

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

УДК 616-72-091:616.72-073.75:616-092.9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ И ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СУСТАВОВ ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

И. Л. Уразовская¹, А. Н. Ткаченко¹, В. М. Хайдаров¹, Д. Ш. Мансуров², А. А. Вороков¹, Е. В. Петрова³, И. С. Владимиров⁴, Д. В. Янкина¹, В. В. Магдалинов¹, В. Д. Савицкий⁵

¹ Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

² Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Республика Узбекистан

³ Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Россия

⁴ ГКУ «Бюро судебно-медицинской экспертизы», Тверь, Россия

⁵ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Экспериментальный остеоартрит может быть инициирован различными методами. Наиболее часто в практике используется химическая индукция с применением моноиодацетата натрия (МИА). Предпринята попытка сравнительной оценки синовита на ранних стадиях развития изменений в суставах в эксперименте с применением синовиальной жидкости пациента и МИА. Необходимо оценить и сравнить рентгенологические и морфологические изменения, возникающие при введении моноиодацетата (МИА) и синовиальной жидкости человека с остеоартритом начальных стадий в коленный сустав крыс. Эксперимент проводили на 20 самцах крыс линии Wistar весом 180–250 г. Сформировано четыре группы по пять животных (группы К, S, М, MS). Группе контроля (группа К) в оба коленных сустава делали инъекцию стерильного 0,9 % раствора хлорида натрия в объеме 10 мл. Группе S в правый коленный сустав вводили 10 мл синовиальной жидкости пациента с II стадией остеоартрита коленного сустава. В левый коленный сустав крыс вводили стерильный 0,9 % раствор хлорида натрия в объеме 10 мл. Животным из группы М в правый коленный сустав вводили 10 мл раствора МИА в дозе 2 мг на 10 мл, в левый коленный сустав 0,9 % раствор хлорида натрия в объеме 10 мл. Животным из группы MS в правый коленный сустав вводили 10 мл раствора МИА, в левый – синовиальной жидкости. Рентгенологическое исследование проводили на 10, 25, 46 сут соответственно дням эвтаназии. В дальнейшем изготавливались гистологические препараты коленных суставов крыс с оценкой гистопатоморфологических признаков качественно и с использованием шкалы Hagen. В группах М и MS выявлены дегенеративно-дистрофические изменения в коленных суставах: отек и воспаление, сужение суставной щели, появление остеофитов, явления остеопороза, которые достигали максимума к 46 сут. В группе К, по рентгенологическим данным, суставная ткань осталась интактна. Наибольшие изменения обнаружены в суставах у крыс, которым вводился МИА, с заметным прогрессированием воспалительных и деструктивных процессов на 25 и 46 сут. При сравнении рентгенологических данных, полученных в ходе эксперимента, выявлено, что максимальные изменения с течением времени наблюдаются в коленных суставах крыс с внутрисуставным введением МИА. В ранние сроки эксперимента не выявлено рентгенологических изменений суставов в группе контроля, а также в суставах, в которые выполнялась инъекция синовиальной жидкости. Изменения в суставах после введения синовиальной жидкости, развивающиеся к концу четвертой недели, отличаются от изменений суставов с введенным МИА, а результаты рентгенологического исследования не отображают полной картины изменений, выявляемых при патоморфологическом исследовании, что не позволяет правильно диагностировать артрит и подобрать терапию в максимально ранние сроки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: остеоартрит в эксперименте, рентгенологическое исследование, моноиодацетат натрия, гистологическое исследование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Уразовская И. Л., Ткаченко А. Н., Хайдаров В. М., Мансуров Д. Ш., Вороков А. А., Петрова Е. В., Владимиров И. С., Янкина Д. В., Магдалинов В. В., Савицкий В. Д. Сравнительная характеристика рентгенологических и патоморфологических изменений суставов при остеоартрите в эксперименте. Российский хирургический журнал. 2025;1(1):51–58.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RADIOLOGICAL AND PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES OF JOINTS IN OSTEOARTHRITIS IN AN EXPERIMENT

I. L. Urazovskaya¹, A. N. Tkachenko¹, V. M. Khaidarov¹, D. Sh. Mansurov², A. A. Vorokov¹, E. V. Petrova³, I. S. Vladimirov⁴, D. V. Iankina¹, V. V. Magdalinov¹, V. D. Savitski⁵

