

НЕСТАБИЛЬНОСТЬ КОЛЕННОГО СУСТАВА ДО И ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПО ДАННЫМ АНКЕТИРОВАНИЯ

А.А. Ахпашев¹, Д.В. Скворцов^{1, 2, 3}

¹ Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, Москва, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

³ Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Нестабильность коленного сустава после разрыва передней крестообразной связки в последние десятилетия приобрела у отечественных ортопедов характер мема с очень широким употреблением и смыслом. **Цель исследования.** В данном исследовании мы попытались выяснить, насколько часто феномен нестабильности имеет место, и как он может быть связан с травмой сустава. **Методы.** Использован метод опроса (анкетирование пациентов на первичном ортопедическом приёме и после хирургической реконструкции). **Результаты.** Собранные у 433 пациентов с верифицированным разрывом передней крестообразной связки данные показали, что ощущение неустойчивости в коленном суставе испытывали 77% пациентов, не испытывали совсем — 19%. Проанкетирован 71 пациент из 297 с артроскопической реконструкцией. Период времени от операции до анкетирования составил в среднем 6,5 лет. Не все пациенты могли отметить момент травмы: даже если имела место травма коленного сустава, 10% пациентов не отмечали развития нестабильности сразу же после травмы. Длительность ощущения неустойчивости в коленном суставе после травмы переменна — от одной недели до года и более. Сам момент нестабильности сустава более чем в половине случаев сопровождался болевым синдромом, при этом у 12% опрошенных боль отсутствовала. Почти 1/3 опрошенных никогда не отмечала эпизодов неустойчивости в коленном суставе до хирургической реконструкции, но у 11% такие эпизоды были ежедневными. В послеоперационном периоде у 27% в разные сроки отмечался рецидив нестабильности сустава. **Заключение.** Таким образом, разрыв передней крестообразной связки не равен нестабильности коленного сустава. Нестабильность — это не перманентное состояние, а кратковременный эпизод, случающийся в периоде опоры и приводящий к подкосонеустойчивости конечности.

Ключевые слова: коленный сустав; разрыв передней крестообразной связки; нестабильность.

Для цитирования:

Ахпашев А.А., Скворцов Д.В. Нестабильность коленного сустава до и после реконструкции передней крестообразной связки по данным анкетирования. *Клиническая практика*. 2023;14(3):20–26. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract346689>

Поступила 25.04.2023

Принята 24.05.2023

Опубликована 14.06.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Стабильность коленного сустава (КС) достигается за счёт многих анатомических структур и функций мышц, где важную роль играет передняя крестообразная связка (ПКС). Разрыв этой связки является одной из наиболее распространённых травм, связанных с КС [1].

Стабильность КС может измениться после травмы ПКС, что приводит к аномальной нагрузке на конечность во время функциональной активности. Хорошо известно, что КС с дефицитом ПКС может проявлять патологическую слабость,

что часто приводит к жалобам пациента на нестабильность КС [2, 3].

Вопрос о том, как классифицировать нестабильность КС, продолжает представлять проблему. В целом, классификации можно разделить на три категории: (1) анатомические, где основанием становится оценка повреждённой структуры КС; (2) функциональные, в которых оценивается прежде всего сам факт возникновения нестабильности КС с привязкой к предшествующим этому обстоятельствам; (3) анатомическо-функциональные, в которых рассматривается роль связочных

INSTABILITY OF THE KNEE JOINT BEFORE AND AFTER RECONSTRUCTION OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT ACCORDING TO THE QUESTIONNAIRE

A.A. Akhпасhev¹, D.V. Skvortsov^{1, 2, 3}

¹ Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies, Moscow, Russian Federation

