

Анатомические предикторы повреждения заднего корня медиального мениска

А.В. Павлов¹, А.И. Бикташев², М.Д. Джурджевич³, А.Г. Евсюков², С.А. Недосекин³,
Д.И. Сучков¹, Д.А. Смирнов¹

¹ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»
Минздрава России, Рязань, Россия

²Медицинский центр ЕЛАМЕД, Рязань, Россия

³ГБУ РО «Областная клиническая больница», Рязань, Россия

АННОТАЦИЯ

В в е д е н и е . В условиях увеличения заболеваемости остеоартритом коленного сустава особое значение приобретает определение предикторов, способствующих развитию этой патологии. Повреждение менисков, в том числе их корней, предрасполагает к прогрессированию остеоартрита, в связи с чем выявление таких повреждений является актуальным.

Ц е л ь . Выявить морфологические особенности структурных элементов нижней конечности при повреждении заднего корня медиального мениска.

М а т е р и а л ы и м е т о д ы . В исследование включены 100 пациентов (средний возраст – 50,5 года), которых разделили на две группы: группа А – 50 пациентов с достоверными признаками повреждения корня мениска по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ); группа Б – 50 пациентов без значимых повреждений хряща, менисков и связок коленного сустава. Оценены и проанализированы морфометрические показатели коленного сустава по данным МРТ (ширина и индекс вырезки бедренной кости, наклон заднего края медиального мыщелка большеберцовой кости, вогнутость суставной поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости, изгиб и наклон суставной поверхности мыщелков бедренной кости, высота межмыщелковых бугорков большеберцовой кости).

Р е з у л ь т а т ы . У пациентов группы А выявлены более узкая межмыщелковая вырезка бедренной кости и увеличенный задний наклон медиального мыщелка большеберцовой кости ($p \leq 0,05$), а также склонность к уплощению и увеличению мыщелков бедренной и большеберцовой костей по сравнению с аналогичными показателями группы Б. При сравнении высоты межмыщелковых бугорков большеберцовой кости в группах исследования корреляции не установлены. В межмыщелковой вырезке выявлены остеофиты (в 90 % случаев), один соответствовал области прикрепления передней менискобедренной связки латерального мениска (средние показатели длины – 2,5 мм), второй – области прикрепления задней менискобедренной связки латерального мениска (средние показатели длины – 2,7 мм).

З а к л ю ч е н и е . Выявленные анатомические особенности (сужение межмыщелковой вырезки, уплощение суставной поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости и увеличение наклона его заднего края), а также значимая роль индексного соотношения длин медиальных мыщелков большеберцовой и бедренной костей имеют существенное значение и могут служить дополнительным диагностическим критерием в выявлении повреждения заднего корня медиального мениска.

Ключевые слова: коленный сустав, отрыв корня мениска коленного сустава, МРТ-диагностика отрыва корня мениска.

Образец цитирования: Павлов А.В., Бикташев А.И., Джурджевич М.Д., Евсюков А.Г., Недосекин С.А., Сучков Д.И., Смирнов Д.А. Анатомические предикторы повреждения заднего корня медиального мениска // Journal of Siberian Medical Sciences. 2026;10(2):92-103. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-2-92-103

Поступила в редакцию 06.02.2026
Прошла рецензирование 17.03.2026
Принята к публикации 06.04.2026

Автор, ответственный за переписку
Бикташев Аделъ Ильясович: Медицинский центр ЕЛАМЕД, 390029,
г. Рязань, ул. Высоковольтная, 48, лит. А.
E-mail: adel.biktashev.90@mail.ru

Received 06.02.2026
Revised 17.03.2026
Accepted 06.04.2026

Corresponding author
Adel I. Biktashev: Medical Center ELAMED, 48, A, Vysokovoltnaya str.,
Ryazan, 390029, Russia.
E-mail: adel.biktashev.90@mail.ru

Anatomical predictors of medial meniscus posterior root tear

A.V. Pavlov¹, A.I. Biktashev², M.D. Djurdjevich³, A.G. Evsyukov², S.A. Nedosekin³, D.I. Suchkov¹, D.A. Smirnov¹

¹Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

²Medical Center ELAMED, Ryazan, Russia

³Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russia

ABSTRACT

I n t r o d u c t i o n . In the context of an increased incidence of knee osteoarthritis, the identification of factors, contributing to the development of this pathology is of particular importance. Meniscal injury, including the injury of their roots, predisposes to the progression of osteoarthritis. In this regard, it is especially important to identify these factors.

A i m . To identify morphological features of the structural elements of the lower limb in the injury of the medial meniscus posterior root.

M a t e r i a l s a n d m e t h o d s . The study included 100 patients (mean age: 50,5 years), who were divided into two groups: group A – 50 patients with confirmed signs of meniscal root injury according to the data of magnetic resonance imaging (MRI); group B – 50 patients without significant damage to the cartilage, menisci, or ligaments of the knee joint. Morphometric parameters of the knee joint were evaluated and analyzed based on the MRI data (width and index of the femoral intercondylar notch, posterior slope of the medial tibial condyle, concavity of the articular surface of the medial tibial condyle, curvature and slope of the articular surface of the femoral condyles, height of the tibial intercondylar tubercles).

R e s u l t s . In patients of group A, a narrower femoral intercondylar notch and an increased posterior slope of the tibial medial condyle were identified ($p \leq 0,05$), as well as a tendency toward flattening and enlargement of femoral and tibial condyles compared to the same parameters in group B. When comparing the height of the tibial intercondylar tubercles between the studied groups, no correlation was found. Osteophytes were identified in the intercondylar notch (in 90% of cases), first corresponded to the attachment area of the anterior menisiofemoral ligament of the lateral meniscus (mean height: 2,5 mm), and the second – to the attachment area of the posterior menisiofemoral ligament of the lateral meniscus (mean height: 2,7 mm).

C o n c l u s i o n . The anatomical features identified (intercondylar notch narrowing, flattening of the articular surface of the tibial medial condyle, and an increased slope of its posterior edge), as well as the significant role of the ratio of the heights of the femoral and tibial medial condyles, are of considerable importance and may be used as an additional diagnostic criterion for detection of medial meniscus posterior root tear.

Keywords: knee joint, meniscal root tear of the knee joint, MRI diagnosis of meniscal root tear.

