



Оригинальное исследование | Original research
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM684548>

This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2025

Ассоциация посттравматической боли и изменений коленного сустава по данным магнитно-резонансной томографии

А.Е. Каратеев, А.А. Бялик, В.А. Нестеренко, С.А. Макаров, Д.М. Кудинский
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой»
(Москва Российская Федерация)

Аннотация

Обоснование. Хроническая посттравматическая боль (ХПТБ) возникает у 15–50% пациентов, перенесших травму коленного сустава (КС). ХПТБ рассматривается как один из предикторов развития посттравматического остеоартрита (ПТОА). Ранние изменения КС, характерные для развития ПТОА, могут определяться с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Цель – оценить взаимосвязь между ХПТБ и структурными изменениями КС, которые определяются с помощью МРТ.

Материал и методы. Исследуемую группу составили 98 пациентов, 48% женщин и 52% мужчин, возраст $39,2 \pm 14,7$ года, перенесших травму КС с повреждением передней крестообразной связки (ПКС) и/или мениска (подтвержденное данными МРТ) и испытывающих боль ≥ 4 баллов по числовой рейтинговой шкале (ЧРШ) не менее месяца после травмы. Пациенты наблюдались в течение 12 мес. ХПТБ определялась при персистенции боли не менее 3 мес. на уровне ≥ 4 баллов по ЧРШ. Повторная МРТ проводилась через 12 мес. после включения в исследование. Изменения КС по данным МРТ оценивались количественно по системе WORMS.

Результаты. ХПТБ была определена у 45,9% пациентов. По исходным параметрам МРТ группы пациентов с ХПТБ ($n=45$) и без ХПТБ ($n=53$) достоверно различались по морфологии хряща (минимальные изменения

чаще выявлялись у пациентов без ХПТБ), наличию остеофитов, повреждению медиальной коллатеральной связки и разрыву тела медиального мениска. Практически у всех пациентов в обеих группах отмечались повреждение связок и разрыв мениска (с разной степенью выраженности), а также синовит; около трети обследованных лиц имели признаки отека костного мозга. Через 12 мес. наблюдения между пациентами с ХПТБ и без нее была зафиксирована достоверная разница по таким МРТ-параметрам, как морфология хряща, остеофиты медиального мыщелка бедренной кости, повреждение задней крестообразной и медиальной коллатеральной связок, разрыв тела, переднего и заднего рога медиального мениска, разрыв переднего рога латерального мениска, синовит. Так, выраженное повреждение хряща (≥ 2 по WORMS) было отмечено у 82,1% пациентов с ХПТБ и у 43,4% без ХПТБ ($p < 0,05$), синовит у 95,6% и 24,5% ($p < 0,05$).

Заключение: ХПТБ, возникающая после травмы КС, ассоциирована со структурными изменениями сустава, которые можно расценивать как раннюю стадию ПТОА.

Ключевые слова: хроническая посттравматическая боль, посттравматический остеоартрит, магнитно-резонансная томография.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Каратеев А.Е., Бялик А.А., Нестеренко В.А., Макаров С.А., Кудинский Д.М.
Ассоциация посттравматической боли и изменений коленного сустава по данным магнитно-резонансной томографии. Наука и инновации в медицине. 2025;10(3):248–254. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM684548>

Сведения об авторах

Каратеев А.Е. – д-р мед. наук, заведующий лабораторией патофизиологии боли и полиморфизма ревматических заболеваний.
ORCID: 0000-0002-1391-0711
E-mail: aekarat@yandex.ru

***Бялик Анастасия Андреевна** – аспирант, врач травматолог-ортопед.
ORCID: 0000-0002-5256-7346

E-mail: nas36839729@yandex.ru

Нестеренко В.А. – канд. мед. наук, младший научный сотрудник лаборатории патофизиологии боли и полиморфизма скелетно-мышечных заболеваний.
ORCID: 0000-0002-7179-8174
E-mail: swimguy91@mail.ru

Макаров С.А. – канд. мед. наук, заведующий лабораторией ревмоортопедии.
ORCID: 0000-0001-8563-0631

E-mail: smakarov59@rambler.ru

Кудинский Д.М. – канд. мед. наук, младший научный сотрудник лаборатории инструментальной диагностики, врач-рентгенолог.

ORCID: 0000-0002-1084-3920

E-mail: nas36839729@yandex.ru

***Автор для переписки**

Список сокращений

ПТОА – посттравматический остеоартрит; КС – коленный сустав; ПКС – передняя крестообразная связка; ХПТБ – хроническая посттравматическая боль; МРТ – магнитно-резонансная томография; ОА – остеоартрит; ОКМ – отек костного мозга; ЧРШ – числовая рейтинговая шкала; НПВП – нестероидный противовоспалительный препарат; БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость.

Получено: 16.06.2025

Одобрено: 04.08.2025

Опубликовано: 13.08.2025

Association of post-traumatic pain and knee joint changes according to magnetic resonance imaging

Andrei E. Karateev, Anastasiya A. Byalik, Vadim A. Nesterenko, Sergei A. Makarov, Daniil M. Kudinsky

Nasonova Research Institute of Rheumatology (Moscow, Russian Federation)

Abstract

Background. Chronic post-traumatic pain (CPTP) occurs in 15-50% of patients who have suffered knee joint injury (KJ). Post-traumatic pain is considered as one of the predictors of the development of post-traumatic osteoarthritis (PTOA). Early changes in the knee joint, characteristic of the development of PTOA, can be determined using magnetic resonance imaging (MRI).