¹ I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia

² Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan

³ Tver State Medical University, Tver, Russia

⁴ Bureau of Forensic Medical Examination, Tver, Russia

⁵ Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. Experimental osteoarthritis can be caused by various methods. Chemical induction using sodium monoiodoacetate (MIA) is most often used in practice. The paper attempts to compare the formation of early osteoarthritis in an experiment with the use of synovial fluid of a patient and with the use of MIA. Objective: to evaluate and compare the radiological and morphological changes that occur when monoiodoacetate (MIA) and synovial fluid of humans with early-stage osteoarthritis are injected into the knee joint of rats. The experiment was carried out on 20 male Wistar rats weighing 180–250 g four groups of five animals (groups K, S, M, MS) were formed. In the control group (group K), a sterile 0.9 % sodium chloride solution in a volume of 10 ml was injected into both knee joints. In Group S, 10 ml of synovial fluid was injected into the right knee joint of a patient with stage II osteoarthritis of the knee joint. A sterile 0.9 % sodium chloride solution in a volume of 10 µl was injected into the left knee joint of rats. Animals from group M were injected with 10 ml of MIA solution at a dose of 2 mg per 10 ml into the right knee joint, and 0.9 % sodium chloride solution in a volume of 10 ml into the left knee joint. Animals from the MS group were injected with 10 µl of MIA solution into the right knee joint, and synovial fluid into the left. X-ray examination was performed on days 10, 25, 46, respectively, on the days of euthanasia. Subsequently, histological preparations of the knee joints of rats were produced with an assessment of histopathomorphological features qualitatively and using the Mankin and Hagen scales. In groups M and MS, degenerative-dystrophic changes in the knee joints were detected: swelling and inflammation, narrowing of the articular gap, the appearance of osteophytes, and the phenomena of osteoporosis, which reached a maximum by 46 days. In group K, according to X-ray data, the joint tissue remained intact. The greatest changes were found in the joints of rats treated with MIA, with a marked progression of inflammatory and destructive processes on days 25 and 46. When comparing the X-ray data obtained during the experiment, it was revealed that the maximum changes over time are observed in the knee joints of rats with intraarticular injection of MIA. In the early stages of the experiment, there were no X-ray changes in the joints in the control group, as well as in the joints into which synovial fluid was injected. The changes in the joints after the introduction of synovial fluid, which develop by the end of four weeks, differ from the changes in the joints with the introduction of MIA.

KEYWORDS: osteoarthritis in experiment, X-ray examination, sodium monoiodoacetate, histological examination

FOR CITATION: Urazovskaya I. L., Tkachenko A. N., Khaidarov V. M., Mansurov D. Sh., Vorokov A. A., Petrova E. V., Vladimirov I. S., Iankina D. V., Magdalinov V. V., Savitski V. D. Comparative characteristics of radiological and pathomorphological changes of joints in osteoarthritis in an experiment. *Russian Surgical Journal*. 2025;1(1): 51–58 (In Russ.).

Введение

Остеоартрит – одно из самых широко распространенных заболеваний во всем мире. Ранняя диагностика остеоартрита и, как следствие, раннее начало лечения представляет проблему артрологии. Формирование начальных стадий остеоартрита в эксперименте позволяет исследователям изучать возможности ранней диагностики и лечения этого заболевания.

Остеоартрит является одной из основных причин инвалидизации в мире, конкурируя с сердечно-сосудистыми заболеваниями, новообразованиями, заболеваниями нервной и дыхательной систем [1]. Согласно исследованию ВОЗ, число пациентов с остеоартритом неуклонно растет и составляет около 10–15 % населения планеты [2–4]. Заболеваемость остеоартритом в России неуклонно растет, однако отмечается неравномерное распределение количества пациентов по регионам. В ранее проводившихся исследованиях в регионах Северо-Западного Федерального округа распространенность остеоартрита среди жителей

Санкт-Петербурга значимо превосходит как показатели по регионам СЗФО, так и средние показатели по округу в целом. Данная тенденция прослеживалась на протяжении всего периода исследования с 2012–2019 гг. На сегодняшний день заболеваемость остеоартритом в два и более раз превосходит показатели по Москве и РФ в целом [5]. В 2021 г. общая заболеваемость остеоартритом в РФ выросла на 2 % и составила 3287,4 случая на 100 тыс. населения (3 806 414 человек) [6].

Во всем мире золотым стандартом диагностики остеоартрита по-прежнему остается рентгенологическое исследование с классификацией Kellgren – Lawrence. Однако рентгенологические изменения не всегда коррелируют с интенсивностью болевого синдрома и морфологической картиной [7, 8]. Вопросы вызывает явное несоответствие между рентгенологическими данными и симптоматикой пациентов. У части обследованных прогрессирующий остеоартрит сопровождался минимальной потерей трудоспособности, в то время как у других пациентов сильная боль, скованность и нетрудоспособность на ранних стадиях

заболевания не сопровождалось ярко выраженными рентгенологическими изменениями. Кроме того, отмечается более высокая частота бессимптомного остеоартрита, диагностируемого с помощью рентгенографии, по сравнению с симптоматическим остеоартритом, что подтверждается данными, полученными в ходе когортных исследований [9].