Citation example: Pavlov A.V., Biktashev A.I., Djurdjevich M.D., Evsyukov A.G., Nedosekin S.A., Suchkov D.I., Smirnov D.A. Anatomical predictors of medial meniscus posterior root tear. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2026;10(2):92-103. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-2-92-103

ВВЕДЕНИЕ

Артроскопическая хирургия коленного сустава активно развивается, появляются новые фиксаторы и имплантаты, активно совершенствуются оперативные методики. Несмотря на это, наиболее частой артроскопической операцией во всем мире остается менискэктомия [1, 2]. Однако современные литературные данные свидетельствуют о неудовлетворительных результатах таких операций не только в клиническом аспекте, но и в экономическом [3]. Реконструктивные же операции, направленные на восстановление анатомических элементов коленного

INTRODUCTION

Arthroscopic knee surgery is actively evolving, with new fixators and implants emerging, and surgical techniques being continuously refined. Nevertheless, meniscectomy continues to be the most frequently performed arthroscopic surgery worldwide [1, 2]. However, current literature data indicate unsatisfactory results of such interventions, not only from a clinical perspective but also from an economic one [3]. Reconstructive surgeries aimed at restoring the anatomical structures of the knee joint, including meniscal root repair, demonstrate excellent long-term outcomes [4].

сустава, в том числе шов корня мениска, показывают очень хорошие отдаленные результаты [4].

Основная каркасная структура мениска, обеспечивающая его механическую жесткость – циркулярные коллагеновые волокна. Они расположены преимущественно в паракапсулярной зоне мениска. Корни мениска являются прямым продолжением этих циркулярных волокон, они фиксируются к плато большеберцовой кости, обеспечивая мениску прочную основу, за счет которой он может распределять осевую нагрузку [5].

При отрыве корня мениска происходит экструзия мениска, он выдавливается из щели сустава кнаружи, кзади и кпереди, обнажая мыщелок большеберцовой кости [6], вследствие чего нагрузка на хрящ и субхондральную кость превышает их механическую прочность, наступает срыв адаптации этих структур. Повреждению корня мениска часто сопутствуют такие патологические состояния, как субхондральный стресс, перелом и спонтанный остеонекроз коленного сустава [7–9]. В более отсроченном периоде прогрессирует остеоартрит, и развивается он достаточно быстро [10].

Артроскопический шов корня мениска – единственный метод, позволяющий восстановить поврежденные структуры корня мениска и вернуть его функцию. Методика восстановления корня мениска описана в клинических рекомендациях «Повреждение корня мениска коленного сустава» 2024 г. и рекомендована как операция выбора [11].

Золотым стандартом в диагностике повреждения корня мениска является магнитно-резонансная томография (МРТ). В литературе описано много морфометрических предикторов, сопутствующих отрыву корня мениска. Так, например, медиальная экструзия мениска при варусной деформации увеличивает нагрузку на хрящ бедренной кости в 3,96 раза, большеберцовой кости – в 3,52 раза [12]. Увеличенный медиальный наклон большеберцовой кости (угол МРТА) повышает риск отрыва заднего корня медиального мениска и способствует экструзии мениска. Экструзия медиального мениска более 4 мм считается критической [13]. Увеличенный задний наклон плато большеберцовой кости и увеличенный мыщелок бедренной кости способствуют костному импиджменту и повышают вероятность повреждения мениска [14]. Варусная деформация коленного сустава увеличивает риск остеоартроза с преимущественным поражением медиальных отделов в 3,5 раза [15]. Узкая межмышцел-

The main framework structure of the meniscus that provides its mechanical stiffness is the circumferential collagen fibers. They are located predominantly in the paracapsular zone of the meniscus. The meniscal roots are a direct continuation of these circumferential fibers, they attach to the tibial plateau, providing the meniscus with a strong foundation that enables it to distribute axial load [5].

In the case of meniscal root tear, extrusion of the meniscus occurs: the meniscus is squeezed out of the joint space outward, backward and forward, exposing the tibial condyle [6], as a result of which the load on the cartilage and subchondral bone exceeds their mechanical strength, and the adaptation breakdown of these structures occurs. Meniscal root damage is often accompanied by such pathological conditions as subchondral stress, fracture and spontaneous osteonecrosis of the knee [7–9]. In the longer term, osteoarthritis progresses and develops fairly rapidly [10].

Arthroscopic meniscal root repair is the only method that allows for restoration of the meniscal root structures injured and its function recovery. The meniscal root repair technique is described in the clinical guidelines “Injury of the Knee Joint Meniscus” (2024) and is recommended as the operation of choice [11].

The gold standard for diagnosing meniscal root injury is magnetic resonance imaging (MRI). Numerous morphometric determinants associated with meniscal root avulsion have been described in the literature. For example, medial meniscal extrusion in varus deformity increases the load on the femoral cartilage by 3,96 times, and on the tibial cartilage – by 3,52 times [12]. An increased medial posterior tibial slope angle (MPTSA) raises the risk of posterior medial meniscus root tear and contributes to meniscal extrusion. Medial meniscal extrusion exceeding 4 mm is considered critical [13]. Increased posterior tibial plateau slope and increased femoral condyle size contribute to osseous impingement and increase the likelihood of meniscal injury [14]. Varus deformity of the knee joint increases the risk of osteoarthritis with predominant involvement of medial compartments by 3,5 times [15]. A narrow femoral intercondylar notch contributes to medial meniscal injury [16].

The results of these studies demonstrate how important it is to identify anatomical predictors of injury of meniscal structures, which makes further research on this topic relevant.

AIM OF THE RESEARCH

To identify morphological features of the structural elements of the lower limb in medial meniscus posterior root tear.

ковая вырезка бедренной кости способствует повреждению медиального мениска [16].

Результаты данных исследований показывают, как важно выявить анатомические предикторы повреждения структур мениска, в связи с чем их дальнейшее изучение представляется актуальной темой.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить морфологические особенности структурных элементов нижней конечности при повреждении заднего корня медиального мениска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 100 пациентов (средний возраст – 50,5 года), которых разделили на две группы: группа А – 50 пациентов с достоверными признаками повреждения корня мениска по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ); группа Б – 50 пациентов без значимых повреждений хряща, менисков и связок коленного сустава. Критерии включения: наличие достоверных признаков повреждения медиального корня мениска по данным МРТ, возраст более 18 лет, наличие информированного согласия на участие в исследовании. Критерии исключения: возраст менее 18 лет и более 80 лет, наличие злокачественных новообразований, беременность на любом сроке, отсутствие информированного согласия на участие в исследовании. Средний возраст пациентов – 50,5 года. В каждой группе доля мужчин составляла 30 %, женщин – 70 %. Всем пациентам проведено МРТ-исследование коленного сустава в стандартных последовательностях на одном томографе Philips Achieva (Нидерланды) (1,5 Тл). В статье использованы обезличенные клинические данные пациентов в соответствии с подписанным ими информированным согласием. Исследование проведено с разрешения локального этического комитета Рязанского медицинского университета (протокол № 5 от 10.11.2025).