Aim – to evaluate the relationship between CPTP and structural changes in the knee joint, which are determined using MRI.

Material and methods. The study group consisted of 98 patients, 48% women and 52% men, aged 39.2 ± 14.7 years, who had suffered a knee joint injury with damage to the anterior cruciate ligament (ACL) and/or meniscus (confirmed by MRI data), and experiencing pain ≥ 4 points on a numerical rating scale (CRS) of at least one month after the injury. The patients were followed up for 12 months. CPTP was determined with pain persistence for at least 3 months at the level of 4 points on the CRS. Repeated MRI was performed 12 months after inclusion in the study. Changes in the knee joint according to the MRI data were quantified using the WOMS system.

Results. CPTP was detected in 45.9% of patients. According to the initial MRI parameters, the groups of patients with CPTP ($n=45$) and without CPTP ($n=53$)

significantly differed in cartilage morphology (minimal changes were more often detected in patients without CPTP), the presence of osteophytes, damage to the medial collateral ligament and rupture of the medial meniscus body. Almost all patients in both groups had ligament damage and meniscus rupture (with varying degrees of severity), as well as synovitis; about a third of the examined individuals had signs of bone marrow edema. After 12 months observations between patients with and without CPTP showed a significant difference in MRI parameters such as cartilage morphology, osteophytes of the medial condyle of the femur, damage to the posterior cruciate and medial collateral ligaments, rupture of the body, anterior and posterior horns of the medial meniscus, rupture of the anterior horn of the lateral meniscus, synovitis. Thus, severe cartilage damage (≥ 2 by WOMS) was noted in 82.1% of patients with CPTP and 43.4% without CPTP ($p < 0.05$), synovitis in 95.6% and 24.5% ($p < 0.05$).

Conclusion. CPTP, which occurs after the knee joint injury, is associated with structural changes in the joint, which can be regarded as an early stage of PTOA.

Keywords: chronic post-traumatic pain, post-traumatic osteoarthritis, magnetic resonance imaging.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Karateev AE, Byalik AA, Nesterenko VA, Makarov SA, Kudinsky DM. Association of post-traumatic pain and knee joint changes according to magnetic resonance imaging. *Science and Innovations in Medicine*. 2025;10(3):248-254. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM684548>

Information about authors

Andrei E. Karateev – MD, Dr. Sci. (Medicine), Head of the of the Laboratory of pathophysiology of pain and polymorphism of rheumatic diseases.

ORCID: 0000-0002-1391-0711

E-mail: aekarat@yandex.ru

***Anastasiya A. Byalik** – postgraduate student, traumatologist-orthopedist.

ORCID: 0000-0002-5256-7346

E-mail: nas36839729@yandex.ru

Vadim A. Nesterenko – MD, Cand. Sci. (Medicine), Junior researcher at the Laboratory of pathophysiology of pain and polymorphism of musculoskeletal diseases.

ORCID: 0000-0002-7179-8174

E-mail: swimguy91@mail.ru

Sergei A. Makarov – MD, Cand. Sci. (Medicine), Head of the Laboratory of rheumatoid orthopedics.

ORCID: 0000-0001-8563-0631

E-mail: smakarov59@rambler.ru

Daniil M. Kudinsky – MD, Cand. Sci. (Medicine), Junior researcher at the Laboratory of instrumental diagnostics, radiologist.

ORCID: 0000-0002-1084-3920

E-mail: nas36839729@yandex.ru

***Corresponding Author**

Received: 16.06.2025

Accepted: 04.08.2025

Published: 13.08.2025

ВВЕДЕНИЕ

Посттравматический остеоартрит (ПТОА) – распространенное осложнение травм, проявляющееся хронической болью, персистирующим воспалением и прогрессирующим нарушением биомеханики сустава. Наиболее типичной локализацией ПТОА является коленный сустав (КС) [1, 2]. При повреждении передней крестообразной связки (ПКС) и менисков КС ПТОА развивается с частотой 20–50% через 5–15 лет после перенесенной травмы. Большое медицинское и социальное значение данной патологии определяется прежде всего молодым возрастом пациентов: при травмах, перенесенных в возрасте 20–30 лет, характерная клиника ПТОА и выраженные структурные изменения, существенно ограничивающие функциональные возможности и трудоспособность, возникают уже в возрасте 35–45 лет, то есть у наиболее активных представителей современного общества [3, 4].

Раннее выявление признаков ПТОА, когда еще отсутствуют необратимые структурные изменения сустава («дорентгенологическая стадия») и активная превентивная терапия являются принципиальным направлением совершенствования медицинской помощи пациентам, перенесшим травму КС. С этой целью проводится поиск предикторов ПТОА и выделение целевых групп пациентов,

у которых были повреждения КС и проводились ортопедические операции по поводу разрывов ПКС и менисков и которые нуждаются в тщательном контроле, лечении и реабилитации [1–4].

Первым проявлением ПТОА является хроническая посттравматическая боль (ХПТБ). Она возникает вследствие сохраняющихся после травмы и/или соответствующего ортопедического вмешательства биомеханических расстройств, воспалительного процесса (захватывающего синовию, субхондральную кость, связки и энтезисы), дегенеративных изменений (неоангиогенез, спраутинг нервных волокон), дисфункции ноцицептивной системы и психоэмоциональных проблем. По сути эти же механизмы лежат и в основе развития ПТОА, что позволяет рассматривать ХПТБ не только как симптом, но и как предиктор этого заболевания [5, 6].

