



# КОМПЛЕКСНАЯ ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СУСТАВОВ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Анна Алексеевна Гаус<sup>1</sup>, Эльвира Эрадиевна Бегендикова<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

<sup>2</sup>Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии», Сургут, Россия

**Аннотация.** Проведен актуализирующий анализ релевантных литературных данных особенностей лучевой диагностики заболеваний суставов у пациентов с сахарным диабетом с учетом патогенетических особенностей и возможности маркирования симптомов. Основными заболеваниями суставов при осложнении сахарного диабета являются специфическая диабетическая нейроартропатия (артропатия Шарко), остеоартроз, адгезивный капсулит; мягких тканей – синдром ограниченной подвижности суставов (хироартропатия, синдром диабетической скованности рук), синдром запястного канала, стенозирующий тендовагинит, контрактура Дюпюитрена, адгезивный капсулит (плечелопаточный периартрит), диабетическая амиотрофия (диабетическая саркопения), диабетический инфаркт мышц (диабетический мионекроз); периферических нервов (диабетическая полинейропатия). Рассмотрены основные патогенетические особенности течения на основании патогенеза сахарного диабета, а также лучевая диагностика заболеваний суставов.

Стандартным методом лучевой диагностики заболеваний суставов является рентгенография. Однако данный метод в ряде случаев имеет недостатки и может исказить реальную картину заболевания. Ультразвуковое исследование позволяет повысить эффективность диагностики, но наибольшую диагностическую информативность имеют компьютерная томография и особенно магнитно-резонансная томография. Проведен сравнительный анализ структурных особенностей заболеваний суставов, на выявление которых направлены методы лучевой диагностики.

Индивидуальный подбор метода лучевой диагностики с учетом стадии заболевания, особенностей патогенеза и клинических проявлений позволит повысить эффективность диагностики и последующей терапии заболеваний суставов, протекающих на фоне сахарного диабета.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, заболевания суставов, лучевая диагностика, рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковое исследование

**Шифр специальности:** 3.1.25. Лучевая диагностика.

3.3.3. Патологическая физиология.

**Для цитирования:** Гаус А. А., Бегендикова Э. Э. Комплексная лучевая диагностика заболеваний суставов у пациентов с сахарным диабетом // Вестник СурГУ. Медицина. 2026. Т. 19, № 1. С. 71–81. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2026-1-9>.

Review article

## COMPREHENSIVE RADIODIAGNOSIS OF JOINT DISEASES IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS

Anna A. Gaus<sup>1</sup>, Elvira E. Begendikova<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Surgut State University, Surgut, Russia

<sup>2</sup>Yugra Diagnostics and Cardiovascular Surgery Center, Surgut, Russia

**Abstract.** The article analyzes the relevant literature data on features of joint disease radiodiagnosis in patients with diabetes mellitus, given the condition's pathogenic peculiarities and the possibility of symptom identification. The main diabetes mellitus complications affecting joints are Charcot neuroarthropathy (Charcot foot), osteoarthritis, adhesive capsulitis, and diabetic polyneuropathy affecting peripheral nerves. Conditions affecting soft tissues include limited joint mobility syndrome (cheiroarthropathy, diabetic hand syndrome), carpal tunnel syndrome, stenosing tenosynovitis, Dupuytren's contracture, adhesive capsulitis (frozen shoulder), diabetic amyotrophy (diabetic sarcopenia), and diabetic muscle infarction (diabetic myonecrosis). The paper considers joint diseases radiodiagnosis and major diabetes mellitus complications based on pathogenesis of the specified condition.

The standard radiological method for joint disease diagnostics is radiography. At the same time, this technique has disadvantages and may alter the real clinical picture of the disease. Ultrasound scanning enables enhanced diagnostics effectiveness. However, the most informative methods are computed tomography and magnetic reso-

nance imaging. The authors conduct a comparative analysis of joint diseases' structural features, which are detected using the aforementioned radiological research methods.

The personalized approach to radiodiagnosis in accordance with the disease stage, pathogenesis, and clinical aspects allows for improving the diagnostics effectiveness and subsequent treatment of joint diseases associated with diabetes mellitus.

**Keywords:** diabetes mellitus, joint diseases, radiodiagnosis, radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging, ultrasound scanning

**Code:** 3.1.25. Radiation Therapy.  
3.3.3. Pathophysiology.

**For citation:** Gaus A. A., Begendikova E. E. Comprehensive radiodiagnosis of joint diseases in patients with diabetes mellitus. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2026;19(1):71–81. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2026-1-9>.