В группе А выявлены следующие признаки и симптомы повреждения заднего корня медиального мениска:

- радиальный разрыв в корональной плоскости – 47 случаев (94 %);
- радиальный разрыв в аксиальной плоскости – 42 случая (84 %);
- симптом «призрака» мениска – 40 случаев (80 %);
- симптом экструзии медиального мениска – 50 случаев (100 %);

MATERIALS AND METHODS

The study included 100 patients (mean age: 50,5 years), who were divided into two groups: group A – 50 patients with confirmed signs of meniscus root tear according to the results of MRI; group B – 50 patients without significant damage to the cartilage, menisci, or ligaments of the knee joint. Inclusion criteria: presence of confirmed signs of medial meniscus root tear based on MRI findings, age over 18 years, and provision of informed consent to participate in the study. Exclusion criteria: age under 18 years or over 80 years, presence of malignant neoplasms, pregnancy at any gestational age, and lack of informed consent to participate in the study. The mean age of the patients was 50,5 years. In each group, the proportion of men was 30%, and that of women was 70%. All patients underwent MRI of the knee joint using standard sequences on the same Philips Achieva (Netherlands) 1,5 T MRI system. This article uses anonymized clinical data of patients in accordance with their signed informed consent. The study was conducted with the approval of the Local Ethics Committee of Ryazan Medical University (Protocol No. 5 dated 10.11.2025).

In group A, the following signs and symptoms of posterior medial meniscal root injury were identified:

- radial tear in the coronal plane – 47 cases (94%);
- radial tear in the axial plane – 42 cases (84%);
- ghost sign of the meniscus – 40 cases (80%);
- medial meniscal extrusion – 50 cases (100%);
- posterior medial meniscal extrusion (less than 3 mm) – 48 cases (96%).

MR image viewing was performed using Vidar DICOM Viewer 3.3 software.

The width and index of the intercondylar notch were determined according to the method of Domzalski et al. [17]. The width of the condyles was measured using coronal T2-weighted images at the level of the crossing of the anterior and posterior cruciate ligaments. A line that is parallel to the joint space was drawn through the lower border of the femoral condyles. The distance between the lateral and the medial condyle (AD) was measured, as well as the distance from the medial edge of the medial condyle to the medial edge of the lateral femoral condyle (BC). The intercondylar notch index is presented as BC/AD.

The posterior tibial slope was determined according to the method of Hudek et al. [18]. In the sagittal plane, at the level of the posterior cruciate ligament attachment, a first circle was drawn that touched to

- симптом задней экструзии медиального мениска (менее 3 мм) – 48 случаев (96 %).

Для просмотра МРТ использовали программу Vidar Dicom Viever 3.3.

Ширина и индекс межмышцелковой вырезки определялись по методике, предложенной М. Domzalski et al. [17]. Ширину мышцелков измеряли в корональной проекции в режиме T2 на уровне пересечения передней и задней крестообразных связок. Через нижнюю границу мышцелков бедренной кости проводилась линия, параллельная суставной щели. Измеряли расстояние от наружного до внутреннего мышцелка (AD), а также расстояние от внутреннего края медиального мышцелка до внутреннего края латерального мышцелка бедренной кости (BC). Индекс межмышцелковой вырезки представлен в виде BC/AD.

Задний наклон большеберцовой кости определяли по методу R. Hudek et al. [18]. В сагиттальной проекции на уровне прикрепления задней крестообразной связки был нарисован первый круг, касающийся проксимального, переднего и заднего краев большеберцовой кости, а затем второй круг, ограниченный спереди и сзади кортикальной костью диафиза большеберцовой кости, ниже первого круга. Проводилась продольная ось по центрам двух кругов. Задний наклон плато большеберцовой кости определяли как угол между линией, проведенной по медиальному плато, и линией, перпендикулярной продольной оси большеберцовой кости.

Вогнутость медиального плато оценивали в сагиттальной проекции по методике А.М. Kiarour et al. [19] как расстояние между линией, соединяющей передний и задние края большеберцовой кости, и его самой глубокой точкой.

Изгиб суставной поверхности медиального мышцелка бедренной кости измеряли в корональной плоскости. Проводили линию по краю хряща. Затем измеряли расстояние от этой линии до наиболее отдаленной точки хряща.

Наклон суставной поверхности мышцелков бедренной кости определяли в корональной проекции в режиме T1 на уровне перекреста крестообразных связок. Одну линию проводили по уровню суставной поверхности одного из мышцелков, другую линию – по уровню суставной щели плато большеберцовой кости. Измеряли углы между этими линиями.

Максимальные передне-задние размеры мышцелков бедренной и большеберцовой костей определяли по методике V. Musahl et al. [20] в сагиттальной проекции в режиме T1. Определяли срез с наибольшей длиной медиального мышцелка

the proximal, anterior, and posterior edges of the tibia, then a second circle was drawn, bounded anteriorly and posteriorly by the cortical bone of the tibial diaphysis, below the first circle. A longitudinal axis was drawn through the centers of the two circles. The posterior tibial plateau slope was defined as the angle between a line drawn along the medial plateau and a line that is perpendicular to the longitudinal axis of the tibia.

The concavity of the medial plateau was assessed on sagittal images according to the method of Kiarour et al. [19] as the distance between a line connecting the anterior and posterior edges of the tibia and its deepest point.

The curvature of the articular surface of the medial femoral condyle was measured in the coronal plane. A line was drawn along the cartilage edge. Then, the distance from this line to the most distant point of the cartilage was measured.

The slope of the articular surface of the femoral condyles was determined using coronal T1-weighted images at the level of the cruciate ligament crossing. One line was drawn at the level of the articular surface of one of the condyles, and the other line was drawn at the level of the joint space of the tibial plateau. The angles between these lines were measured.

The maximum anteroposterior dimensions of the femoral and tibial condyles were determined according to the method of Musahl et al. [20] from sagittal T1-weighted images. The slice with the greatest diameter of the medial femoral condyle and the medial tibial condyle was identified.

The height of the tibial intercondylar tubercles was measured according to the method of P. Wang. A line was drawn along the level of the tibial articular surface, and the distance from this line to the highest point of each tubercle was measured.

Statistical data processing was performed using Microsoft Excel. The distribution of the variables was assessed using the Shapiro-Wilk test, and the data were distributed non-normally. Data are presented as Me [Q1; Q3]. The non-parametric Mann-Whitney *U*-test was used to compare two independent samples. The critical significance level (*p*) was set at 0,05.