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russian Federation

³ Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Background: The instability of the knee joint after a rupture of the anterior cruciate ligament in recent decades has acquired the character of a meme among Russian orthopedists with a very wide use and meaning. **Aim:** In this study, we tried to find out how often the phenomenon of instability occurs and how it can be associated with joint injury. **Methods:** The method of questioning, collecting anamnesis in patients at the primary orthopedic appointment and in patients after surgical reconstruction by the method of questioning was used. **Results:** The data collected in 433 patients with a verified rupture of the anterior cruciate ligament showed that 77% experienced a feeling of instability in the knee joint, and 19% did not experience them at all. Arthroscopic reconstruction was performed in 297 patients, 71 of them were surveyed. The period of time from surgery to questioning was 6.5 years on average. Not all patients can note the moment of injury. Even if there was an injury to the knee joint, 10% of patients do not note the development of instability immediately after injury. The duration of the sensation of instability in the knee joint after injury varies from one week to a year or more. The very moment of joint instability is accompanied by pain in more than half of the cases. At the same time, 12% of the respondents had no pain. A third of the respondents had never noted episodes of instability in the knee joint before surgical reconstruction. But 11% had such episodes daily. In the postoperative period, 27% note the recurrence of joint instability at different times. **Conclusions:** Thus, an ACL tear does not equal knee instability. Instability is not a condition, but a short-term episode that occurs during the period of support and leads to buckling of the limb.

Keywords: knee joint; anterior cruciate ligament tear; instability.

For citation:

Akhпасhev AA, Skvortsov DV. Instability of the Knee Joint Before and After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament According to the Questionnaire. *Journal of Clinical Practice*. 2023;14(3): 20–26. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract346689>

Submitted 25.04.2023

Revised 24.05.2023

Published 14.06.2023

структур КС в возможности смещения голени относительно бедра.

Одна из первых классификаций (McCluskey G., Blackburn T.A., 1980) носит чисто анатомический характер [4]. Другие авторы стараются привязать анатомическое нарушение к последующим изменениям функции КС. Полагают, что нестабильность можно определить как повреждение связок КС, приводящее к смещению основных несущих зон в другое место, что приводит к перегрузке части суставного хряща с повышением как статической, так и динамической нагрузки [5, 6].

С развитием научных подходов понимание нестабильности КС начало смещаться в сторону описания функциональных нарушений при повреждении связочного аппарата сустава. Так, G. Bressy и соавт. [7] определяют нестабильность

КС, прежде всего, как функциональный признак без привязки к этиологии заболевания, при этом эпизоды нестабильности КС ощущает и отмечает сам пациент.

H. Voeth [8] описывает пассивную и активную нестабильность. При пассивной нестабильности увеличиваются пассивные переднезадние или медиальные движения голени относительно бедра, а при активной нестабильности данные движения увеличиваются при ходьбе или ряде других движений. Пассивная нестабильность определяется мануально (симптом «переднего выдвигаемого ящика») или инструментально (например, посредством артрометра КТ1000).

Исследования переднезадних движений в КС во время ходьбы посредством систем анализа движений показывают наличие смещений в преде-

лах 30 мм в норме и их значительное уменьшение при повреждении ПКС [9, 10]. Это не единственные исследования, где отмечается именно уменьшение амплитуды смещений или обычных движений в КС. Как отмечено в работе, пациенты с разрывом ПКС используют стратегию ходьбы с уменьшением разгибания коленного сустава [8].

В работе V. Musahl и соавт. [11] описана эластичность как пассивная реакция КС на внешнее усилие или крутящий момент. В здоровом КС капсульно-связочный комплекс работает синергично с мышцами, контролируя амплитуду движений в суставе и обеспечивая стабильность КС, при этом амплитуда движений в нём остаётся в пределах возможных пассивных движений в суставе, предупреждая возможный риск травматизации [9, 12]. В большинстве случаев после травматизации КС пациент произвольно или непроизвольно воспроизводит мышечную защиту, что затрудняет возможность исследования не только эластичности КС, но и амплитуды движений в нём [13].