Принципиальное значение для оценки роли ХПТБ как фактора, указывающего на высокий риск развития ПТОА, представляет анализ корреляции болевых ощущений и структурных изменений сустава, сохраняющихся (или прогрессирующих) после перенесенной травмы. Основным методом, обеспечивающим четкую визуализацию патологии мягких тканей КС, является магнитно-резонансная томография (МРТ). Важно, что МРТ позволяет выявить изменения связок, менисков, хряща и субхондральной кости задолго до

развития типичных рентгенологических симптомов ПТОА. При этом, помимо качественной оценки патологии (есть изменения или их нет), МРТ позволяет также проводить ее количественный анализ – с помощью систем WORMS (Whole Organ Magnetic Resonance Imaging Score), MOAKS (MRI Osteoarthritis Knee Score), ICRS (International Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society) и др. [7, 8].

Характерные изменения, которые выявляются при МРТ КС в посттравматическом периоде, – это разрывы (и последующие дегенеративные изменения) ПКС и менисков, а также общие воспалительные изменения ткани сустава в виде синовита и отека костного мозга (ОКМ) как проявление «контузии» кости [9, 10]. Имеются серия клинических исследований и соответствующие метаанализы, подтвердившие взаимосвязь между данной патологией, выявляемой при МРТ, и выраженностью ХПТБ. Так, наличие корреляции между изменениями, выявляемыми при МРТ, и болью при остеоартрите (ОА) изучалось в работе P. Dainese и соавт. [11]. Они провели метаанализ 37 исследований, в 17 из которых была оценена взаимосвязь клиники и наличия синовита или отека костного мозга. При проведении МРТ с контрастом в 6 работах была показана умеренная позитивная взаимосвязь между визуализационными признаками воспаления и наличием боли. В систематическом обзоре A. Ghouri и соавт. [12] оценили связь между МРТ-признаками разрыва мениска и выраженностью боли. По данным 11 исследований, при одномоментном анализе боль и повреждение мениска были взаимосвязаны.

Важно отметить, что сочетание МРТ-изменений КС и хронической боли оценивается рядом экспертов как критерий раннего ОА. В частности, оценка этих признаков была внесена в раннюю редакцию критериев F. Luyten и соавт. (редакция 2012 г.) [13].

В нашей стране работы, в которых оценивалась бы взаимосвязь между ХПТБ и изменениями КС по данным МРТ, пока не проводились.

ЦЕЛЬ

Оценить взаимосвязь между ХПТБ и структурными изменениями КС, которые определяются при проведении МРТ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследуемую группу составили 98 пациентов, соответствующих следующим критериям включения: возраст от 18 до 50 лет; травматическое повреждение КС, из-за которого пациент был вынужден обратиться за медицинской помощью; травма мягкотканых элементов КС, подтвержденная результатами МРТ; наличие умеренных или выраженных болевых ощущений в области КС (>4 по числовой рейтинговой шкале, ЧРШ 0–10, где «0» – отсутствие боли, «10» – невыносимая боль) в течение ≥ 1 мес. от времени травмы; информированное согласие пациента.

Критериями не включения были зафиксированный (клинически и рентгенологически) перелом костных структур области КС, наличие достоверных признаков ревматического заболевания (в т.ч. диагностированного ранее ОА и фибромиалгии), серьезные нарушения функции скелетно-мышечной системы и коморбидная патология,

ограничивающие возможность регулярных визитов, требуемых протоколом исследования.

Исследуемую группу в основном составили лица молодого возраста, примерно равное число лиц женского и мужского пола, с травмами ПКС, менисков или их сочетанием, с умеренной или выраженной болью в КС, почти половине из которых потребовалось ортопедическое вмешательство (таблица 1).

Всем участникам исследования рекомендовалось применение наколенников, регулярное выполнение физических упражнений и использование нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) системно и/или локально (в виде мазей и гелей) при появлении боли в соответствии клиническими рекомендациями по повреждению связок коленного сустава от 2024 г. и приказу Министерства здравоохранения РФ от 29.06.2023 №331н «Об утверждении стандарта медицинской помощи взрослым при повреждении мениска коленного сустава (диагностика и лечение)».

Анализ клинических проявлений выполнялся во время первого визита, затем через 3, 6 и 12 мес. Наличие ХПТБ определялось на втором визите, через 3 мес. после начала наблюдения. Критерием ХПТБ считалась умеренно выраженная или сильная боль в КС при нагрузке или в покое (>4 по числовой рейтинговой шкале (ЧРШ), где «0» – отсутствие боли, «10» – невыносимая боль), которая сохранялась большую часть дней за предшествующие оценке 3 мес.

Всем пациентам была проведена МРТ на момент включения и через 12 мес. после начала исследования с полуколичественным анализом структурных изменений по системе WORMS. Оценивались интенсивность сигнала и морфология хряща по центру медиального тибioфemorального сустава и латерального тибioфemorального сустава в коронарной проекции, проксимальной части