RESULTS AND DISCUSSION

The morphometric parameters of the knee joint in the studied groups are presented in Table 1.

Analysis of the MRI scans revealed that patients in group A showed a clear tendency toward a narrow intercondylar notch (Fig. 1), while the width of the femoral and tibial condyles was comparable between

бедренной и медиального мыщелка большеберцовой костей.

Высоту межмыщелковых бугорков большеберцовой кости измеряли по методике Р. Wang. Проводили линию по уровню суставной поверхности большеберцовой кости и измеряли расстояние от нее до наивысшей точки каждого бугорка.

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel. Оценка распределения признака проведена с помощью теста Шапиро – Уилка, данные отличались от нормального распределения. Данные представлены в виде Me [Q1; Q3]. Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический критерий Манна – Уитни (*U*-тест). Критический уровень значимости (*p*) принимали равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфометрические параметры коленного сустава в группах исследования представлены в табл. 1.

При анализе МРТ-снимков выявлено, что у пациентов из группы А наблюдалась явная тенденция к узкой межмыщелковой вырезке (рис. 1), причем ширина мыщелков бедренной и большеберцовой костей была сопоставима по результатам. Индекс межмыщелковой вырезки явно отражает эту тенденцию. Медианные значения индекса вырезки пациентов из группы Б были выше, чем в группе А, на 18 %.

Архитектоника плато большеберцовой кости имеет много особенностей, которые могут способствовать развитию различных патологий. В связи с этим мы измерили несколько параметров. Один из них – нижний наклон заднего края медиального мыщелка большеберцовой кости (рис. 2). В группе А ориентация медиального плато в 80 % случаев имела задненижний наклон. Эта особенность строения может способствовать соскальзыванию медиального мыщелка бедренной кости кзади и повышению нагрузки на задний корень.

Показатели вогнутости медиального мыщелка большеберцовой кости, изгиб суставной поверхности и угол наклона мыщелков бедренной кости в группе А демонстрируют склонность к уплощению. Возможно, это реакция кости на повышенную нагрузку. Согласно закону Вольфа, структура и форма костной ткани постоянно подстраиваются под существующие функциональные нагрузки. Если нагрузка на кость возрастает, она перестраивается так, чтобы лучше выдерживать нагрузку этого типа. Склонность мыщелков бедренной и большеберцовой костей к уплощению

the groups. The intercondylar notch index clearly reflects this tendency. The median values of the intercondylar notch index in patients from group B were 18% higher than those in group A.

The architectural pattern of the tibial plateau has many features that may contribute to the development of various pathologies. In this regard, we measured several parameters. One of them is the lower slope of the posterior edge of the medial tibial condyle (Fig. 2). In group A, the medial plateau orientation demonstrated a posteroinferior slope in 80% of cases. This anatomical feature may contribute to the slipping of the medial femoral condyle posteriorly and lead to an increased load on the posterior root.

The values of the concavity of the medial tibial condyle, articular surface curvature, and femoral condyle slope angle in group A demonstrate a tendency toward flattening. This may be a bone response to increased load. According to Wolff's law, the structure and shape of bone tissue continuously adapt to existing functional loads. When the load on a bone increases, it remodels in such a way as to better withstand that type of load. The tendency toward flattening and enlargement of the femoral and tibial condyles also manifests with the progression of osteoarthritis.

Comparison of the dimensions of the medial femoral and tibial condyles in the sagittal plane and the indices of these parameters revealed that in group A, the dimensions of the femoral condyles clearly predominated over those of the tibial condyles.

Comparison of the height of tibial tubercles between the groups showed no correlation, which is consistent with the literature.

Analysis of the MRI scans in group A revealed osteophytes (Fig. 3) on the medial femoral condyle. In the coronal plane, at the level of the middle of the condyle, an osteophyte was identified (in 90% of cases), located closer to the joint space. In the sagittal plane, this osteophyte is projected slightly anteriorly from the posterior cruciate ligament, at the attachment site of the anterior meniscofemoral ligament of the lateral meniscus (Humphrey's ligament). The mean height of the osteophyte was 2,5 mm. In the axial plane, an osteophyte was detected on the medial femoral condyle in the intercondylar notch. In the sagittal plane, it is located behind the posterior cruciate ligament, near the attachment site of the posterior meniscofemoral ligament of the lateral meniscus (Wrisberg's ligament). The osteophyte was identified in 90% of cases, with a mean height of 2,7 mm.

It is possible that, in the context of varus deformity, the medial compartments of the knee joint experience increased compressive stress, while the

Таблица 1. Морфометрические параметры коленного сустава в группах
Table 1. Morphometric parameters of the knee joint in groups

Параметр Parameter	Группа А Group A	Группа Б Group B	p
Ширина вырезки бедренной кости (incisura femoris) max, мм Width of the femoral notch (incisura femoris) max, mm	16,5 [15,5; 17,0]	19,0 [18,2; 19,9]	0,0240*
Ширина мыщелков бедренной кости в корональной проекции max, мм Width of the femoral condyles in the coronal plane max, mm	71,7 [66,6; 74,0]	69,2 [68,1; 71,1]	0,1498
Индекс вырезки / Notch index	0,22 [0,21; 0,23]	0,27 [0,26; 0,28]	0,0140*
Наклон заднего края медиального мыщелка большеберцовой кости, градусы Slope of the posterior edge of the medial tibial condyle, degrees	3 [1; 5]	1 [0; 1]	0,0078*
Вогнутость суставной поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости, мм Concavity of the articular surface of the medial tibial condyle, mm	2,6 [1,6; 2,8]	3,7 [2,6; 3,9]	0,0414*
Изгиб суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости, мм Curvature of the articular surface of the medial femoral condyle, mm	3,8 [3,3; 4,3]	4,6 [4,3; 5,1]	0,0496*
Изгиб суставной поверхности латерального мыщелка бедренной кости, мм Curvature of the articular surface of the lateral femoral condyle, mm	5,0 [4,2; 5,2]	4,7 [4,1; 5,6]	0,7794
Наклон суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости, градусы Slope of the articular surface of the medial femoral condyle, degrees	8 [7; 9]	9 [6; 11]	0,4715
Наклон суставной поверхности латерального мыщелка бедренной кости, градусы Slope of the articular surface of the lateral femoral condyle, degrees	11 [10; 13]	10 [8; 11]	0,0854
Длина медиального мыщелка бедренной кости в сагиттальной проекции max, мм Height of the medial femoral condyle in the sagittal plane max, mm	61,5 [58,5; 64,2]	59,8 [57,1; 61,4]	0,0470*
Длина медиального мыщелка большеберцовой кости в сагиттальной проекции max, мм Height of the medial tibial condyle in the sagittal plane max, mm	48,9 [45,9; 50,5]	49,7 [46,7; 51,5]	0,0707
Индекс соотношения медиальных мыщелков (длина мыщелка большеберцовой кости max / длина мыщелка бедренной кости max) Medial condyle ratio index (maximum tibial condyle height / maximum femoral condyle height)	0,8 [0,78; 0,83]	0,85 [0,82; 0,87]	0,0357*
Высота медиального бугорка большеберцовой кости, мм Height of the medial tibial tubercle, mm	9,1 [8,4; 9,8]	8,9 [7,9; 9,6]	0,7039
Высота латерального бугорка большеберцовой кости, мм Height of the lateral tibial tubercle, mm	7,4 [7,2; 7,9]	7,6 [7,2; 7,9]	0,3628

* Статистически достоверные различия ($p \leq 0,05$).* Differences are statistically significant ($p \leq 0,05$).