Пациенты могут воспринимать свой КС как нестабильный только в том случае, если сустав оказывается подкосонеустойчивым в период опоры [11]. Даже те пациенты, которые считают себя «стабильными», иногда испытывают эпизоды «нестабильности» во время занятий спортом [5]. И наоборот, не все люди с клинически нестабильными КС испытывают эпизоды нестабильности даже во время активных занятий спортом. Таким образом, неудивительно, что клинические и функциональные результаты, включая возникновение нестабильности, о которой сообщают пациенты, плохо или слабо коррелируют с показателями эластичности [14–18]. Имеются сообщения об изменённых ротационных и поступательных движениях КС и смещении областей суставного контакта во время функциональной активности после реконструкции ПКС, а также о повреждении ПКС без существенных симптомов [19–22].

В ортопедическом сообществе термины «нестабильность коленного сустава» и «разрыв передней крестообразной связки коленного сустава» используются, как правило, в качестве синонима нестабильности. Кроме этого, используется биомеханическая или клиническая терминология для описания нестабильности КС. Так, например, M.J. Cross [23] по-своему определяет следующие термины: эластичность или гибкость — это изменённая амплитуда движения сустава в пределах ограничений его связок; физиологическая эластичность, или гибкость, подразумевает отсутствие

патологического растяжения связок КС; патологическая эластичность, или гибкость, означает растяжение связочного аппарата КС в результате травмы; нестабильность КС — это жалоба пациента на то, что он теряет опору из-за подвывиха КС с патологической эластичностью.

Существует также лингвистическая проблема. В научной литературе на английском и французском языках используемые термины «instability» и «laxity» не совсем точно можно перевести на русский язык. В результате можно отметить, что термин «нестабильность» может применяться избыточно широко.

Цель исследования — выяснить, насколько часто и каким образом в периоды как до реконструкции ПКС, так и после неё происходят эпизоды нестабильности КС.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено наблюдательное, одноцентровое, выборочное, неконтролируемое исследование.

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты мужского и женского пола в возрасте от 18 до 65 лет; повреждение ПКС в анамнезе, подтверждённое методом магнитно-резонансной томографии; первичный или посттравматический остеоартроз КС 0–II стадии по Келлгрэн–Лоуренсу (Kellgren–Lawrence).

Критерии исключения: возраст пациентов младше 18 лет и старше 65 лет; повреждение других связок в КС; остеохондральные дефекты КС; первичный или посттравматический остеоартроз одного или обоих КС III–IV стадии по Kellgren–Lawrence; повреждение или остеоартроз любого голеностопного сустава III–IV стадии по Kellgren–Lawrence; повреждение или остеоартроз любого тазобедренного сустава III–IV стадии по Kellgren–Lawrence; хронические воспалительные заболевания опорно-двигательного аппарата (такие как подагра, псевдоподагра, ревматоидный артрит, параинфекционный или инфекционный артрит) и состояния после этих заболеваний; мозаичная хондропластика повреждённого КС в анамнезе; заболевания позвоночника, приводящие к значительному нарушению самостоятельного передвижения пациента.

Условия проведения

Исследование, проведённое в ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, охватывает пациентов, пролеченных в период 2009–2023 годов.

Описание вмешательства

Проведено исследование с участием 433 пациентов с верифицированным разрывом ПКС, из них артроскопическая реконструкция ПКС выполнена в 297 (68,6%) случаях. Возраст пациентов: минимальный — 20 лет, максимальный — 62 года, средний — 38 лет 9 месяцев. Период времени от операции до анкетирования составил в среднем 78,3 месяца (6,5 лет), при этом минимальный период составил 8 месяцев, максимальный — 155 месяцев (12 лет 10 месяцев).

У пациентов ($n=433$), обследованных после травмы КС и до хирургического лечения, наличие эпизодов нестабильности повреждённого КС определяли на основании опроса.

Для изучения феномена нестабильности в отдалённые сроки после реконструкции ПКС нами была разработана специальная анкета, которая включала 33 вопроса, 11 из них, имеющих отношение к тематике нестабильности КС, проанализированы в данной работе.