В недавних исследованиях предпринята попытка устранить это несоответствие, описав синовит как «недостающее звено» между рентгенологическими данными и клиническими симптомами, а МРТ-исследования, оценивающие, например, синовит у пациентов с остеоартритом коленного сустава, показали, что синовит ассоциируется с симптоматикой и болью [10]. В исследовании Т. А. Perry и соавторов (2021) увеличение объема синовиальной ткани как в суставе в целом, так и отдельных его участках связано с болевым синдромом. В связи с этим предложено использовать показатель объема синовиальной ткани по отношению к размеру мышечка бедренной кости в качестве показателя, влияющего на исход остеоартрита коленного сустава в клинических испытаниях [11]. Как известно, синовит может быть самым ранним, а зачастую единственным проявлением ряда клинических заболеваний. У здоровых испытуемых синовит также может встречаться в 5–27 % случаев [12].

Исход синовита может сильно варьировать в зависимости от условий возникновения и характера воспалительной реакции: от быстрого и полного разрешения до перехода в хроническое воспаление и повреждение структур сустава. Следует также помнить, что без патоморфологического исследования на ранних сроках воспаления невозможно отличить синовит ассоциированный с аутоиммунным воспалением, например, при ревматоидном артрите, и синовит при остеоартрите [13]. Интенсивность воспалительной реакции при остеоартрите не так выражена, как при ревматоидном артрите. Для диагностики EULAR предлагает использовать различные дополнительные инструментальные методики УЗИ, МРТ. При этом результаты данных диагностических методов соотносят с патоморфологической картиной материала, полученного путем артроскопии и/или артроцентеза [14].

Гистологические изменения при синовите включают утолщение синовиальной оболочки, лейкоцитарный инфильтрат, увеличение плотности стромы и повышенную васкуляризацию и фиброзирование. Разросшаяся синовиальная оболочка содержит более восьми слоев клеток, что нарушает процессы кровоснабжения и происходит стимуляция выработки фибробластами проангиогенных факторов. Однако без эффективного кровоснабжения прогрессирование воспалительного процесса нарушается, что можно видеть на животных моделях [15–17].

Существует несколько вариантов гистологических шкал синовита, среди которых наиболее часто используется шкала GSS [18]. В 2019 г. на основе GSS разработана шкала IMSYC (Immunologic Synovitis Score), учитывающая иммуногистохимические маркеры, что способно не только помочь в диагностике синовита, но и влиять на выбор терапии на ранних этапах [19].

Характеристика хрящевой ткани сустава выполняется в эксперименте по модифицированной шкале Mankin в баллах от 0 до 3 [20], а также оценка по шкале OARSI для гистологической оценки остеоартрита у крыс. Изучены особенности рентгенологической и морфологической картины экспериментального остеоартрита, формирующегося путем введения МИА и синовиальной жидкости пациента с остеоартритом II–III стадии.

Цель статьи – оценить и сравнить рентгенологические и морфологические изменения, возникающие при введении моноиодацетата (МИА) и синовиальной жидкости человека с остеоартритом II стадии (по классификации Kellgren – Lawtence) в коленный сустав крыс. Предполагается, что изменения, развивающиеся во время индукции остеоартрита путем введения МИА и синовиальной жидкости пациента, могут иметь сходную рентгенологическую и патоморфологическую характеристики и отличаться скоростью и характером развития внутрисуставных изменений.

Материалы и методы

Эксперимент проводился на базе ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России, кафедре промышленной экологии с соблюдением всех мер безопасности на 20 самцах крыс линии Wistar весом 180–250 г. Животные получены из ФГБУН НЦБМТ ФМБА России филиал «Электрогорский». Для кормления животных использовался полнорационный корм ЛБК-120 для крыс и мышей ЗАО «Тосненский комбикормовый завод», доступ к еде и воде свободный. Подвижность животных ограниченная, в типовых условиях вивария. Под клинико-ветеринарным наблюдением ежедневно животные получали одно и то же количество пищи и воды, содержались в индивидуальных клетках при температуре в боксе 19–23 °С, относительной влажности 60±10 %, с установкой пребывания в светлом режиме суток не менее 12 ч.

Все манипуляции с животными проводили в соответствии с принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей (Страсбург, 1986), Директивой 2010/63/ EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях, Рекомендацией коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11. 2023 г. № 33 «О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований». Исследования одобрены биоэтической комиссией ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России (протокол заседания № Rats-SA-15.01.2024).

В период адаптации животные случайным образом разделены на группы по пять особей в поликарбонатные клетки с подстилом из древесных стружек (ООО «Биосфера», Санкт-Петербург). Далее в произвольном порядке животные распределены в четыре группы по пять животных (группы К, S, М, MS).

Группе контроля (группа К) в оба коленных сустава вводили стерильный 0,9 % раствор хлорида натрия в объеме 10 мкл.

Группе S в правый коленный сустав вводили 10 мкл синовиальной жидкости пациентов с остеоартритом коленного сустава, полученной в ходе выполнения артроскопического исследования. В левый коленный сустав крыс вводили стерильный 0,9 % раствор хлорида натрия в объеме 10 мкл.