нию и увеличению проявляется и при прогрессировании остеоартрита.

Сравнение размеров в сагиттальной проекции медиальных мыщелков бедренной и большеберцовой костей и индексов этих показателей выявило, что в группе А размеры мыщелков бедренной кости явно преобладали над размерами мыщелков большеберцовой кости.

При сравнении высоты бугорков большеберцовой кости в группах корреляции не выявлено, что соответствует литературным данным.

При анализе МРТ-сканов в группе А выявлены остеофиты (рис. 3) медиального мыщелка

lateral structures are subjected to tensile load. Combined, these factors lead to functional remodeling of the bones forming the joint, which may contribute to osseous impingement of the medial meniscus posterior root region, as evidenced by the presence of osteophytes above it.

Another osteophyte was identified on the posterior edge of the medial tibial plateau (Fig. 3, B, red arrow), directly behind the attachment site of the medial meniscus posterior root. In our study, it was observed in 70% of cases in patients from group A. In turn, an osteophyte of this localization may also contribute to osseous impingement and medial meniscal root tear.

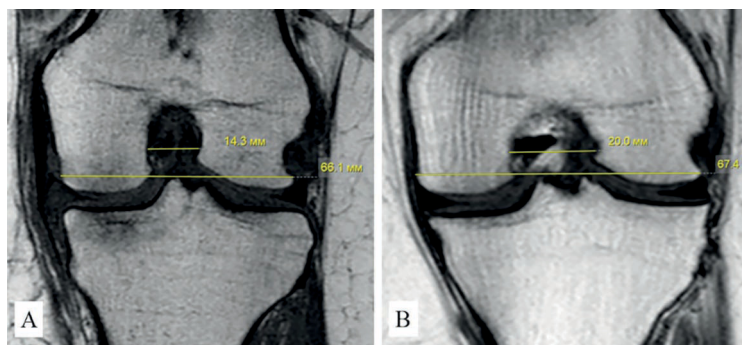


Рис. 1. МРТ-сканы коленных суставов в корональной плоскости в режиме T1:

А – пациент из группы А с отрывом заднего корня медиального мениска (индекс вырезки бедренной кости $(14,3/66,1) = 0,21$);
 В – пациент из группы В (индекс вырезки бедренной кости $(20,0/67,4) = 0,29$)

Fig. 1. T1-weighted coronal MRI scans of the knee joints:

A – patient from group A with medial meniscus posterior root tear (femoral notch index $(14,3/66,1) = 0,21$);
 B – patient from group B (femoral notch index $(20,0/67,4) = 0,29$)

бедренной кости. В корональной проекции на уровне середины мыщелка выявлен остеофит (в 90 % случаев), ближе к суставной щели. В сагиттальной плоскости этот остеофит проецируется чуть кпереди от задней крестообразной связки, в области прикрепления передней мениско-бедренной связки латерального мениска (связки Хамфри). Средние показатели длины остеофита – 2,5 мм. В аксиальной проекции на медиальном мыщелке бедренной кости в межмыщелковой вырезке обнаружен остеофит. В сагиттальной проекции он расположен позади задней крестообразной связки, рядом с местом прикрепления задней мениско-бедренной связки латерального мениска

The interrelationships of the anatomical structures of the knee joint play a key role in its biomechanics and wear resistance. Imbalances in these structures leads to an increased load on specific areas. For example, a narrow femoral intercondylar notch and predominance of dimensions of the femoral condyle over the tibial condyle dimensions, combined with an increased slope of the posterior edge of the tibial plateau, contribute to avulsion of the medial meniscus posterior root.

Under stress, in osteoarthritis, the flattening of the femoral and tibial condyles occurs. This increases, on the one hand, the contact area of the osteochondral surfaces; on the other hand, the load on the menisci grows and joint congruence reduces.

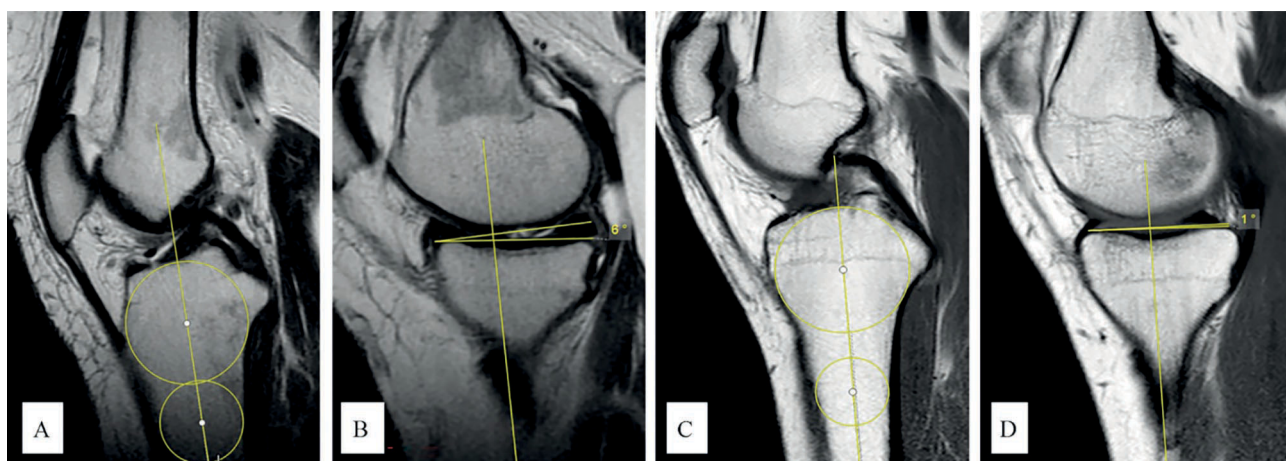


Рис. 2. МРТ-сканы коленных суставов в сагиттальной плоскости в режиме T1:

А, В – пациент из группы А с задненижним наклоном медиального плато большеберцовой кости – угол 6° ;
 С, D – пациент из группы В с задненижним наклоном медиального плато большеберцовой кости – угол 1°

Fig. 2. T1-weighted sagittal MRI scans of the knee joints:

A, B – patient from group A with posteriorinferior slope of the medial tibial plateau – angle 6° ;
 C, D – patient from group B with posteriorinferior slope of the medial tibial plateau – angle 1°

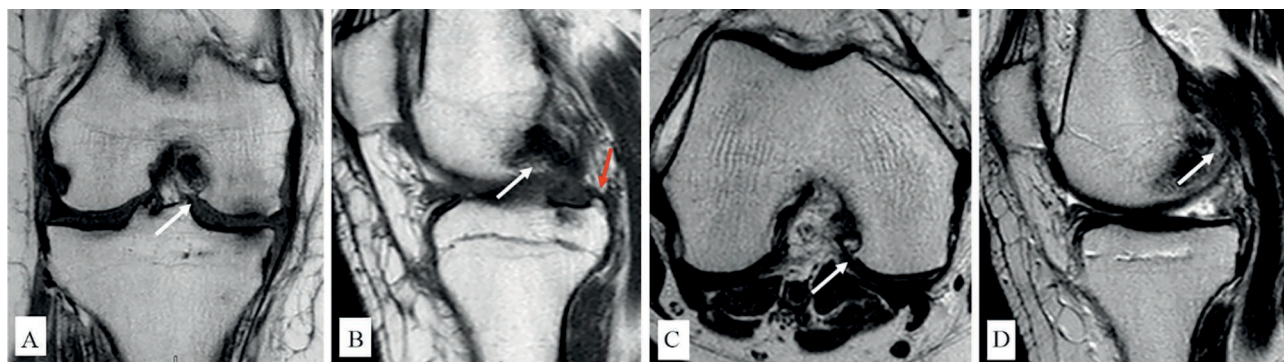


Рис. 3. МРТ-сканы коленных суставов пациентов из группы А в режиме T1:

А – передний мыщелковый остеофит медиального мыщелка бедренной кости (белая стрелка); В – остеофит заднего края медиального мыщелка большеберцовой кости (красная стрелка) (соответствует месту прикрепления передней мениско-бедренной связки латерального мениска (связки Хамфри)); С, D – задний мыщелковый остеофит медиального мыщелка бедренной кости (белая стрелка) (соответствует месту прикрепления задней мениско-бедренной связки латерального мениска (связки Врисберга))

Fig. 3. T1-weighted MRI scans of the knee joints of patients from group A:

A – anterior condylar osteophyte of the medial femoral condyle (white arrow); B – osteophyte of the posterior edge of the medial tibial condyle (red arrow) (correspond to the attachment site of the anterior meniscofemoral ligament of the lateral meniscus (Humphrey' ligament)); C, D – posterior condylar osteophyte of the medial femoral condyle (white arrow) (correspond to the attachment site of the posterior meniscofemoral ligament of the lateral meniscus (Wrisberg's ligament))

(связки Врисберга). Остеофит выявлен в 90 % случаев, средние показатели длины остеофита – 2,7 мм.

Возможно, на фоне варусной деформации медиальные отделы коленного сустава испытывают повышенную нагрузку на сжатие, а латеральные структуры – нагрузку на растяжение. Вместе эти факторы приводят к функциональному ремоделированию костей, образующих сустав, что может способствовать костному импиджменту области заднего корня медиального мениска, о чем свидетельствует наличие над ним остеофитов.

Еще один остеофит обнаружен на заднем крае медиального плато большеберцовой кости (рис. 3, В, красная стрелка), как раз позади места прикрепления заднего корня медиального мениска. В нашем исследовании он встречался в 70 % случаев у пациентов из группы А. В свою очередь, остеофит такой локализации также может способствовать костному импиджменту и отрыву корня медиального мениска.

Взаимоотношения анатомических структур коленного сустава играют ключевую роль в его биомеханике и устойчивости к износу. Нарушение соотношений этих структур вызывает повышенную нагрузку на определенные области. Так, например, узкая межмышцелковая вырезка бедренной кости и превалирование размеров мыщелка бедренной кости над мыщелком большеберцовой кости на фоне увеличенного наклона

According to Wolff's law, when the load increases, bone tissue remodels in such a way as to better withstand that load. The trabecular structure undergoes adaptive changes; as a result, the cortical bone becomes denser and thinner. Osteophytes are developing. Ultimately, changes in the bone structures contribute to meniscal impingement, which are injured and fail to perform their function, further increasing the load on the joint and contributing thereby to the maintenance of a vicious circle of joint destruction.

CONCLUSION

The anatomical features identified (intercondylar notch narrowing, flattening of the articular surface of the medial tibial condyle, and an increased slope of its posterior edge), as well as the significant role of the height ratio of the tibial and femoral medial condyles are of considerable importance and may be used as an additional diagnostic criterion for the detection of medial meniscus posterior root tear.

Author contributions. A.I. Biktashev – conducting the study, statistical data processing, writing the article. A.V. Pavlov – development of the concept, scientific editing of the article text. D.I. Suchkov – patient selection. M.D. Djurdjevich, A.G. Evsyukov, S.A. Nedosekin, D.A. Smirnov – data analysis and critical review.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

заднего края плато большеберцовой кости способствует отрыву заднего корня медиального мениска.

На фоне перегрузки сустава и остеоартроза происходит уплощение мыщелков бедренной и большеберцовой костей, за счет чего, с одной стороны, увеличивается площадь контакта костно-хрящевых поверхностей, с другой – нагрузка на мениски увеличивается, а конгруэнтность сустава снижается.