## ВВЕДЕНИЕ

Сахарный диабет (СД) является группой метаболических заболеваний, в основе патогенеза которых лежит нарушение секреции и/или действия инсулина, которое приводит к развитию хронической гипергликемии [1]. По данным Международной федерации диабета (International Diabetes Federation, IDF), количество пациентов с СД в мире в 2024 г. достигло 589 млн, что опередило ранее прогнозируемые темпы прироста на 25 лет, а к 2050 г. ожидается увеличение распространенности заболевания на 44,8%, до 853 млн человек [2]. В РФ в соответствии с данными Федерального реестра СД, в режиме онлайн на 11.05.2025 на учете состоит 5 540 205 пациентов. Среди пациентов с сахарным диабетом распространенность болевого синдрома в 1,7–2,1 раза выше, чем у лиц без диабета. При сахарном диабете 2-го типа частота осложнений со стороны опорно-двигательного аппарата выше, чем при СД 1-го типа (37,4 против 17,2%) [3].

Ранняя диагностика и своевременная терапия заболеваний опорно-двигательного аппарата улучшают качество жизни диабетических пациентов. Распространены следующие осложнения сахарного диабета со стороны опорно-двигательного аппарата [4, 5]:

1) поражение мягких тканей – синдром ограниченной подвижности суставов (хироартропатия, синдром диабетической скованности рук); синдром запястного канала, стенозирующий тендовагинит, контрактура Дююитрена, адгезивный капсулит (плечелопаточный периартериит);

2) поражение мышц – диабетическая амиотрофия (диабетическая саркопения), диабетический инфаркт мышц (диабетический мионекроз);

3) поражение периферических нервов – диабетическая полинейропатия;

4) поражение суставов – диабетическая нейроартропатия (артропатия Шарко), остеоартроз, адгезивный капсулит;

5) поражение костей – остеопороз и диффузный идиопатический гиперостоз скелета.

Ряд осложнений со стороны опорно-двигательного аппарата характерен только для СД (например, диабетическая нейроартропатия), однако также в классификацию включены поражения мягких тканей, суставов, костей и мышц, характерных для общей популяции, но имеющих большую частоту в популяции пациентов с СД как 1-го, так и 2-го типа [6–8]. Факт того, что СД является независимым фактором риска развития остеоартроза, был подтвержден

в двух метаанализах и экспериментальной модели СД *in vivo* у крыс [9–11].

Эпидемиологически заболевания опорно-двигательного аппарата являются одним из осложнений СД, способствуют существенному ухудшению качества жизни [5]. Кроме того, клинические проявления заболеваний опорно-двигательного аппарата, в частности суставов, также могут повлиять на возможность контролировать и корректировать уровень глюкозы в крови у пациентов, что приводит к их быстрой инвалидизации [6]. Своевременная диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата у пациентов с сахарным диабетом позволит улучшить прогноз и повысит эффективность их терапии [12]. Течение сахарного диабета может маскировать и изменять классическую картину суставных патологий. Кроме того, на различных стадиях заболеваний суставов изменяется информативность методов инструментальной, в частности лучевой диагностики [13].

**Цель** – на основании литературных данных изучить возможности лучевых методов в ранней диагностике заболеваний суставов при сахарном диабете на основании патогенетического течения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск литературных данных для проведения актуализирующего анализа проводился в библиографической базе национальной медицинской библиотеки США (US National Library of Medicine) PubMed, базах данных Scopus, Google Scholar, РИНЦ. В качестве поисковых выражений использовали комбинации ключевых слов (заболевания суставов, рентгенография, сахарный диабет, ультразвуковая диагностика, патогенез, лучевая диагностика, магнитно-резонансная томография и др.). Глубина поиска составила 10 лет. В анализ включили 50 публикаций с 2011 по 2025 г.

Получено согласие этического комитета Сургутского государственного университета на публикацию материала.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными заболеваниями суставов, которые характеризуются как осложнения СД, являются более часто встречающиеся в диабетической популяции остеоартроз, специфическая диабетическая нейроартропатия (артропатия Шарко) и адгезивный капсулит. Для понимания особенностей лучевой диагностики необходимо изучить основные патогенетические механизмы развития и прогрессирования

данных нозологических форм поражений суставов, а также их клинические проявления.