Параметры	Значения
Пол (Ж/М, %)	47 (48,0) / 51 (52,0)
Возраст, лет; $M \pm \sigma$	$39,2 \pm 14,7$
Индекс массы тела, $кг/м^2$; $M \pm \sigma$	$27,1 \pm 6,3$
Повреждение структур КС по данным МРТ, %	ПКС 42,0, мениск 56,0, комбинированное повреждение ПКС + мениск 15,0, ПКС + другое повреждение (тендиниты, кисты, растяжение связок и т.д.) – 28,0
Оперативное вмешательство (пластика ПКС, шов мениска, резекция мениска, комбинированные операции), %	39,0
Боль при нагрузке; Ме [25-й; 75-й перцентили]	5,0 [3,5; 6,5]
Боли в покое; Ме [25-й; 75-й перцентили]	2,0 [1,0; 4,0]
Боль в ночное время; Ме [25-й; 75-й перцентили]	2,0 [0,5; 3,5]
Нарушение функции; Ме [25-й; 75-й перцентили]	5,0 [2,0; 5,5]
KOOS общий; $M \pm \sigma$	$48,6 \pm 19,1$
KOOS симптомы; $M \pm \sigma$	$58,7 \pm 22,3$
KOOS боль; $M \pm \sigma$	$57,4 \pm 18,1$
KOOS активность; $M \pm \sigma$	$65,6 \pm 20,4$
KOOS спорт; $M \pm \sigma$	$30,5 \pm 21,7$
KOOS качество жизни; $M \pm \sigma$	$39,1 \pm 19,8$

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов на момент включения в исследование (n=98)

Table 1. Clinical characteristics of patients at inclusion in the study (n=98)

МРТ-симптом ≥ 1 , n (%)		ХПТБ+ (n=45)	ХПТБ- (n=53)	p-значение
Морфология хряща		26,7	66,7	0,012
Отек костного мозга	Медиальный мыщелок БК	26,7	30,2	0,61
	Латеральный мыщелок БК	20,0	20,8	0,401
	Медиальный мыщелок ББК	22,2	13,2	0,508
	Латеральный мыщелок ББК	20,0	13,2	0,803
	Центральная часть ББК	20,0	20,8	0,597
СК	Медиальный мыщелок БК	11,1	5,7	0,521
	Латеральный мыщелок БК	4,4	10,0	0,078
	Медиальный мыщелок ББК	6,0	9,4	0,703
	Латеральный мыщелок ББК	6,0	4,9	0,814
	Центральная часть ББК	4,4	4,9	0,612
СО	Медиальный мыщелок БК	15,6	7,1	0,332
	Латеральный мыщелок БК	2,2	1,9	0,891
	Медиальный мыщелок ББК	22,2	9,4	0,081
	Латеральный мыщелок ББК	4,4	3,8	0,901
Остеофиты	Медиальный мыщелок БК	44,4	20,8	0,042
	Латеральный мыщелок БК	31,1	15,1	0,064
	Медиальный мыщелок ББК	37,8	20,8	0,061
	Латеральный мыщелок ББК	35,6	13,2	0,041
Повреждение связок	Передняя крестообразная	82,2	86,8	0,533
	Задняя крестообразная	37,8	24,5	0,469
	Медиальная коллатеральная	24,4	9,4	0,048
	Латеральная коллатеральная	8,9	1,8	0,112
Разрыв мениска (≥ 2)	Тело медиального	75,6	49,1	0,008
	Передний рог медиального	48,9	37,8	0,549
	Задний рог медиального	75,6	56,7	0,063
	Тело латерального	44,4	32,0	0,382
	Передний рог латерального	44,4	28,3	0,204
	Задний рог латерального	44,4	28,3	0,311
Синовит		97,8	88,7	0,204
Остеонекроз		4,4	1,8	0,611

Таблица 2. Сравнение структурных изменений коленного сустава у пациентов с хронической посттравматической болью и без нее (данные МРТ в начале исследования)

Table 2. Comparison of structural changes in the knee joint in patients with and without CPTP (MRI data at the beginning of the study)

пателлофemorального сустава в боковой проекции (0 = норма, 1 = истончение хряща, без дефектов, 2 = один частичный дефект, не на всю глубину, 3 = несколько частичных дефектов, 4 = дефект на всю глубину $< 50\%$ протяженности хряща, 5 = дефект на всю глубину $> 50\%$); ОКМ в медиальном и латеральном мыщелке бедренной кости (БК), медиальном и латеральном мыщелке большеберцовой кости (ББК), центральной части ББК (0 = нет, 1 = $< 25\%$ площади региона, 2 = 25–50%, 3 = $> 50\%$); субхондральные кисты в медиальном и латеральном мыщелке БК, медиальном и латеральном мыщелке ББК (0 = нет,

1 = $< 25\%$ площади региона, 2 = 25–50%, 3 = $> 50\%$); субхондральный отек в медиальном и латеральном мыщелке БК, медиальном и латеральном мыщелке ББК (0 = нет, 1 = слабовыраженный, 2 = выраженный); остеофиты медиального и латерального мыщелка БК, медиального и латерального мыщелка ББК (0 = нет, 1 = мелкие, 2 = умеренные, 3 = крупные); повреждение передней крестообразной связки, задней крестообразной связки, медиальной коллатеральной связки, латеральной коллатеральной связки (0 = интактная, 1 = поврежденная); разрыв тела медиального мениска, переднего рога медиального мениска, заднего рога медиального мениска, тела латерального мениска, переднего рога латерального мениска, заднего рога латерального мениска (0 = интактный, 1 = маленький радиальный или клювовидный разрыв, 2 = разрыв без смещения, 3 = разрыв со смещением или частичная резекция, 4 = полная деструкция); синовит (0 = нет, 1 = есть); остеонекроз (0 = нет, 1 = есть).

Было проведено сравнение частоты и выраженности МРТ-изменений (исходно и через 12 мес.) между группами пациентов, у которых отмечалось появление ХПТБ и у которых ХПТБ не было.