Животным из группы М в правый коленный сустав вводили 10 мкл раствора моноиодацетата (МИА) в дозе 2 мг на 10 мкл, в левый коленный сустав 0,9 % раствор хлорида натрия в объеме 10 мкл. Раствор МИА готовили в день проведения инъекции, для этого взвешивали 30 мг моноиодацетата (Sigma) и растворяли в 150 мкл стерильного физиологического раствора. После приготовления раствор пропускали через фильтр с размером пор 0,22 мкм. Готовый раствор использовали в течение суток.

Животным из группы MS в правый коленный сустав вводили 10 мкл синовиальной жидкости, в левый – раствор МИА.

Чтобы оценить скорость и характер морфологических изменений суставов и тканей путем рентгеновского исследования коленного сустава с дальнейшим гистопатоморфологическим исследованием, животных выводили из эксперимента по одной особи из группы на 10 сут после введения препаратов, далее по две особи из группы на 25 и 46 сут после однократного введения субстанций.

Эвтаназию испытуемых групп животных (крыс) проводили препаратом для ингаляционного наркоза – Изофлураном [21]. Для этого ватный шарик, пропитанный Изофлураном, помещался в эксикатор. Все манипуляции проводились в вытяжном шкафу для обеспечения безопасности и соблюдения правил работы с наркотическими препаратами. После эвтаназии крыс укладывали в положение лежа на спине с 0° сгибанием бедра, отведением, внутренней и наружной ротацией. Обе конечности были зафиксированы на столе скотчем.

Передняя рентгенография коленного и тазобедренного суставов сделана с помощью портативного ветеринарного рентгеновского аппарата DS.Xray 5010t/5080t. Боковые изображения выполнены при 45° сгибания и отведения и 0° внутренней и наружной ротации. Рентгенологическое исследование проводили через 10, 25, 46 сут. Рентгеновские изображения классифицированы на основе классификации Kellgren J. H., Lawrence J. S. (KL) [22] как степень 0 (нет: отсутствие рентгенографических признаков остеоартрита), степень 1 (сомнительная: сомнительное сужение суставной щели [JSN] и возможный остеофит), степень 2 (минимальная: наличие определенных остеофитов и возможного JSN), степень 3 (средняя: множественные остеофиты, определенный JSN, склероз, возможная костная деформация) и степень 4 (тяжелая: крупные остеофиты, выраженный JSN, тяжелый склероз и определенная костная деформация).

Гистопатоморфологическая оценка изменений коленных суставов крыс с предполагаемым химически индуцированным остеоартритом обоих коленных суставов осуществлялась по следующему протоколу: на первом этапе выполнялась фиксация в 10 % нейтральном забуференном формалине («БиоВитрум», Россия) в соотношении 1:2 – 72 ч.

Вторым этапом исследуемую конечность очищали от окружающих кожи и мягких тканей, помещали в 10 % нейтральный забуференный формалин («БиоВитрум», Россия) в соотношении 1:20 и оставляли для фиксации на 72 ч.

Третий этап – изготовление гистологических препаратов: декальцинация в декальцинирующем растворе «Электrolitный декальцинирующий раствор» («БиоВитрум», Россия) при соотношении 1:50 в течение 36 ч с ежедневной заменой декальцинирующей жидкости. Для определения конечной точки декальцинации все исследуемые фрагменты ткани подвергались физической пробе посредством сгибания и проколом тонкой иглой: декальцинация считалась законченной, если материал легко сгибался, а игла проходила сквозь костную ткань без хруста. После завершения декальцинации образцы вырезали до нужного размера, помещали в гистологические кассеты, промывали водопроводной водой в течение 30 мин. Гистологическая проводка, заливка, микротомия при толщине срезов 3–5 мкм – стандартная методика. Изготовление нескольких срезов от каждого образца и их окрашивание двумя типами обзорных красителей (гематоксилином и эозином, Сафранином О).

Четвертый этап – оценка окрашенных образцов. Оценка по шкале Mankin [20] и OARSИ для гистологической оценки

остеоартрита у крыс [23]. Учитывались: толщина хрящевого матрикса, шкалы дегенеративных изменений хряща, глубина поражения, шкала оценки остеофитов, шкала оценки кальцификации хряща и разрушения субхондральной кости, оценка синовии (тип воспалительных изменений, степень).

Результаты

В ходе проводимого эксперимента при выполнении рентгенографического исследования в группах животных с внутрисуставным введением 0,9 % раствора хлорида натрия изменения структуры сустава и суставной щели не выявлено. Гистологическое строение также соответствовало норме. Синовиальные оболочки были сохранены, выступая в суставную полость в виде клинообразных складок. Синовиоциты ориентированы продольно, в 2–3 ряда клеток. Гиалиновый хрящ с хорошо выраженным зональным строением. Толщина хряща одинаковая на всех участках, хондроциты хорошо визуализировались, расположены в лакунах.

