of anterior cruciate ligament injury mechanisms: three-dimensional motion reconstruction from video sequences. 2007, *Scand J. Med. Sci Sports.* Vol.17, pp.508-519.
19. Krych A.J.1, Sousa P.L.1, Morgan J.A.1, Levy B.A.1, Stuart M.J.1, Dahm D.L.2: Incidence and Risk Factor Analysis of Symptomatic Venous Thromboembolism After Knee Arthroscopy. *Arthroscopy.* 2015. Jun. 20. pii: S0749-8063(15)00409-0. doi: 10.1016/j.arthro.2015.04.091.
20. Lyman S.1, Koulouvaris P., Sherman S., Do H., Mandl L.A., Marx R.G. : Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg. Am.* 2009 Oct; 91(10):2321-8. doi: 10.2106/JBJS.H.00539.
21. Marchant B.G., Noyes F.R., Barber-Westin S.D., et al. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J. Sports Med.* 2010; 38:1987-1996.
22. McDevitt E.R. et al: Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, multicenter study. *Am J Sports Med* 2004;32(8):1887.
23. Rahr-Wagner L., Thillemann T.M., Pedersen A.B., et al. Increased risk of revision after anteromedial compared with transtibial drilling of the femoral tunnel during primary anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish Knee Ligament Reconstruction Register. *Arthroscopy.* 2013; 29:98-105.
24. Riboh J.C., Hasselblad V., Godin J.A., et al. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review, meta-analysis, and metaregression. *Am J. Sports Med.* 2013; 41:2693-2702.

25. Salzler M.J.1, Lin A., Miller C.D., Herold S., Irrgang J.J., Harner C.D.: Complications after arthroscopic knee surgery. *Am J. Sports Med.* 2014. Feb; 42(2):292-6. doi: 10.1177/0363546513510677.
26. Schindler OS. Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2012. Jan; 20(1):5-47. doi: 10.1007/s00167-011-1756-x. Epub. 2011. Nov. 22.
27. Tiefenboeck T.M., Thurmaier E., Tiefenboeck M.M., Ostermann R.C., Joestl. J., Winnisch M., Schurz M., Hajdu S., Hofbauer M.: Clinical and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using the LARS™ system at a minimum follow-up of 10 years. *Knee.* 2015. Jun. 26. pii: S0968-0160(15)00131-3. doi: 10.1016/j.knee.2015.06.003.
28. Tohyama H.1, Yoshikawa T., Ju Y.J., Yasuda K. Revascularization in the tendon graft following anterior cruciate ligament reconstruction of the knee: its mechanisms and regulation. *Chang Gung Med. J.* 2009. Mar.-Apr.; 32(2):133-9.
29. Tompkins M., Milewski M.D., Brockmeier S.F., et al. Anatomic femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: use of an accessory medial portal versus traditional transtibial drilling. *Am J. Sports Med.* 2012; 40: 1313-1321.
30. Trojani, C., Sbihi, A., Djian, P. et al: Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* (2011). 19: 196. doi:10.1007/s00167-010-1201-6.