Статистический анализ полученных данных выполнялся с применением компьютерной программы IBM SPSS Statistics 23. Для количественных переменных проводилось исследование на соответствие нормальному закону распределения. Количественные переменные были описаны как средние значения с соответствующим стандартным отклонением ($M \pm \sigma$), в случае отсутствия нормального распределения в группах – в виде медианы с интерквартильным интервалом – Me [25-й; 75-й перцентили] и проверялись с помощью метода Шапиро – Уилка. Качественные переменные были представлены как абсолютные значения и их относительные частоты (%). При оценке полученных результатов применялись следующие методы статистического анализа: χ^2 -критерий Пирсона (анализ таблиц сопряженности), непарный t-критерий Стьюдента, при попарном сравнении количественных значений применялся тест Уилкоксона (χ^2) для связанных выборок. Различия принимались как статистически значимые при достигнутом уровне $p < 0,05$.

Исследование проводилось с соблюдением положений Хельсинкской декларации прав человека. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в настоящей работе. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ имени В.А. Насоновой, протокол заседания №23 от 23.11.2022 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ХПТБ – сохранение болевых ощущений на уровне ≥ 4 по ЧРШ в течение 3 мес. наблюдения – была диагностирована у 45 из 98 пациентов (45,9%). У пациентов с ХПТБ в сравнении с пациентами без ХПТБ к третьему месяцу наблюдения была достоверно выше интенсивность боли при движении, в покое и ночью, а также нарушение функции (оценка по ЧРШ): $5,138 \pm 1,512$ и $1,771 \pm 0,901$ ($p < 0,000$); $2,27 \pm 0,691$ и $0,803 \pm 0,453$ ($p < 0,001$); $2,00 \pm 1,766$ и $0,405 \pm 0,342$ ($p < 0,000$); $4,208 \pm 1,356$ и $1,898 \pm 1,627$ ($p < 0,0302$). Аналогично на третьем месяце наблюдения было выявлено статистически значимое различие между группами пациентов с и без ХПТБ по всем значениям



Примечания. Цифры в скобках – градация изменений по WORMS; для всех указанных параметров $p < 0,05$.

Рисунок 1. Достоверное отличие ряда структурных изменений коленного сустава у пациентов с хронической посттравматической болью и без нее (данные МРТ через 12 мес.).

Figure 1. Significant difference in some of structural changes in the knee joint in patients with and without CPTP (MRI data after 12 months).

KOOS: среднее значение KOOS общий составило $58,4 \pm 22,1$ и $75,7 \pm 23,4$ ($p=0,012$); KOOS симптомы $58,1 \pm 25,5$ и $78,3 \pm 29,2$ ($p<0,018$); KOOS боль $54,6 \pm 19,7$ и $78,5 \pm 28,4$ ($p<0,02$); KOOS активность $57,8 \pm 18,6$ и $80,3 \pm 30,3$ ($p<0,004$); KOOS спорт $51,9 \pm 23,2$ и $77,8 \pm 20,4$ ($p<0,009$); KOOS качество жизни $46,3 \pm 16,8$ и $67,2 \pm 21,1$ ($p<0,025$).

По исходным параметрам МРТ группа пациентов с ХПТБ ($n=45$) и без ХПТБ ($n=53$) статистически значимо различались по морфологии хряща (минимальные

изменения чаще выявлялись у группы без ХПТБ), наличию остеофитов медиального мыщелка БК и латерального мыщелка ББК, повреждению медиальной коллатеральной связки и разрыву тела медиального мениска. Практически у всех пациентов в обеих группах отмечались наличие повреждения связок КС (наиболее часто ПКС) и разрыва того или иного мениска (с разной степенью выраженности), а также синовита; около трети обследованных лиц имели признаки ОКМ (таблица 2).

Через 12 мес. наблюдения различия в МРТ-картине между группами ХПТБ+ и ХПТБ- стали еще более заметными. Так, была зафиксирована статистически значимая разница по таким параметрам, как морфология хряща, остеофиты медиального мыщелка БК, повреждение задней крестообразной и медиальной коллатеральной связок, разрыв тела, переднего и заднего рога медиального мениска, разрыв переднего рога латерального мениска, наличие синовита (рисунок 1).

Нужно отметить, что если исходно изменения структуры хряща были более выражены в группе пациентов без ХПТБ (за счет минимальных изменений, градация «1»), то к 12 мес. ситуация изменилась: разрушение хряща чаще и в более тяжелой форме отмечалось в группе пациентов с ХПТБ (рисунок 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, исходно пациенты с ХПТБ в сравнении с пациентами без ХПТБ имели статистически значимое отличие лишь по отдельным МРТ-признакам, отражающим посттравматические изменения КС. У пациентов с ХПТБ чаще определялись остеофиты медиального мыщелка БК и латерального мыщелка ББК, а также повреждение медиальной коллатеральной связки и разрыв тела медиального мениска. При этом изменения хряща (минимально выраженные) чаще выявлялись у лиц, не имевших ХПТБ.