В группах S, MS отмечалось расхождение в полученных рентгенографических и патоморфологических данных. Изменения при рентгенографическом и патоморфологическом исследовании суставов с введением синовиальной жидкости пациента с остеоартритом на 10 сут эксперимента отсутствовали по сравнению с контрольными группами с введением 0,9 % раствора хлорида натрия (рис. 1, а, б).

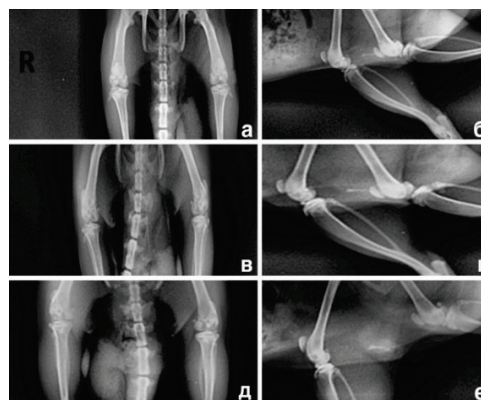


Рис. 1. Рентгенографические изменения коленных суставов у животных из группы S (в правый коленный сустав введена синовиальная жидкость пациента с остеоартритом): а, б – 10 сут эксперимента; в, г – 25 сут; д, е – 46 сут

Изменения в суставах в виде неспецифического уплотнения тканей и умеренного сужения суставной щели без структурных изменений к 25 сут эксперимента наблюдались у данных групп животных (рис. 1, в, г) и практически не прогрессировали к 46 сут (рис. 1, д, е). Патоморфологическая картина на 25 и 46 сут была отлична от данных рентгенографии. Помимо нарастания отека, отмечалась очаговая гиперплазия синовиальной оболочки, в нескольких полях зрения оболочка инфильтрирована лимфоцитами и плазмócитами, отмечалось сужение суставной щели, толщина хряща неравномерно уменьшалась на различных участках, при этом деструктивных очагов не было (рис. 2, а–д). К 46 сут отмечался нарастающий отек и разволокнение матрикса синовиальной оболочки. Синовия гиперплазирована, с участками пролиферации новообразованных полнокровных сосудов. Отмечались признаки дистрофических изменений хрящевой ткани со снижением

толщины хряща, хаотичного расположения хондроцитов, с наличием единичных бесклеточных участков (рис. 2, в, е). Субхондральная кость была интактна.

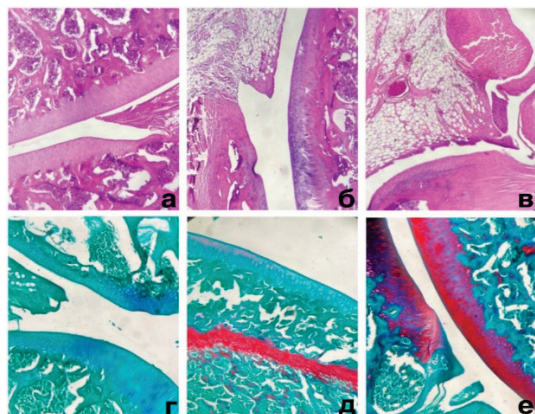


Рис. 2. Патоморфологическая характеристика гистологических препаратов коленных суставов крыс группы S (в правый коленный сустав введена синовиальная жидкость пациента с остеоартритом) окрашивание гематоксилин-эозин, сафранин О): а, г – 10 сут эксперимента, оценка по шкале Неген: 3; б, д – 25 сут, оценка по шкале Неген: 7; в, е – 46 сут, оценка по шкале Неген: 11

При введении МИА имелись наиболее выраженные воспалительные изменения начиная с 10 сут эксперимента, прогрессирующие к концу шестой недели исследования: остеофиты, практически полное отсутствие суставной щели и появление деструкции мыщелков бедренной кости соответствовало конечной стадии остеоартрита согласно классификации K-L (рис. 3, а, б). В то же время у крыс

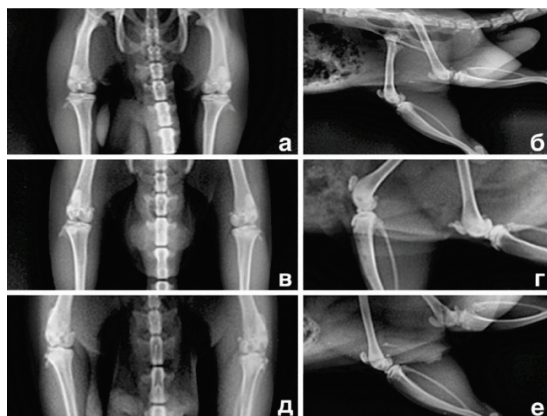


Рис. 3. Рентгенографические изменения коленных суставов у животных из группы MS (в правый коленный сустав введена синовиальная жидкость пациента с остеоартритом, в левый – моноиодатетат натрия: а, б – 10 сут эксперимента; в, г – 25 сут; д, е – 46 сут

групп М и MS, выведенных на 10 сут (первая точка эксперимента), при визуальном осмотре суставных поверхностей изменения в основном носили характер подострого воспаления с выраженным отеком и сужением суставной щели правого коленного сустава, а с 25 сут (вторая точка) наблюдались признаки необратимого повреждения суставного аппарата (рис. 3, в–е).