Анкеты были разосланы 294 пациентам из 297 прооперированных. Результаты получены от 71 пациента (из них 50 мужчин и 21 женщина). На отдельные вопросы пациенты давали либо более одного ответа, либо ни одного, что объясняет неравное количество вопросов и ответов в нашем исследовании. Другими причинами несоответствия количества ответов являются различные сроки после травмы до обращения в клинику для консультации; протокол реабилитации как после травмы, так и после хирургического лечения; использование или неиспользование средств иммобилизации КС и дополнительных средств опоры (некоторые пациенты использовали костыли и ортезы, другие же обошлись без них).

Этическая экспертиза

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации с получением письменного согласия пациента на участие в исследовании, одобрено независимым междисциплинарным комитетом по этической экспертизе клинических исследований (Протокол от 26.01.2021 государственного задания от 01.01.2021, шифр темы «Биомеханика-нестабильность»).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Проведено исследование с участием 433 пациентов с верифицированным разрывом ПКС. Сред-

ний возраст пациентов составил 38,5 лет. Самому молодому пациенту было 18, самому старшему — 65 лет. Мужчин было 292 (67,4%) человека, женщин — 141 (32,6%). Минимальный рост пациентов составил 153 см, максимальный — 198 см (средний рост 175 см); минимальная масса тела — 44 кг, максимальная — 145 кг (средняя масса тела 80,4 кг).

По механизму травмы распределение было следующим: 8 (2%) пациентов эпизод травмы не помнили, 369 (85,1%) получили травму непрямого типа, 56 (12,9%) — прямую травму КС. Повредили правый КС 232 (53,6%), пациента, 197 (45,5%) — левый КС, оба КС были повреждены у 4 (0,9%).

Основные результаты исследования

В группе из 433 пациентов с верифицированным разрывом ПКС ощущение неустойчивости в КС испытывали 333 (76,9%) пациента, не испытывал ощущения неустойчивости 81 (18,8%) пациент, затруднились ответить — 19 (4,3%).

От 71 пациента из группы опрошенных ($n=71$) получены следующие ответы:

1. Был ли у Вас эпизод травмы коленного сустава:
 - a) да — 64 (90,1%);
 - b) нет — 4 (5,7%);
 - c) не могу вспомнить — 3 (4,2%).
2. Травма коленного сустава произошла в результате:
 - a) подворачивания (подгибания) в коленном суставе — 57 (80,3%);
 - b) прямого удара в область коленного сустава или около него — 9 (12,7%);
 - c) не могу вспомнить — 5 (7,0%).
3. Испытывали ли Вы ощущение неустойчивости в коленном суставе сразу после травмы:
 - a) да — 47 (66,1%);
 - b) нет — 7 (9,8%);
 - c) не помню — 10 (14,0%);
 - d) не пробовал наступать на ногу — 6 (8,4%).
4. Как долго Вы испытывали ощущение неустойчивости в коленном суставе после первичной травмы:
 - a) до недели — 11 (15,4%);
 - b) до двух недель — 9 (12,6%);
 - c) до месяца — 15 (21,1%);
 - d) до года — 6 (8,4%);
 - e) до операции — 11 (15,4%).
5. При повторном ощущении неустойчивости в коленном суставе, при «вылетании коленного сустава», какие ощущения еще Вы испытывали:
 - a) боль — 38 (53,5%);
 - b) страх падения — 24 (33,8%);