**Патофизиологические основы поражения суставов при СД.** На настоящий момент точный механизм развития заболеваний суставов при СД не ясен. Известно, что при СД происходят хронические необратимые повреждения и деструктивные изменения в опорно-двигательном аппарате и соединительных тканях, при этом выраженность этих изменений связана с тяжестью и продолжительностью сахарного диабета и, в первую очередь, с его неконтролируемым течением и недостижением целевых показателей глюкозы крови [14], а также выраженностью метаболического синдрома и ожирения [15]. Хроническая гипергликемия, характерная для СД, рассматривается как ведущий фактор, индуцирующий различные патологические механизмы, способствующие повреждению суставов [16]. При повышенном внеклеточном уровне глюкозы повышается концентрация транспортеров глюкозы (glucose transporters, GLUT), в первую очередь GLUT-1, на мембране суставных клеток и хондроцитов, что сопровождается увеличением транспорта глюкозы в цитоплазму клеток и приводит к глюкозотоксичности [9] и, как следствие этого, происходит повышение синтеза провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин (interleukin) 1 $\beta$ , трансформирующий фактор роста  $\beta$ 1 (transforming growth factor; TGF- $\beta$ 1), матриксных металлопротеиназ (matrix metalloproteinase, MMP) 1, 7, 8, 9, 10 и 12 [17–19]. Повреждающее действие на хрящ при гипергликемии также оказывает прогрессирующее неферментативное гликозилирование в соединительной ткани [8, 20, 21] и аномальное отложение коллагена в околоуставных соединительных тканях, что способствует изменению структурной матрицы и механических свойств суставов [22]. Также известно, что накопление продуктов гликозилирования в клетках и тканях индуцирует развитие окислительного стресса и провоспалительных состояний, оказывающих повреждающее действие на суставы [23]. Также хроническая гипергликемия снижает потенциал стволовых клеток к дифференцировке [9].

Вторым фактором, оказывающим существенный вклад в патогенез заболеваний суставов при СД, является инсулинорезистентность в связи с тем, что человеческие фибробластоподобные синовиоциты экспрессируют инсулиновые рецепторы. При взаимодействии с ними инсулин в норме ингибирует синтез фактора некроза опухоли альфа (tumor necrosis factor  $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ). Вследствие инсулинорезистентности у пациентов происходит увеличение продукции TNF- $\alpha$ , который совместно с IL-1 $\beta$  (его продукция усиливается при гипергликемии) запускают лизосомальный каскад изменений в клетке, ведущий к избыточной выработке оксида азота и пероксидных радикалов, запуская реакции окислительного стресса, а также увеличение синтеза провоспалительных цитокинов. Это приводит к повреждению дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и апоптозу хондроцитов. Кроме того, они активируют ферментный комплекс, в который входят MMP, разрушающие межклеточный матрикс хрящевой ткани (протеогликаны, коллаген) [9, 24, 25]. Также при СД вследствие повышения выработки провоспалительных цитокинов (IL-1, IL-6, TNF- $\alpha$ ) происходит увеличение продукции макрофа-

гами активных форм кислорода (АФК) [24]. В хондроцитах АФК активируют сигнальный путь MAPK (англ. mitogen-activated protein kinase) и ядерный фактор каппа би (nuclear factor  $\kappa$ B, NF- $\kappa$ B), которые в свою очередь также индуцируют синтез провоспалительных цитокинов [24, 26].

Кроме того, установлено, что инсулин подавляет аутофагию, снижая уровень легкой цепи иммуноглобулинов 3, связанной с микротрубочками (Light Chain 3 II, LC3 II) и увеличивая фосфорилирование Akt, а также экспрессию rpS6 (рибосомального белка малой субъединицы) [24]. В эксперименте при обработке хондроцитов инсулином наблюдалось разрушение протеогликанов и увеличение уровней MMP-13 и IL-1. Активация аутофагии с помощью рапамицина блокировала эти эффекты. Хондроциты, полученные от пациентов с сахарным диабетом, имели пониженный уровень LC3 и повышенную экспрессию rpS6 по сравнению со здоровыми добровольцами. Это свидетельствует о том, что подавление аутофагии может быть механизмом, через который диабет влияет на разрушение хряща [24, 26].

Непосредственно патогенез сахарного диабета приводит к значительным изменениям в суставах, обусловленным потерей влаги и амортизирующей способности хряща. Эти изменения способствуют увеличению нагрузки на суставные поверхности, что в свою очередь вызывает их уплотнение, деформацию и разрастание краевых остеофитов [1]. Кроме того, нейропатия, являющаяся еще одним осложнением СД, также оказывает негативное влияние на состояние суставов, вызывая их дестабилизацию и прогрессирование остеоартроза [23].