Патоморфологическая картина на 10 сут: отек синовиальной оболочки и лимфоплазмочитарная инфильтрация, толщина хряща на отдельных участках снижена (рис. 4, а, г).

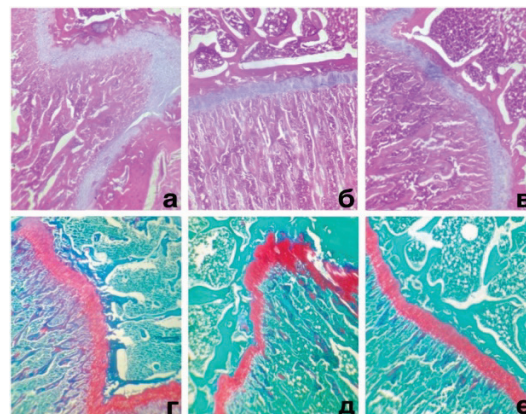


Рис. 4. Патоморфологическая характеристика гистологических препаратов коленных суставов крыс группы MS (в правый коленный сустав введена синовиальная жидкость пациента с остеоартритом, в левый – моноиодатетат натрия) окрашивание гематоксилин-эозин, сафранин О): а, г – 10 сут эксперимента, оценка по шкале Неген: 3; б, д – 25 сут, оценка по шкале Неген: 9; в, е – 46 сут, оценка по шкале Неген: 11

С 25 сут отмечались прогрессирующие изменения со значительным утолщением синовиальной оболочки, участками фиброза, большого количества тонкостенных новообразованных сосудов, лимфоцитарно-плазмочитарная инфильтрация (рис. 4, б, д). Следует отметить резкое сужение просвета суставной щели, вплоть до полного отсутствия. Наиболее заметны деструктивные изменения хрящевой ткани с ее практически полным истончением до субхондральной кости. Зональная структура утрачена, слои не различимы, хондроциты располагаются беспорядочно, отмечается большое количество бесклеточных участков, разрушение субхондральной кости. К 46 сут наблюдается регресс патологического процесса (рис. 4, в, е).

Обсуждение

Ранняя диагностика синовита, лежащего в основе артритов в целом и изменений в частности, приводящих к развитию хронического воспаления с нарушением функции суставов и их деформацией, играет ключевую роль для выбора тактики лечения пациента. Использование на ранних клинических, а по показаниям и доклинических стадиях развития артрита артроскопии и/или артроцентеза, дает возможность оценить и морфологическую картину заболевания, а в дальнейшем, подобрав более индивидуализованную схему терапии, сделать обострение и прогрессирование артрита обратимым. Ревматологи одни из первых, кто до Второй мировой войны разрабатывал и внедрял в практическую деятельность артроскопию. В настоящее время хрящи можно увидеть с помощью магнитно-резонансной томографии, но некоторые особенности остеоартроза, такие как высокая распространенность видимого кальциноза, требуют дальнейшего изучения с помощью артроскопии.

Несмотря на то, что биопсия под ультразвуковым контролем вытесняет артроскопию, и несмотря на преимущества последней, возможность получения большего количе-

ства ткани, выбор образца для биопсии на основе прямого визуального контроля, взятие ткани из нескольких участков, и учитывая потенциально терапевтический эффект санации и промывания, артроскопию все еще используют недостаточно часто в практической деятельности. Новые минископы, а также вновь появившийся интерес к артроскопии в клинической практике, делает данное исследование перспективным и высокоэффективным для ранней диагностики и подбора терапии с целью предупреждения дальнейшего прогрессирования и обратимости развивающегося воспаления на ранних стадиях заболевания.

Выводы

В ходе выполненного исследования представлено расхождение между рентгенологической и патоморфологической картиной изменений в коленных суставах. Скорость прогрессирования этих изменений также отличается и носит ускоренный индуцированный характер. Необратимый выраженный характер изменений при рентгенологическом исследовании после введения МИА сопровождается изменением и патоморфологической картины с нарастанием деструктивно-дистрофических изменений ткани сустава. В то же время при введении синовиальной жидкости пациента прогрессирование процесса не столь выражено и характеризуется умеренными изменениями по данным морфологического исследования. Однако данные изменения не регистрируются с помощью рентгенологической диагностики, что демонстрирует ограниченные возможности при постановке диагноза с использованием рентгенографии суставов, особенно, при впервые возникших клинических проявлениях у пациентов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Ethics approval. The study was approved by the Local Ethics Committee.