По закону Вольфа, при увеличении нагрузки костная ткань перестраивается так, чтобы лучше выдерживать эту нагрузку. Строение трабекул подвергается адаптационным изменениям, в результате чего кортикальная кость становится более плотной и тонкой. Развиваются остеофиты. В конечном итоге изменения костных структур способствуют костному импиджменту менисков, которые повреждаются и не выполняют свою функцию, что еще больше увеличивает нагрузку на сустав, способствуя поддержанию порочного круга разрушения сустава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hantouly A.T., Aminake G., Khan A.S. et al. Meniscus root tears: state of the art // *Int. Orthop.* 2024;48(4):955-964. DOI: 10.1007/s00264-024-06092-w.
2. Федосеев А.В., Чекушин А.А., Тишкин Р.В. и др. Комплексный подход в исследовании функции коленного сустава у больных с остеоартритом // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова.* 2023;31(2):317-328. DOI: 10.17816/PAVLOVJ109633.
3. Kalske R., Kiadaliri A., Sihvonen R. et al.; FIDELITY (Finnish Degenerative Meniscal Lesion Study) Investigators. Arthroscopic partial meniscectomy for a degenerative meniscus tear is not cost effective compared with placebo surgery: An economic evaluation based on the FIDELITY trial data // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2024;482(9):1523-1533. DOI: 10.1097/CORR.0000000000003094.
4. Lu S.X., Ding L., Chen Q. et al. Progress on treatment of posterior angle injury of medial meniscus of knee joint under arthroscopy // *Zhongguo Gu Shang.* 2025;38(6):651-656. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20240088. (In Chinese)
5. Bi A.S., Cole W.W. 3rd, Lowe D. et al. Surgical technique, tips, and tricks: medial implantable shock absorber for medial compartment knee osteoarthritis // *Video J. Sports Med.* 2025;5(3):26350254241303551. DOI: 10.1177/26350254241303551.
6. Kodama Y., Furumatsu T., Masuda S. et al. Transtibial fixation for medial meniscus posterior root tear reduces posterior extrusion and physiological translation of the medial meniscus in middle-aged and elderly patients // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2020;28(11):3416-3425. DOI: 10.1007/s00167-019-05810-x.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные анатомические особенности (сужение межмышцелковой вырезки, уплощение суставной поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости и увеличение наклона его заднего края), а также значимая роль индексного соотношения длин медиальных мыщелков большеберцовой и бедренной костей имеют существенное значение и могут служить дополнительным диагностическим критерием в выявлении повреждения заднего корня медиального мениска.

Вклад авторов. Бикташев А.И. – проведение исследования, статистическая обработка данных, написание статьи. Павлов А.В. – разработка концепции, научное редактирование текста статьи. Сучков Д.И. – отбор пациентов. Джурджевич М.Д., Евсюков А.Г., Недосекин С.А., Смирнов Д.А. – анализ данных и критический обзор.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Hantouly A.T., Aminake G., Khan A.S. et al. Meniscus root tears: state of the art. *Int. Orthop.* 2024;48(4):955-964. DOI: 10.1007/s00264-024-06092-w.
2. Fedoseyev A.V., Chekushin A.A., Tishkin R.V. et al. Complex approach in examination of function of the knee joint in patients with osteoarthritis. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2023;31(2):317-328. DOI: 10.17816/PAVLOVJ109633. (In Russ.)
3. Kalske R., Kiadaliri A., Sihvonen R. et al.; FIDELITY (Finnish Degenerative Meniscal Lesion Study) Investigators. Arthroscopic partial meniscectomy for a degenerative meniscus tear is not cost effective compared with placebo surgery: An economic evaluation based on the FIDELITY trial data. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2024;482(9):1523-1533. DOI: 10.1097/CORR.0000000000003094.
4. Lu S.X., Ding L., Chen Q. et al. Progress on treatment of posterior angle injury of medial meniscus of knee joint under arthroscopy. *Zhongguo Gu Shang.* 2025;38(6):651-656. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20240088. (In Chinese)
5. Bi A.S., Cole W.W. 3rd, Lowe D. et al. Surgical technique, tips, and tricks: medial implantable shock absorber for medial compartment knee osteoarthritis. *Video J. Sports Med.* 2025;5(3):26350254241303551. DOI: 10.1177/26350254241303551.
6. Kodama Y., Furumatsu T., Masuda S. et al. Transtibial fixation for medial meniscus posterior root tear reduces posterior extrusion and physiological translation of the medial meniscus in middle-aged and elderly patients. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2020;28(11):3416-3425. DOI: 10.1007/s00167-019-05810-x.