- с) заклинивание сустава — 13 (18,3%);
 d) не было неприятных ощущений — 12 (16,9%).
6. Как часто происходили эпизоды неустойчивости в коленном суставе (до операции):
 а) никогда — 23 (32,4%);
 б) один раз в год или несколько лет — 4 (5,6%);
 в) несколько раз в году — 12 (16,9%);
 г) несколько раз в месяц — 13 (18,3%);
 е) ежедневно — 8 (11,3%).
7. Можете ли Вы самостоятельно спровоцировать «вылетание, подворачивание» в коленном суставе (до операции):
 а) да — 9 (12,6%);
 б) нет — 57 (80,3%).
8. Ощущение неустойчивости в коленном суставе возникает всегда неожиданно:
 а) да — 37 (52,1%);
 б) нет — 8 (11,3%);
 в) не возникает — 15 (21,3%).
9. Возможно ли, на Ваш взгляд, предупредить эпизоды неустойчивости, «вылета» коленного сустава:
 а) да — 30 (42,3%);
 б) нет — 30 (42,3%);
 в) не знаю — 1 (1,4%).
10. Что помогает предупреждать «подворачивание колена»:
 а) ничего — 28 (39,4%);
 б) закачивание мышц — 7 (9,8%);
 в) ортез — 10 (14,0%);
 г) покой — 5 (7,0%);
 д) внимание и контроль движения — 11 (15,5%).
11. Отмечали ли Вы ощущение неустойчивости в коленном суставе после операции:
 а) да — 19 (26,7%);
 б) нет — 51 (71,8%).

При этом на уточняющий вопрос, через какой промежуток времени после операции возникало повторное ощущение неустойчивости в коленном суставе, давались различные ответы (в диапазоне от 3 месяцев до 5 лет).

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы можем констатировать, что ощущение неустойчивости КС возникает в большинстве случаев сразу после эпизода первичной травмы сустава, и эта субъективная неустойчивость сохраняется в различные сроки после травмы. Неустойчивость при остром повреждении ПКС сохраняется в 2/3 случаев в течение месяца после травмы. У отдельных пациентов неустойчивость КС сохраня-

лась до года, а то и до проведённого хирургического лечения. Таким образом, мы можем утверждать, что неустойчивость КС является феноменом, проявляющимся или не проявляющимся у разных пациентов; кроме того, неустойчивость КС субъективно изменяется с течением времени и в связи со степенью физической нагрузки.

Важным фактом является и то, что разрыв ПКС не всегда даёт ощущение неустойчивости в КС, следовательно, не является синонимом неустойчивости КС. Таким образом, даже у пациентов с верифицированным полным разрывом ПКС разрыв этой связки не равен состоянию неустойчивости. Более того, неустойчивость у большинства пациентов с полным разрывом ПКС проявляется не как состояние, а как случайное, непредсказуемое событие.

Подавляющее большинство пациентов (87%) не могут самостоятельно спровоцировать ощущение неустойчивости в КС, при этом среди небольшого числа пациентов, способных это выполнить, большинство отказалось бы выполнить это упражнение по причине значительного дискомфорта или болезненности после эпизода провоцирования неустойчивости КС.

Важным обстоятельством выявления клинической неустойчивости КС являются именно субъективные ощущения пациента, которые возникают во время физической активности и только в момент, когда конечность нагружена (период моноподальной опоры). Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что неустойчивость КС возникает не во время каждого шага или прыжка, а очень эпизодически. Даже если предположить, что человек проходит в день минимально 5000 шагов, то возникновение неустойчивости КС в пересчёте на проценты от количества шагов во время ходьбы или бега маловероятно, однако сам факт неустойчивости КС существенно влияет на физическую активность.

Результаты представленного исследования подтверждаются данными других авторов. Так, пациенты, не испытывающие неустойчивости КС и способные бессимптомно возобновить все виды деятельности до травмы ПКС, включая занятия спортом на высоком уровне, составляют менее 14% всей популяции пациентов с дефицитом ПКС [24, 25]. Таким образом, существует достаточно большая категория лиц с верифицированным разрывом ПКС, которые не испытывают симптомов неустойчивости.

На основании проведённого исследования мы можем предложить другое определение неустойчивости КС: это патологическое функциональ-

ное состояние, возникающее при физиологической моноподалной нагрузке (период опоры) и сопровождающееся значительным и моментальным снижением опороспособности конечности. В данном определении необходимо подчеркнуть несколько деталей. В первую очередь, что нестабильность КС — это, прежде всего, функциональное состояние. Данное состояние имеет собственную динамику, и с течением времени количество эпизодов нестабильности склонно к уменьшению. Насколько на это влияют изменения физической активности, целенаправленные тренировки, применение внешних приспособлений, ещё предстоит выяснить.