Информированное согласие. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Informed consent. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Wang F., Cao Y., Lu H., et al. Osteoarthritis Incidence Trends Globally, Regionally, and Nationally, 1990-2019: An Age-Period-Cohort Analysis. *Musculoskeletal Care*. 2025;23(1):e70045. DOI: 10.1002/msc.70045.
2. Cunningham L. S., Kelsey J. L. Epidemiology of musculoskeletal impairments and associated disability. *Am J Public Health*. 1984;74(6):574–9.
3. Branco J. C., Rodrigues A. M., Gouveia N., et al. Prevalence of rheumatic and musculoskeletal diseases and their impact on health-related quality of life, physical function and mental health in Portugal: results from EpiReumaPt – a national health survey. *RMD Open*. 2016;2(1):e000166. DOI: 10.1136/rmdopen-2015-000166.
4. Long H., Liu Q., Yin H., et al. Prevalence trends of site-specific osteoarthritis from 1990 to 2019: Findings from the global burden of disease study 2019. *Arthritis Rheumatol*. 2022;74(7):1172–1183.
5. Мазуров В. И., Сайганов С. А., Ткаченко А. Н. и др. Распространенность остеоартрита и проблемы его статистического учета. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021;16(2):764–770. [Mazurov V. I., Saiganov S. A., Tkachenko A. N., et al. The prevalence of osteoarthritis and the problems of its statistical accounting. *Health is the basis of human potential: problems and solutions*. 2021;16(2):764–770. (In Russ.).]
6. Чилилов А. М., Оськов Ю. И., Зеленова О. В., Абрамов С. И. Анализ эпидемиологических показателей остеоартрозов по данным форм государственного статистического наблюдения за период 2017–2021 гг. в Российской Федерации. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2023;2:123–142. [Chililov A. M., Oskov Yu. I., Zelenova O. V., Abramov S. I. Analysis of epidemiological indicators of osteoarthritis according to the given forms of state statistical observation for the period 2017–2021 in the Russian Federation. *Current problems of health care and medical statistics*. 2023;2:123–142. DOI: 10.24412/2312-2935-2023-2-123-142. (In Russ.).]
7. Ткаченко А. Н., Деев Р. В., Балглей А. Г. и др. Особенности морфологической картины остеоартрита у пациентов, перенесших артропластику коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2023;1:59. [Tkachenko A. N., Deev R. V., Balgley A. G., et al. Morphological features of osteoarthritis in patients undergoing knee arthroplasty. *Modern problems of science and education*. 2023;1:59. (In Russ.).]
8. Kim C., Linsenmeyer K. D., Vlad S. C. et al. Prevalence of radiographic and symptomatic hip osteoarthritis in an urban United States community: the Framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheumatol*. 2014;66(11):3013–3017.
9. Eckstein F., Wirth W., Nevitt M. C. Recent advances in osteoarthritis imaging – the osteoarthritis initiative. *Nat Rev Rheumatol*. 2012;8:622–630.
10. Yang X., Thudium C. S., Bay-Jensen A. C., et al. Association between markers of synovial inflammation, matrix turnover and symptoms in knee osteoarthritis: a cross-sectional study. *Cells*. 2021;10:1826.
11. Perry T. A., Yang X., van Santen J., et al. Quantitative and semi-quantitative assessment of synovitis on MRI and the relationship with symptoms in symptomatic knee osteoarthritis. *Rheumatology*. 2021;60:1763–1773.
12. Guillen Astete C., Lois Iglesias A., Blazquez Canamero M., et al. Asymptomatic lupus arthropathy: comparison of ultrasonographic findings with healthy people. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2012;71(suppl. 3):605.