Однако через 12 мес. МРТ-картина существенно поменялась. Так, число больных с изменениями связок и особенно менисков КС среди пациентов с ХПТБ значительно превысило число лиц с аналогичной патологией в группе пациентов без ХПТБ. Особенно значимое отличие отмечалось по частоте выявления синовита и динамике

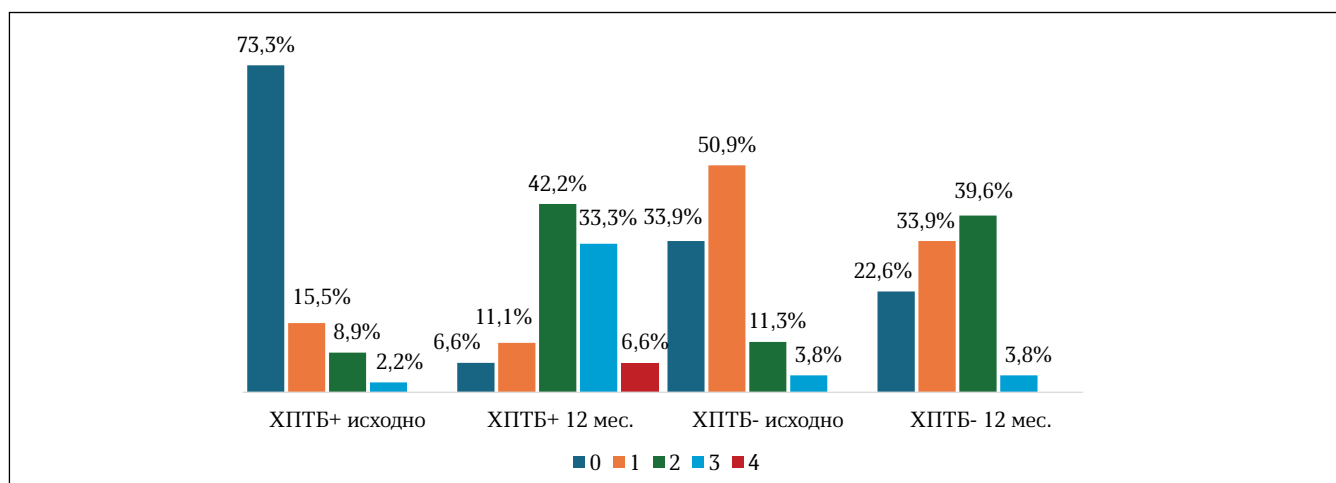


Рисунок 2. Динамика изменений суставного хряща в группах ХПТБ+ и ХПТБ- (данные МРТ через 12 мес.).

Figure 2. Dynamics of changes in articular cartilage in the CPTP+ and CPTP- groups (MRI data after 12 months).

состояния суставного хряща. Если исходно у пациентов с ХПТБ повреждение хряща было зафиксировано лишь у 26,7%, то через 12 мес. – у 93,4%, причем у большинства (82,1%) обследованных отмечалось выраженное поражение (≥ 2 по WORMS). У пациентов без ХПТБ аналогичные изменения были отмечены лишь у 43,4%.

Полученные результаты позволяют говорить о наличии четкой взаимосвязи между ХПТБ и структурными изменениями КС. Наши данные соответствуют результатам, полученным зарубежными коллегами. Так, в работе K. van Oudenaarde и соавт. [14] было проведено сопоставление клиники и МРТ-картины у 174 пациентов, перенесших травму КС (период наблюдения до 6 мес.). Изменения на МРТ – преимущественно травма ПКС и менисков – были выявлены у 39%. При этом отмечалась достоверная связь между наличием изменений на МРТ, выраженностью и продолжительностью симптомов. Корреляция между посттравматическими изменениями по данным МРТ и клиническими проявлениями поражения КС была продемонстрирована в работах O. Babalola и соавт. [15] и J. Wasser и соавт. [16].

Взаимосвязь МРТ-картины с симптомами ОА показана в серии клинических работ. Так, по данным D. Felson и соавт. [17], оценивших прогрессирование ОА у 110 пациентов, боль в КС достоверно чаще отмечалась при выявлении ОКМ с применением МРТ: для градации ≥ 2 по WORMS отношение шансов (ОШ) составило 3,2 (95% ДИ 1,5–6,8, $p < 0,002$). Исследование С. Hill и соавт. [18], в котором приняло участие 270 больных ОА, показало корреляцию между выраженностью МРТ-признаков синовита и болью: $r = 0,21$, $p < 0,0003$. По данным исследования MOST, латеральные остеофиты пателло-фemorального сустава, синовит всего КС и инфрапателлярный синовит коррелировали с наличием боли в передней части КС: ОШ 5,0 (95% ДИ 1,7–14,6); 4,7 (95% ДИ 1,3–16,2), 2,8 (95% ДИ 1,0–7,8) [19]. Более того, наблюдение 1185 пациентов в исследовании MOST показало, что МРТ-признаки поражения хряща (≥ 2) и остеофитов (≥ 2), при наличии признаков ОКМ или синовита (≥ 1) имеют высокую чувствительность и специфичность (более 90%) для определения как симптоматического, так и рентгенологического прогрессирования ОА [20]. По данным исследовательской программы «Инициатива Остеоартрит», МРТ-признаки повреждения мениска у пациентов с ОА коррелируют с наличием суставной боли (ОШ = 2,82, 95% ДИ 1,79–4,43)

[21]. В работе Z. Zhao и соавт. [22], которые использовали метод компьютерного анализа (всего 421 пораженный КС), была показана корреляция между болью и такими МРТ-признаками, как ОКМ и деструкция суставного хряща.

Корреляция между симптомами и структурными изменениями КС подтверждает значение ХПТБ как предиктора развития ПТОА. Очевидно, что сохранение и прогрессирование МРТ-изменений в группе пациентов с ХПТБ может рассматриваться как проявление ранней стадии этого заболевания. Особое значение здесь имеет нарастание изменений суставного хряща. Этот МРТ-показатель представляется важным в плане развития раннего ОА даже при отсутствии выраженной суставной боли. Деструкция хряща имеет еще большее прогностическое значение, если сохраняются и прогрессируют симптомы, указывающие на поражение КС [23].