**Основные клинические проявления поражения суставов при СД.** Остеоартроз и СД имеют следующие общие факторы риска: возраст, пол, раса, наличие метаболического синдрома, проявляющегося ожирением, гипертонией и дислипидемией [27, 28]. По другим данным, остеоартроз и СД развиваются независимо, но для обеих нозологий ведущим фактором риска и фактором, влияющим на прогрессирование заболевания, является индекс массы тела [29]. Остеоартроз проявляется появлением болей в суставе при нагрузке [3], повреждением суставного хряща, образованием остеофитов и воспалением синовиальной оболочки. При этом преимущественно поражаются коленный, тазобедренный суставы, суставы кисти и позвоночника. Наиболее значимым для пациента при остеоартрозе является болевой синдром [28].

Диабетическая нейроартропатия (артропатия Шарко) – безболевая, прогрессирующая деструкция одного или нескольких суставов стопы на фоне нейропатии при СД. В первую очередь при диабетической нейроартропатии поражаются голеностопный сустав и суставы стопы. Клиническими проявлениями являются появление отека, эритемы и локальной гипертермии в области сустава, появление нестабильности и деформация пораженных суставов. Осложнением диабетической нейроартропатии вследствие деформации стопы, изменения нагрузки на нее и травматизации является развитие диабетической стопы [5, 30]. Соответствие клинических проявлений и рентгенографической картины в зависимости от этапов развития заболевания приведено в табл. 1.

Таблица 1

**Модифицированная классификация стадий диабетической нейроартропатии по Эйхенгольцу**

Этап	Рентгенологическая картина	Клиническая картина
0 (продромальный этап)	Норма	Отек, эритема, тепло
I (начальный этап)	Остеопения, фрагментация, подвывих или вывих сустава	Отек, эритема, жар, слабость связочного аппарата
II (этап консолидации)	Рассасывание обломков, склероз, слияние фрагментов	Уменьшение выраженности жара, отека, эритемы
III (этап реконструкции)	Консолидация деформации, артроз суставов, фиброзные анкилозы, округление и сглаживание костных фрагментов	Отсутствие тепла, отека, эритемы, стабилизация сустава + фиксированная деформация

Примечание: приведено в соответствии с источниками [5, 31].

Также существует классификация диабетической нейроартропатии в соответствии с клинической картиной заболевания и данными магнитно-резонансной томографии (МРТ). В данной классификации предложено всего 2 стадии заболевания – активная (А) и неактивная (В). Отличие стадий – в наличии или отсутствии отека костного мозга. Для оценки состояния костей также предложены степени 0 и I, которые определяются, соответственно, как отсутствие или наличие хотя бы одного кортикального перелома в анамнезе [13].

Адгезивный капсулит выявляют у 5–30% пациентов с СД. Заболевание характеризуется появлением ограничения объема движений в суставе и выраженным болевым синдромом [32, 33]. По мере прогрессирования заболевания уменьшается выраженность болевого синдрома и увеличиваются локальная скованность и тугоподвижность («замороженное плечо») [7]. Характеристика стадий заболевания приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Клинические стадии адгезивного капсулита**

Стадия	Длительность симптомов, месяцы	Боль	Объем движений	Патологические изменения
I	0–3	Боль при активных и пассивных движениях	Нормальное или минимальное снижение объема движений	Гипертрофический, гиперваскулярный синовит
II	3–9	Хроническая боль при активных и пассивных движениях	Значительное ограничение сгибания вперед, отведения, внутренней и наружной ротации	Гипертрофический, гиперваскулярный синовит с фиброзом и рубцеванием
III	9–15	Минимальная боль, за исключением конечной точки объема движений	Значительное ограничение объема движений с ощущением жесткого конца	Значительная гипертрофия или гиперваскуляризация отсутствуют. Плотное рубцевание капсулы
IV	15–24	Минимальная боль	Прогрессирующее улучшение объема движений	–

Примечание: приведено в соответствии с источником [34].

При СД наблюдается двухстороннее поражение суставов в раннем возрасте (до 40 лет), длительность болевого периода до 1 года и отсутствие полного регресса заболевания при проведении терапии [7].