13. Алексеева О. Г. Ультразвуковое исследование суставов при ревматоидном артрите: патогенетическая обоснованность, возможности использования в диагностике, оценке эффективности терапии и прогнозировании исходов. *Научно-практическая ревматология*. 2018;56(1):82–92. [Alekseeva O. G. Ultrasound examination of joints in rheumatoid arthritis: pathogenetic validity, possibilities of use in diagnosis, evaluation of the effectiveness of therapy and prediction of outcomes. *Scientific and practical rheumatology*. 2018;56(1):82–92. (In Russ.)].
14. Mathiessen A., Conaghan P. G. Synovitis in osteoarthritis: current understanding with therapeutic implications. *Arthritis Res Ther*. 2017;19(1):18. DOI: 10.1186/s13075-017-1229-9.
15. Ткаченко А. Н., Деев Р. В., Старчик Д. А., и др. Преждевременное эндопротезирование тазобедренного сустава при остеоартрите. Физическая и реабилитационная медицина. 2023;5(3):49–58. [Tkachenko A. N., Deev R. V., Starchik D. A., et al. Premature hip replacement in osteoarthritis. *Physical and rehabilitation medicine*. 2023;5(3):49–58. (In Russ.)].
16. Tamer I. H., Hä rle P., Müller-Ladner U., et al. The different stages of synovitis: acute vs chronic, early vs late and non-erosive vs erosive. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2005;19(1):19–35. DOI: 10.1016/j.berh.2004.08.002
17. Caliozna L., Berni M., Torriani C., et al. Pathogenesis of osteoarthritis, rheumatoid arthritis, and hemophilic arthropathy: The role of angiogenesis. *Haemophilia*. 2024;30(6):1256–1264. DOI: 10.1111/hae.15097
18. Krenn V., Morawietz L., Hä upl T., et al. Grading of Chronic Synovitis – A Histopathological Grading System for Molecular and Diagnostic Pathology. *Pathol Res Pract*. 2002;198(5):317–325. DOI: 10.1078/0344-0338-5710261
19. Najm A., le Goff B., Venet G., et al. IMSYC immunologic synovitis score: A new score for synovial membrane characterization in inflammatory and non-inflammatory arthritis. *Joint Bone Spine*. 2019;86(1):77–81. DOI: 10.1016/j.jbspin.2018.04.004
20. Mankin H. J., Dorfman H., Lippiello L., Zarins A. Biochemical and metabolic abnormalities in articular cartilage from osteoarthritic human hips. II. Correlation of morphology with biochemical and metabolic data. *J Bone Joint Surg Am*. 1971;53(3):523–37.
21. Marquardt N., Feja M., Hünigen H., et al. Euthanasia of laboratory mice: Are isoflurane and sevoflurane real alternatives to carbon dioxide? *PLoS One*. 2018;13(9):e0203793. DOI: 10.1371/journal.pone.0203793
22. Kellgren J. H., Lawrence J. S. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1957;16(4):494–502.
23. Gerwin N., Bendele A. M., Glasson S., Carlson C. S. The OARS histopathology initiative recommendations for histological assessments of osteoarthritis in the rat. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010;(Suppl3):S24–34. DOI: 10.1016/j.joca.2010.05.030

Поступила 10.02.2025

Принята 19.02.2025

Опубликована 12.05.2025

Received 10.02.2025

Accepted 19.02.2025

Publication 12.05.2025

Авторы

Уразовская Ирина Леонидовна – канд. мед. наук, ассистент, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, doc.urazovskaya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>

Ткаченко Александр Николаевич – д-р мед. наук, профессор, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, altkachenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>

Хайдаров Валерий Михайлович – канд. мед. наук, доцент, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, valerii.khaidarov@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>

Мансуров Джалолидин Шамсидинович – канд. мед. наук, заведующий кафедрой, Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Республика Узбекистан, jalolmedic511@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>

Вороков Алимбек Альбертович – ординатор клиники травматологии и ортопедии, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, alimbekvor@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-0644-9701>

Петрова Екатерина Владимировна – ассистент, Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Россия, shvedkaterina0@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-0428-8414>

Владимиров Игорь Сергеевич – судебно-медицинский эксперт, ГКУ «Бюро судебно-медицинской экспертизы», Тверь, Россия, <https://orcid.org/0000-0005-2830-4043>

Янкина Диана Владимировна – ординатор, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, doc.urazovskaya@gmail.com

Магдалинов Вадим Вадикович – ординатор клиники травматологии и ортопедии, Северо-Западный государственный университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, magdalinov97@list.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2786-513X>

Савицкий Вячеслав Дмитриевич – студент, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, slava_savitski@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7367-7528>

Authors

Urazovskaya Irina Leonidovna – Candidate of Medical Sciences, Assistant, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, doc.urazovskaya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>

Tkachenko Alexandr Nikolaevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, altkachenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>

Khaidarov Valerii Mikhailovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, valerii.khaidarov@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>

Mansurov Djalolidin Shamsidinovich – Candidate of Medical Sciences, Head of Department, Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan, jalolmedic511@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>

Vorokov Alim Albertovich – Resident of the Clinic of Traumatology and Orthopedics, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, alimbekvor@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-0644-9701>

Petrova Ekaterina Vladimirovna – Assistant, Tver State Medical University, Tver, Russia, shvedkaterina0@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-0428-8414>

Vladimirov Igor Sergeyevich – Forensic Medical Expert, Bureau of Forensic Medical Examination, Tver, Russia, <https://orcid.org/0000-0005-2830-4043>

Iankina Diana Vladimirovna – Resident, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, doc.urazovskaya@gmail.com

Magdalinov Vadim Vadikovich – Resident of the Clinic of Traumatology and Orthopedics, I. I. Mechnikov Northwestern State University, St. Petersburg, Russia, magdalinov97@list.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2786-513X>

Savitski Viacheslav Dmitrievich – Student, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, slava_savitski@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7367-7528>