Нестабильность КС — это патологическое состояние, которое само по себе является фактором риска для возникновения повторных травм КС, что может повлечь за собой дополнительные повреждения сустава. Нестабильность КС возникает именно в период опоры на одну конечность, что может происходить при ходьбе, прыжках или беге. В подавляющем большинстве случаев данный феномен нестабильности КС происходит произвольно, что указывает на возможную рефлекторную природу происходящего. Феномен нестабильности КС не является синонимом разрыва ПКС. После реконструкции ПКС феномен нестабильности также может иметь место.

Интересен и сам факт, что не все пациенты могут отметить момент травмы. Даже если имела место травма КС, 10% пациентов не отмечают развития нестабильности сразу же после травмы. Длительность ощущения неустойчивости в КС после травмы вариабельна — от одной недели до года и более. Сам момент нестабильности («вылетания») сустава более чем в половине случаев сопровождается болевым синдромом, при этом у 12% опрошенных боль отсутствует. До 1/3 опрошенных никогда не отмечали эпизодов неустойчивости в КС до хирургической реконструкции, но у 11% такие эпизоды были ежедневными, при этом у большинства из них — всегда неожиданными. Никак не могли предупредить эпизод нестабильности 40% опрошенных.

Ограничения исследования

Отмечались традиционные ограничения для анкетных исследований, несколько осложнённые попыткой ряда опрашиваемых дать ответы за пределами предложенных опций. Определённые трудности вызвало само рассматриваемое понятие нестабильности, которое пациенты определяли для себя каждый по-своему. По этой причине в вопро-

сах предлагались формулировки, наиболее часто используемые самими пациентами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, бытующее в среде ортопедов отношение к тому, что разрыв ПКС равен нестабильности КС, требует коррекции, как и отношение к нестабильности как к некоторому патологическому состоянию, а не кратковременному эпизоду, развивающемуся в период опоры цикла шага и приводящему к подкосонеустойчивости поражённого КС.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Государственное задание — «Биомеханика-нестабильность».

Вклад авторов. А.А. Ахпашев — дизайн, проведение исследования, обработка и обсуждение результатов, написание текста; Д.В. Скворцов — дизайн, обработка и обсуждение результатов исследования, написание текста. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The study had no sponsorship.

Competing interests. This work was supported by funding “Biomechanics-instability”.

Authors' contribution. A.A. Akhpashev — design, processing of research, processing and discussion of the results of the study, writing the text of the article; D.V. Skvortsov — design, processing and discussion of the results of the study, writing the text of the article. The authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Fu FH, van Eck CF, Tashman S, et al. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: A changing paradigm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(3):640–648. doi: 10.1007/s00167-014-3209-9
2. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, et al. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004;22(1):85–89. doi: 10.1016/S0736-0266(03)00133-5