**Диагностика остеоартроза при СД.** До настоящего времени стандартная рентгенография остается первоначальным лучевым методом выбора для диагностики и оценки динамики развития заболеваний суставов при СД [35, 36]. С его помощью можно определить сужение суставной щели, субхондроидальную перестройку костной ткани, оценить суставные поверхности и наличие остеофитов. Однако данные проявления относятся к поздним стадиям остеоартроза. Непосредственная оценка суставного хряща классической рентгенографией затруднительна. Кроме того, рентгенологически не удастся выявить локальные зоны хондромалиции, соответствующие начальным стадиям заболевания, а при вальгусной или варусной деформации коленного сустава охарактеризовать суставной хрящ дегенеративно измененной суставной щели вообще не представляется возможным [37].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является дополнительным инструментом к классической рентгенографии в диагностике остеоартроза. Сообщается, что в коленных суставах и суставах кисти УЗ-визуализация является перспективной для обнаружения остеофитов, воспаления суставов, выпячивания мениска и локализованного повреждения хряща (особенно в области медиальной мыщелка бедренной кости и борозды). Новые технические разработки могут даже повысить диагностическую ценность УЗИ в будущем [38].

Высокоинформативным методом оценки состояния хряща при остеоартрозе является МРТ, позволяющая выявить 4 степени тяжести патологического процесса:

1-я степень – повышение интенсивности МР-сигнала от суставного хряща на T2- и протонно-взвешенных [PD] изображениях;

2-я степень – истончение хряща менее 50% толщины;

3-я степень – истончение хряща более 50% толщины;

4-я степень – локальный или распространенный дефект хряща с обнажением субхондральной кости [37].

По различным данным чувствительность МРТ в диагностике остеоартроза варьирует от 31 до 100% (1-я степень – 32%; 2-я – 72%, 3-я – 94%, 4-я – 100%). На сегодня существует несколько МРТ-методик, позволяющих проводить количественную оценку состояния

суставного хряща и его матрикса на биохимическом уровне. Наиболее популярными техниками являются: картирование суставного хряща T2 и T1, количественное измерение толщины и объема суставного хряща, отсроченное МР-контрастирование суставного хряща препаратами гадолиния. Сравнительная характеристика данных методов приведена в табл. 3 [37].

Таблица 3

Количественные МРТ-методы оценки суставного хряща

Методика	Характеризуемый компонент хряща	Инвазивность	Показания
T2-картирование	Коллаген, вода	нет	ранняя диагностика ОА, динамический контроль
T1ρ	Коллаген + ГАГ	нет	ранняя диагностика ОА, динамический контроль
dGEMRIC	ГАГ	да	постоперационная оценка репарации и жизнеспособности хрящевой ткани
Перенос намагниченности	Коллаген	нет	не определены
Диффузионная МРТ	Вода, коллаген	нет	не определены
Количественное измерение толщины и объема хряща	Гидратация + концентрация макромолекул	нет	диагностика ОА, тесты с нагрузкой

Примечание: приведено в соответствии с источником [37]; МРТ – магнитно-резонансная томография; dGEMRIC – отсроченная МРТ хряща с контрастированием гадолинием (delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage); ОА – остеоартроз; ГАГ – гликозамингликаны.

Компьютерная томография (КТ) является широкодоступным методом визуализации и считается одним из самых надежных методов оценки костей и в частности остеоартроза [39]. КТ часто используется для оценки структурных изменений, связанных с костями при остеоартрозе. Эти структурные изменения включают остеофиты, субхондральные кисты и субхондральный склероз кости. Изменения в суставном пространстве между костями также можно

рассматривать как структурные. Визуализация этих структурных изменений на КТ превосходит таковую других инструментов визуализации, таких как рентгенография и МРТ, и поэтому КТ рекомендуется, если есть необходимость в анализе структурных изменений при остеоартрозе [38–40]. На рис. 1 представлены изображения диагностированного остеоартроза коленного сустава, полученные различными методами лучевой диагностики.