7. Garcia J.R., Boden S.A., Khan Z.A. et al. Risk factors for subchondral insufficiency fracture of the knee in the setting of medial meniscus posterior root tear // *Am. J. Sports Med.* 2025;53(9):2118-2127. DOI: 10.1177/03635465251346952.
8. Белова С.В., Зубавленко Р.А., Гладкова Е.В. и др. Свободно-радикальное окисление и обменные процессы хрящевой и костной тканей у животных с хирургической моделью посттравматического остеоартроза // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова.* 2023;31(2):177-184. DOI: 10.17816/PAVLOVJ111575.
9. Матвеева Е.Л., Спиркина Е.С., Чегуров О.К., Рева М.А. Профиль липопероксидации в синовиальной жидкости суставов у пациентов с гонартрозом, сопровождающимся дефектами суставных поверхностей // *Наука молодых (Eruditio Juvenium).* 2020;8(1):70-75. DOI: 10.23888/HMJ20208170-75.
10. Swamy N., Wadhwa V., Bajaj G. et al. Medial meniscus extrusion: Detection, evaluation and clinical implications // *Eur. J. Radiol.* 2018;102:115-124. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.03.007.
11. Повреждение мениска коленного сустава. Клинические рекомендации. 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/862_1 (дата обращения: 16.04.2026).
12. Kozaki T., Fukui D., Yamamoto E. et al. Medial meniscus extrusion and varus tilt of joint line convergence angle increase stress in the medial compartment of the knee joint in the knee extension position – finite element analysis // *J. Exp. Orthop.* 2022;9(1):49. DOI: 10.1186/s40634-022-00490-y.
13. Çamur E., Duran S. Relationship of medial meniscus posterior root tears with proximal tibial morphology and knee osteoarthritis // *J. Knee Surg.* 2025;38(9):433-439. DOI: 10.1055/a-2525-4565.
14. Lim S., Chung J.Y., Park J.Y. et al. Medial meniscus posterior horn horizontal tears are associated with knee posteromedial impinging structures inducing shearing forces in patients with meniscus degeneration // *Cartilage.* 2025 Jul 3:19476035251347728. DOI: 10.1177/19476035251347728.
15. Imhoff F.B., Fucentese S.F., Harrer J., Tischer T. The influence of axial deformities and their correction on the development and progression of osteoarthritis // *Orthopade.* 2021;50(5):378-386. DOI: 10.1007/s00132-021-04103-x. (In German)
16. Wang P., Gao F., Sun W. et al. Morphometric characteristics of the knee are associated with the injury of the meniscus // *J. Orthop. Surg. Res.* 2022;17(1):498. DOI: 10.1186/s13018-022-03380-2.
17. Domzalski M., Grzelak P., Gabos P. Risk factors for anterior cruciate ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using Magnetic Resonance Imaging// *Int. Orthop.* 2010;34(5):703-707. DOI: 10.1007/s00264-010-0987-7.
18. Hudek R., Schmutz S., Regenfelder F. et al. Novel measurement technique of the tibial slope on conventional MRI. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009;467(8):2066-2072. DOI: 10.1007/s11999-009-0711-3.
19. Kiapour A.M., Yang D.S., Badger G.J. et al. Anatomic features of the tibial plateau predict outcomes of ACL reconstruction within 7 years after surgery. *Am. J. Sports Med.* 2019;47(2):303-311. DOI: 10.1177/0363546518823556.
7. Garcia J.R., Boden S.A., Khan Z.A. et al. Risk factors for subchondral insufficiency fracture of the knee in the setting of medial meniscus posterior root tear. *Am. J. Sports Med.* 2025;53(9):2118-2127. DOI: 10.1177/03635465251346952.
8. Belova S.V., Zubavlenko R.A., Gladkova E.V. et al. Free radical oxidation and metabolic processes of cartilage and bone tissues in animals with surgical model of posttraumatic osteoarthritis. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2023;31(2):177-184. DOI: 10.17816/PAVLOVJ111575. (In Russ.)
9. Matveeva E.L., Spirikina E.S., Chegurov O.K., Reva M.A. Profile environment lipid peroxidation in the synovial liquid in patients with gonarthrosis, accompanies defects articular surface. *Science of the young (Eruditio Juvenium).* 2020;8(1):70-75. DOI: 10.23888/HMJ20208170-75. (In Russ.)
10. Swamy N., Wadhwa V., Bajaj G. et al. Medial meniscus extrusion: Detection, evaluation and clinical implications. *Eur. J. Radiol.* 2018;102:115-124. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.03.007.
11. Injury of the Knee Joint Meniscus. Clinical Guidelines. 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/862_1 (accessed 16.04.2026).
12. Kozaki T., Fukui D., Yamamoto E. et al. Medial meniscus extrusion and varus tilt of joint line convergence angle increase stress in the medial compartment of the knee joint in the knee extension position – finite element analysis. *J. Exp. Orthop.* 2022; 9(1): 49. DOI: 10.1186/s40634-022-00490-y.
13. Çamur E., Duran S. Relationship of medial meniscus posterior root tears with proximal tibial morphology and knee osteoarthritis. *J. Knee Surg.* 2025;38(9):433-439. DOI: 10.1055/a-2525-4565.
14. Lim S., Chung J.Y., Park J.Y. et al. Medial meniscus posterior horn horizontal tears are associated with knee posteromedial impinging structures inducing shearing forces in patients with meniscus degeneration. *Cartilage.* 2025 Jul 3:19476035251347728. DOI: 10.1177/19476035251347728.
15. Imhoff F.B., Fucentese S.F., Harrer J., Tischer T. The influence of axial deformities and their correction on the development and progression of osteoarthritis. *Orthopade.* 2021;50(5):378-386. DOI: 10.1007/s00132-021-04103-x. (In German)
16. Wang P., Gao F., Sun W. et al. Morphometric characteristics of the knee are associated with the injury of the meniscus. *J. Orthop. Surg. Res.* 2022;17(1):498. DOI: 10.1186/s13018-022-03380-2.
17. Domzalski M., Grzelak P., Gabos P. Risk factors for anterior cruciate ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using Magnetic Resonance Imaging. *Int. Orthop.* 2010;34(5):703-707. DOI: 10.1007/s00264-010-0987-7.
18. Hudek R., Schmutz S., Regenfelder F. et al. Novel measurement technique of the tibial slope on conventional MRI. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009;467(8):2066-2072. DOI: 10.1007/s11999-009-0711-3.
19. Kiapour A.M., Yang D.S., Badger G.J. et al. Anatomic features of the tibial plateau predict outcomes of ACL reconstruction within 7 years after surgery. *Am. J. Sports Med.* 2019;47(2):303-311. DOI: 10.1177/0363546518823556.

19. Kiapour A.M., Yang D.S., Badger G.J. et al. Anatomic features of the tibial plateau predict outcomes of ACL reconstruction within 7 years after surgery // *Am. J. Sports Med.* 2019;47(2):303-311. DOI: 10.1177/0363546518823556.
20. Musahl V., Ayeni O.R., Citak M. et al. The influence of bony morphology on the magnitude of the pivot shift // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2010;18(9):1232-1238. DOI: 10.1007/s00167-010-1129-x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Павлов Артем Владимирович – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Рязань, Россия. ORCID: 0000-0002-8224-824X.

Бикташев Адель Ильясович – травматолог-ортопед Медицинского центра ЕЛАМЕД, Рязань, Россия. ORCID: 0009-0001-7039-2113.

Джурджевич Мария Драгановна – рентгенолог ГБУ РО «Областная клиническая больница», Рязань, Россия. ORCID: 0009-0001-2310-8079.

Евсюков Александр Геннадьевич – травматолог-ортопед Медицинского центра ЕЛАМЕД, Рязань, Россия. ORCID: 0009-0003-2167-9649.

Недосекин Сергей Александрович – травматолог-ортопед ГБУ РО «Областная клиническая больница», Рязань, Россия. ORCID: 0009-0009-7947-392X.

Сучков Дмитрий Игоревич – канд. мед. наук, доцент кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Рязань, Россия. ORCID: 0000-0001-5513-9104.

Смирнов Дмитрий Андреевич – студент лечебного факультета ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Рязань, Россия. ORCID: 0009-0008-3392-4513.

20. Musahl V., Ayeni O.R., Citak M. et al. The influence of bony morphology on the magnitude of the pivot shift. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2010;18(9):1232-1238. DOI: 10.1007/s00167-010-1129-x.

ABOUT THE AUTHORS

Artyom V. Pavlov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia. ORCID: 0000-0002-8224-824X.

Adel I. Biktashev – Orthopaedic Traumatologist, Medical Center ELAMED, Ryazan, Russia. ORCID: 0009-0001-7039-2113.

Maria. D. Djurdjevich – Rentgenologist, Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russia. ORCID: 0009-0001-2310-8079.

Alexander G. Evsyukov – Orthopedic Traumatologist, Medical Center ELAMED, Ryazan, Russia. ORCID: 0009-0003-2167-9649.

Sergey A. Nedosekin – Orthopedic Traumatologist, Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russia. ORCID: 0009-0009-7947-392X.

Dmitrii I. Suchkov – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Cardiovascular, X-ray guided Endovascular Surgery and Radiodiagnostics, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia. ORCID: 0000-0001-5513-9104.

Dmitry A. Smirnov – Student, Faculty of General Medicine, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia. ORCID: 0009-0008-3392-4513.