3. Hasegawa T, Otani TF, Takeda KF, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction does not fully restore normal 3d knee kinematics at 12 months during walking and walk-pivoting: A longitudinal gait analysis study. *J Appl Biomech*. 2015;31(5):330–339. doi: 10.1123/jab.2014-0175
4. McCluskey G, Blackburn TA. Classification of knee ligament instabilities. *Physical Therapy*. 1980;60(12):1575–1577. doi: 10.1093/ptj/60.12.1575
5. Zaffagnini S, Roberti T, Sarsina D, et al. Rotatory Knee Instability. UPMC Center for Sports Medicine, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2017. 331 p. doi: 10.1007/978-3-319-32070-0_28
6. Lohmander LS, Ostenberg 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. doi: 10.1002/art.20589
7. Bressy G, Lustig S, Neyret P, Servien E. Instabilités du genou. *EMC Appareil locomoteur*. 2015;10(4):1–16. doi: 10.1016/S0246-0521(15)66293-3
8. Boeth H. Evaluation and characterization of knee joint instability in ACL deficient patients. Berlin, 2013. doi: 10.14279/DEPOSITONCE-3827
9. Andriacchi TP, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech*. 2005;38(2):293–298. doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.02.010
10. Gao B, Zheng NN. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees during walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010;25(3):222–229. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.11.006
11. Musahl V, Hoshino Y, Becker R, Karlsson J. Rotatory knee laxity and the pivot shift. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(4):601–602. doi: 10.1007/s00167-011-1844-y
12. Morooka TA, Hamai S, Miura H, et al. Dynamic activity dependence of in vivo normal knee kinematics. *J Orthop Res*. 2008;26(4):428–434. doi: 10.1002/jor.20488
13. Van Eck CF, van den Bekerom MP, Fu FH, et al. Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(8):1895–1903. doi: 10.1007/s00167-012-2250-9
14. Barber SD, Noyes FR, Mangine RE, et al. Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;(255):204–214.
15. Cross MJ, Wootton JR, Bokor DJ, Sorrenti SJ. Acute repair of injury to the anterior cruciate ligament. A long-term followup. *Am J Sports Med*. 1993;21(1):128–131. doi: 10.1177/036354659302100121
16. Harter RA, Osternig LR, Singer KM, et al. Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1988;16(5):434–443. doi: 10.1177/036354658801600502
17. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, et al. Relationships between objective assessment of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2004; 32(3):629–634. doi: 10.1177/0363546503261722
18. Seto JL, Orofino AS, Morrissey MC, et al. Assessment of quadriceps/hamstring strength, knee ligament stability, functional and sports activity levels five years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1988; 16(2):170–180. doi: 10.1177/036354658801600215
19. Goyal K, Tashman S, Wang JH, et al. In vivo analysis of the isolated posterior cruciate ligament-deficient knee during functional activities. *Am J Sports Med*. 2012;40(4):777–785. doi: 10.1177/0363546511435783
20. Tashman S, Araki D. Effects of anterior cruciate ligament reconstruction on in vivo, dynamic knee function. *Clin Sports Med*. 2013;32(1):47–59. doi: 10.1016/j.csm.2012.08.006
21. Tashman S, Collon D, Anderson K, et al. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2004;32(4):975–983. doi: 10.1177/0363546503261709
22. Tashman S, Kolowich P, Collon D, et al. Dynamic function of the ACL-reconstructed knee during running. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;(454):66–73. doi: 10.1097/BLO.0b013e31802bab3e
23. Cross MJ. Clinical terminology for describing knee instability. *Sports Med Arthroscopy Rev*. 1996;(4):313–318.
24. Rudolph KS, Axe MJ, Buchanan TS, et al. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001;9(2):62–71. doi: 10.1007/s001670000166
25. Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Effect of dynamic stability on a step task in ACL deficient individuals. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(5):565–575. doi: 10.1016/j.jelekin.2004.03.002

ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

Ахпасhev Александр Анатольевич, к.м.н.;
адрес: Россия, 115682, Москва, Ореховый б-р, д. 28;
ORCID: 0000-0002-2938-5173;
eLibrary SPIN: 9965-1828; e-mail: akhпасhev@gmail.com

Соавтор:

Скворцов Дмитрий Владимирович, д.м.н., профессор;
ORCID: 0000-0002-2794-4912;
eLibrary SPIN: 6274-4448; e-mail: dskvorts63@mail.ru

AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

Alexander A. Akhпасhev, MD, PhD;
address: 28 Orekhovy boulevard, 115682 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-2938-5173;
eLibrary SPIN: 9965-1828; e-mail: akhпасhev@gmail.com

Co-author:

Dmitry V. Skvortsov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0002-2794-4912;
eLibrary SPIN: 6274-4448; e-mail: dskvorts63@mail.ru