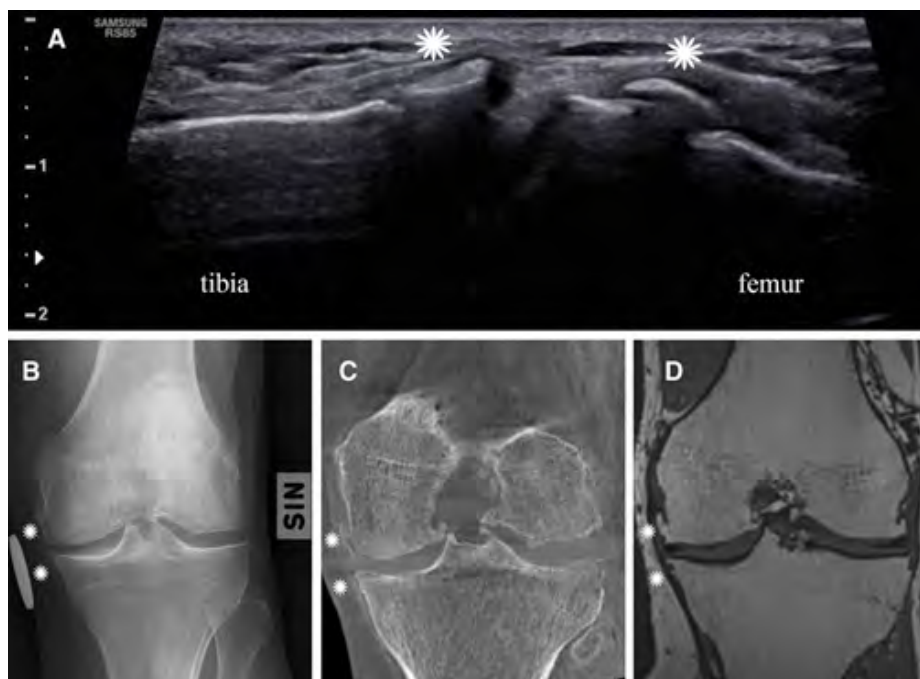


Рис. 1. Изображения коленного сустава, пораженного остеоартрозом у 54-летнего мужчины, которые были получены при выполнении различных методов лучевой диагностики: А – продольное ультразвуковое исследование; В – передне-задняя классическая рентгенография; С – компьютерная томография; D – магнитно-резонансная томография, выполненная в режиме T1-картирования; медиальные остеофиты обозначены белыми звездочками

Примечание: изображение из источника [38].

**Диагностика диабетической нейроартропатии при СД.** Для диагностики диабетической нейроартропатии на начальных этапах применяется классическая рентгенография стопы. Ранним признаком заболевания на рентгенограмме является очаговая остеопения. Однако чувствительность рентгенографии в острой стадии диабетической нейроартропатии низка и составляет, по различным данным, не более 50%. Отсутствие отклонений на первоначальных рентгенограммах не обязательно исключает наличие диабетической нейроартропатии. Следовательно, для подтверждения диагноза могут потребоваться дополнительные исследования с помощью визуализации. По данным рентгенографии стопы с опорой на весовую нагрузку, дорзоплантарные и латеральные, часто выявляют несколько характерных признаков диабетической нейроартропатии – боковое смещение тарзometатарзальных суставов от второго до пятого луча, а также фрагментацию костей и коллапс средней части стопы, приводящий к классической деформации стопы-качалки. Кроме того, часто наблюдается тяжелая артропатия костей предплюсны с разрушением сустава, сопровождающаяся диффузным костным склерозом и ремоделированием [41, 42]. КТ имеет более широкие возможности диагностики острой стадии диабетической нейроартропатии, однако имеет ограничения в возможности выявления изменений в суставах, мягких тканях и костном мозге. Это не позволяет данному методу стать приоритетным в диагностике острой стадии диабетической нейроартропатии. Методом выбора диагностики острой стадии диабетической нейроартропатии является МРТ. Данный метод позволяет выявить характерные для данной нозологии множественные изменения в суставах среднего отдела стопы, отек костного мозга (ОКМ) и мягких тканей, также возможна диагностика микропереломов. ОКМ, как правило, не ограничивается одной или двумя костями, а виден во всем среднем отделе и характеризуется низким уровнем сигнала на T1-взвешенных изображениях и высоким уровнем сигнала на T2 ВИ. ОКМ визуализируется в области сочленений, что свидетельствует об их поражении. По мнению ряда авторов, МРТ является оптимальным методом диагностики в острой стадии рентгенонегативной диабетической нейроартропатии [13, 42].

В хронической стадии диабетической нейроартропатии диагностическая ценность рентгенографии возрастает в сравнении с острой стадией заболевания. Классическая рентгенография позволяет визуализировать патологические переломы, вывихи и подвывихи костей среднего или переднего отдела стопы, крупные и множественные остеофиты во всех отделах стопы, остеопороз среднего и переднего отделов стопы, кальцифицированные сосуды и наличие язв и свищей, не редко на боковых поверхностях стопы, а также ремоделирование стопы по типу «пресс-папье». Это приводит к тому, что кубовидная кость становится основной костью, на которую приходится вес всего тела. В этот момент она часто находится в положении подвывиха и заостренным концом упирается в мягкие ткани подошвенной поверхности стопы, что приводит к формированию мозоли, а затем и изъязвления мягких тканей подошвенной поверхности стопы. На рентгенографии в этой ста-

дии можно выявить все вышеописанные признаки, однако в рамках предоперационной подготовки целесообразнее использование КТ. При этом КТ предпочтительнее, чем МРТ, в связи с преимущественно большей возможностью получить контрастное изображение костей [42].