Следует отметить, что персистенция симптомов, оцениваемых с помощью стандартного опросника KOOS, относится к основным классификационным критериям раннего ОА, сформулированным исследовательской группой F. Luyten и соавт. (модификация 2018 г.: оценка по двум шкалам KOOS ≤ 85 и наличие болезненности, нарушения функции или крепитации КС) [24]. Недавно были опубликованы две работы, оценивающие исход травмы ПКС, в которых изменения через 1 и 3 года рассматривались в соответствии с модифицированными критериями Luyten. В исследовании A. Cronström и соавт. [25] приняли участие 106 пациентов, перенесших травму ПКС и хирургическую пластику связки. Через 1 год и 3 года число лиц, соответствующих критериям Luyten для раннего ОА, составило 82% и 78%. В исследовании M. Narkey и соавт. [26] оценивалось состояние 82 пациентов (возраст от 13 до 35 лет), перенесших травму и последующую пластику ПКС. Соответствие критериям Luyten для раннего ОА при визитах через 6 и 12 мес. было отмечено у 22% пациентов.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, развитие ХПТБ после травмы КС связано с более высокими темпами прогрессирования структурных изменений пораженного сустава. Персистенция умеренно выраженной или выраженной боли в КС на протяжении более 3 мес. после травмы может рассматриваться как важный предиктор развития ранних стадий ПТОА. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Настоящая работа проводилась с соблюдением прав человека, определенных Хельсинкским соглашением. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБНУ «НИИ ревматологии имени В.А. Насоновой» (протокол № 8 от 25.10.2022).	Ethical review. This work was carried out in compliance with human rights defined by the Helsinki Accords. All patients gave informed consent to participate in the study. The study was approved by the Ethics Committee of the V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology (Protocol No. 8 dated 10/25/2022).
Источник финансирования. Работа выполнена за счет средств бюджетного финансирования на выполнение государственного задания по теме FURS-2022-0009 (номер государственного задания 1021062512064-0).	Study funding. The work was carried out using budgetary funding for the implementation of the state assignment on topic FURS-2022-0009 (state assignment number 1021062512064-0).
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. А.А. Бялик – сбор базы данных, написание текста статьи. С.А. Макаров – отбор пациентов. А.Е. Каратеев – идея исследования, редактирование статьи. В.А. Нестеренко, Д.М. Кудинский – статистическая обработка результатов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Byalik A.A.: collection of database, writing of the text of article. Makarov S.A.: patient selection. Karateev A.E.: idea of the study, editing of the article. Nesterenko V.A., Kudinsky D.M.: statistical processing of results. The authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Zubavlenko RA, Ulyanov VYu, Belova SV. Pathogenic peculiarities of post-traumatic knee osteoarthrosis: analysis of diagnostic and therapeutic strategies (review). *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2020;16(1):50-54. [Зубавленко Р.А., Ульянов В.Ю., Белова С.В. Патогенетические особенности посттравматического остеоартроза коленных суставов: анализ диагностических и терапевтических стратегий (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020;16(1):50-54]. URL: https://ssmj.ru/system/files/archive/2020/2020_01_050-054.pdf
2. Fogarty AE, Chiang MC, Douglas S, et al. Posttraumatic osteoarthritis after athletic knee injury: A narrative review of diagnostic imaging strategies. *PM&R*. 2025;17(1):96-106. DOI: [10.1002/pmrj.13217](https://doi.org/10.1002/pmrj.13217)
3. Whittaker JL, Losciale JM, Juhl CB, et al. Risk factors for knee osteoarthritis after traumatic knee injury: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and cohort studies for the OPTIKNEE Consensus. *Br J Sports Med*. 2022;56(24):1406-1421. DOI: [10.1136/bjsports-2022-105496](https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105496)
4. Gupta S, Sadczuk D, Riddoch FI, et al. Pre-existing knee osteoarthritis and severe joint depression are associated with the need for total knee arthroplasty after tibial plateau fracture in patients aged over 60 years. *Bone Joint J*. 2024;106-B(1):28-37. DOI: [10.1302/0301-620X.106B1.BJJ-2023-0172.R2](https://doi.org/10.1302/0301-620X.106B1.BJJ-2023-0172.R2)
5. Andersen TE, Ravn SL. Chronic pain and comorbid posttraumatic stress disorder: Potential mechanisms, conceptualizations, and interventions. *Curr Opin Psychol*. 2025;62:101990. DOI: [10.1016/j.copsyc.2025.101990](https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.101990)
6. Ashoorion V, Sadeghirad B, Wang L, et al. Predictors of Persistent Post-Surgical Pain Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Pain Med*. 2023;24(4):369-381. DOI: [10.1093/pm/pnac154](https://doi.org/10.1093/pm/pnac154)
7. Kijowski R, Roemer F, Englund M, et al. Imaging following acute knee trauma. *Osteoarthritis Cartilage*. 2014;22(10):1429-43. DOI: [10.1016/j.joca.2014.06.024](https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.06.024)