Таким образом, в рамках диагностики диабетической нейроартропатии целесообразно использовать различные методы лучевой диагностики. При этом возможно использовать три алгоритма. Первый алгоритм включает в себя практически все доступные методы диагностики: МРТ (первичная оценка в острой стадии); КТ (предоперационное планирование, хроническая стадия); рентгенографию (постоперационный контроль); позитронно-эмиссионную томографию/КТ (в случае сложностей с дифференциальной диагностикой нейроартропатии и остеомиелита). Второй алгоритм доступнее и эффективнее и применим в качестве рутинного: МРТ (первичная оценка в острой стадии); КТ (предоперационное планирование в хронической стадии, оценка состояния костей после стихания активной фазы); рентгенография (контроль); при необходимости – повторная МРТ. Третий алгоритм отличается высокой доступностью, небольшой стоимостью, однако его точность и эффективность значительно ниже первых двух: рентгенография (первичная оценка); КТ (повторная оценка и предоперационное планирование); рентгенография (контроль) [42]. Использование ультразвукового исследования в диагностике диабетической нейроартропатии неоспоримо в случаях отсутствия других методов визуализации патологического процесса либо когда полученные результаты неубедительны [43, 44]. На рис. 2 представлены изображения диагностированной стопы Шарко, полученные различными методами лучевой диагностики, где А – костная консолидация, фрагментация субхондральной кости, переломы, вывихи, подвывихи, остеопения и остеолитизис; В – деформация коромысла, вывих предплюсне-плюсневых суставов от второго до пятого луча, а также костная фрагментация и коллапс средней части стопы; С – T1 быстрое спин-эхо – отек костного мозга характеризуется низкой интенсивностью сигнала; D, E – 3D быстрое очищенное градиентное эхо + С – отек субхондрального костного мозга, выпоты в суставах и воспалительные изменения мягких тканей; F, G – вывихи, фрагментация костей и структурные деформации.

**Диагностика адгезивного капсулита при СД.** Рентгенография может быть полезна для исключения других патологий плечевого сустава, таких как запущенный артрит плечевого сустава, патологический перелом, аваскулярный некроз, но недостаточно информативна для диагностики патологии капсулы суставов, поскольку она состоит из мягких тканей и поэтому не визуализируется. Наиболее точным методом диагностики адгезивного капсулита является МРТ. В случае адгезивного капсулита плечевого сустава использование МРТ позволяет визуализировать утолщение капсулы, клювовидно-плечевой связки, инфильтрацию подклювовидной жировой клетчатки в области ротаторов и утолщение подмышечного кармана [45–49]. На рис. 3 представлены изображения адгезивного капсулита, полученные по результатам МРТ.



Рис. 2. Изображения стопы Шарко, которые были получены при выполнении различных методов лучевой диагностики: А–В – классическая рентгенография; С–Е – магнитно-резонансная томография; F–G – компьютерная томография

Примечание: фото из источника [39].

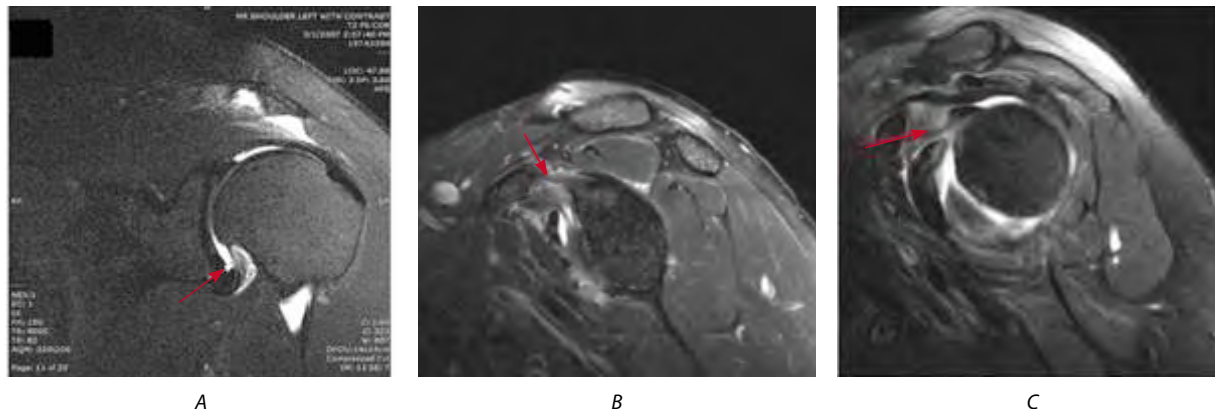


Рис. 3. Адгезивный капсулит плечевого сустава: T2-взвешенное изображение, полученное по результатам МРТ: А – стрелкой указано утолщение капсулы сустава; В – стрелкой обозначено утолщение клювовидно-плечевой связки; С – стрелкой указана инфильтрация подклювовидной жировой клетчатки в области ротаторов и утолщение подмышечного кармана