8. Mahmoudian A, Lohmander LS, Mobasheri A, et al. Early-stage symptomatic osteoarthritis of the knee - time for action. *Nat Rev Rheumatol*. 2021;17(10):621-632. DOI: [10.1038/s41584-021-00673-4](https://doi.org/10.1038/s41584-021-00673-4)
9. Villari E, Digennaro V, Panciera A, et al. Bone marrow edema of the knee: a narrative review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2024;144(5):2305-2316. DOI: [10.1007/s00402-024-05332-3](https://doi.org/10.1007/s00402-024-05332-3)
10. Fogarty AE, Chiang MC, Douglas S, et al. Posttraumatic osteoarthritis after athletic knee injury: A narrative review of diagnostic imaging strategies. *PM&R*. 2025;17(1):96-106. DOI: [10.1002/pmrj.13217](https://doi.org/10.1002/pmrj.13217)
11. Dainese P, Wyngaert KV, De Mits S, et al. Association between knee inflammation and knee pain in patients with knee osteoarthritis: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022;30(4):516-534. DOI: [10.1016/j.joca.2021.12.003](https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.12.003)
12. Ghouri A, Muzumdar S, Barr AJ, et al. The relationship between meniscal pathologies, cartilage loss, joint replacement and pain in knee osteoarthritis: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022;30(10):1287-1327. DOI: [10.1016/j.joca.2022.08.002](https://doi.org/10.1016/j.joca.2022.08.002)
13. Luyten FP, Denti M, Filardo G, et al. Definition and classification of early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(3):401-6. DOI: [10.1007/s00167-011-1743-2](https://doi.org/10.1007/s00167-011-1743-2)
14. van Oudenaarde K, Swart NM, Bloem J, et al. Post-traumatic knee MRI findings and associations with patient, trauma, and clinical characteristics: a subgroup analysis in primary care in the Netherlands. *Br J Gen Pract*. 2017;67(665):e851-e858. DOI: [10.3399/bjgp17X693653](https://doi.org/10.3399/bjgp17X693653)
15. Babalola OR, Itakpe SE, Afolayan TH, et al. Predictive Value of Clinical and Magnetic Resonance Image Findings in the Diagnosis of Meniscal and Anterior Cruciate Ligament Injuries. *West Afr J Med*. 2021;38(1):15-18. PMID: [33463701](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33463701/)
16. Wasser JG, Hendershot BD, Acasio JC, et al. A Comprehensive, Multidisciplinary Assessment for Knee Osteoarthritis Following Traumatic Unilateral Lower Limb Loss in Service Members. *Mil Med*. 2024;189(3-4):581-591. DOI: [10.1093/milmed/usac203](https://doi.org/10.1093/milmed/usac203)
17. Felson DT, Niu J, Guermazi A, et al. Correlation of the development of knee pain with enlarging bone marrow lesions on magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheumatol*. 2007;56(9):2986-92. DOI: [10.1002/art.22851](https://doi.org/10.1002/art.22851)
18. Hill CL, Hunter DJ, Niu J, et al. Synovitis detected on magnetic resonance imaging and its relation to pain and cartilage loss in knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2007;66(12):1599-603. DOI: [10.1136/ard.2006.067470](https://doi.org/10.1136/ard.2006.067470)
19. Macri EM, Neogi T, Jarraya M, et al. Magnetic Resonance Imaging-Defined Osteoarthritis Features and Anterior Knee Pain in Individuals With, or at Risk for, Knee Osteoarthritis: A Multicenter Study on Osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2022;74(9):1533-1540. DOI: [10.1002/acr.24604](https://doi.org/10.1002/acr.24604)
20. Liew JW, Rabasa G, LaValley M, Collins J, Stefanik J, et al. Development of a Magnetic Resonance Imaging-Based Definition of Knee Osteoarthritis: Data From the Multicenter Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheumatol*. 2023;75(7):1132-1138. DOI: [10.1002/art.42454](https://doi.org/10.1002/art.42454)
21. Antony B, Driban JB, Price LL, et al. The relationship between meniscal pathology and osteoarthritis depends on the type of meniscal damage visible on magnetic resonance images: data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis Cartilage*. 2017;25(1):76-84. DOI: [10.1016/j.joca.2016.08.004](https://doi.org/10.1016/j.joca.2016.08.004)
22. Zhao Z, Zhao M, Yang T, et al. Identifying significant structural factors associated with knee pain severity in patients with osteoarthritis using machine learning. *Sci Rep*. 2024;14(1):14705. DOI: [10.1038/s41598-024-65613-0](https://doi.org/10.1038/s41598-024-65613-0)
23. Pius AK, Beynon BD, Fiorentino N, Gardner-Morse M, Vacek PM, et al. Articular cartilage thickness changes differ between males and females 4 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*. 2022;40(1):65-73. DOI: [10.1002/jor.25142](https://doi.org/10.1002/jor.25142)
24. Luyten FP, Bierma-Zeinstra S, Dell'Accio F, et al. Toward classification criteria for early osteoarthritis of the knee. *Semin Arthritis Rheum*. 2018;47(4):457-463. DOI: [10.1016/j.semarthrit.2017.08.006](https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2017.08.006)
25. Cronström A, Risberg MA, Englund M, et al. Symptoms indicative of early knee osteoarthritis after ACL reconstruction: descriptive analysis of the SHIELD cohort. *Osteoarthritis Cartilage*. 2025;7(1):100576. DOI: [10.1016/j.ocarto.2025.100576](https://doi.org/10.1016/j.ocarto.2025.100576)
26. Harkey MS, Driban JB, Baez SE, et al. Persistent Early Knee Osteoarthritis Symptoms From 6 to 12 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train*. 2024;59(9):891-897. DOI: [10.4085/1062-6050-0470.23](https://doi.org/10.4085/1062-6050-0470.23)