Примечание: фото из источников [47–48].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный анализ литературных данных подчеркивает значимость своевременной и точной лучевой диагностики заболеваний суставов у пациентов с сахарным диабетом, учитывая особенности патогенеза и клинического течения, а также специфику различных нозологий, таких как остеоартроз, диабетическая нейроартропатия (артропатия Шарко) и адгезивный капсулит. Осложнения сахарного диабета, влияющие на опорно-двигательный аппарат, требуют индивидуального подхода к выбору метода лучевой диагностики. Традиционная рентгенография, обладая доступностью, может быть недоста-

точно информативной на ранних стадиях, особенно в оценке хрящевой ткани и мягких тканей, поэтому этот метод больше используют для контроля эффективности терапии. Более современные методы, такие как УЗИ, КТ и МРТ, предоставляют более детализированную информацию о структурных изменениях суставов, позволяя выявлять патологические изменения на ранних стадиях и дифференцировать различные заболевания суставов, протекающие на фоне сахарного диабета (наиболее информативно применение МРТ в острой стадии, при планировании оперативного лечения, в хроническую стадию – КТ).

Комплексное использование различных методов лучевой диагностики с учетом стадии заболевания, особенностей патогенеза и клинических проявлений позволяет повысить эффективность выявления заболеваний суставов у пациентов с сахарным диабетом и оптимизировать выбор терапии. Исключением остается адгезивный капсулит, при котором наиболее информативным методом является МРТ, а использование стандартной рентгенографии неинформативно.

Выбор оптимального алгоритма лучевой диагностики заболеваний суставов должен определяться доступностью методов, стадией заболевания и необходимостью дифференциальной диагностики. Использование этих алгоритмов

на практике, в свою очередь, может улучшить качество жизни и снизить риск инвалидизации данной категории пациентов. Дальнейшие исследования, направленные на разработку и внедрение алгоритмов лучевой диагностики, учитывающих специфические изменения в суставах при сахарном диабете, а также на оценку эффективности различных методов визуализации в динамике, представляются перспективным направлением для улучшения клинической практики.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Сахарный диабет 2 типа у взрослых : клинич. рекомендации. 2022. Доступ из СПС «Гарант».
- IDF Diabetes Atlas. 11th ed. Brussels : International Diabetes Federation, 2025. 125 p.
- Csonka V., Varjú C., Lendvay M. Diabetes mellitus-related musculoskeletal disorders: Unveiling the cluster of diseases // *Primary Care Diabetes*. 2023. Vol. 17, no. 6. P. 548–553.
- Паневин Т. С., Алексеева Л. И., Мельниченко Г. А. Синдром ограниченной подвижности суставов при сахарном диабете // *Научно-практическая ревматология*. 2020. Т. 58, № 3. С. 330–335.
- Choi J. H., Kim H.-R., Song K.-H. Musculoskeletal complications in patients with diabetes mellitus // *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2022. Vol. 37, no. 6. P. 1099–1110.
- Picard S., Vasilevski D., Fagherazzi G. Distribution of highly prevalent musculoskeletal disorders and their association with diabetes complications in a population of 140 individuals with type 1 diabetes: A retrospective study in a French diabetes center // *Clinical Diabetes*. 2020. Vol. 38, no. 2. P. 181–187.
- Merashli M., Chowdhury T. A., Jawad A. S. M. Musculoskeletal manifestations of diabetes mellitus // *QJM: An International Journal of Medicine*. 2015. Vol. 108, no. 11. P. 853–857.
- Alabdali L. A. S., Jaeken Ja., Dinant G.-Ja. et al. Prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders in patients with type 2 diabetes in general practice // *Medicines*. 2021. Vol. 8, no. 2.
- Courties A., Sellam J. Osteoarthritis and type 2 diabetes mellitus: What are the links? // *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2016. Vol. 122. P. 198–206.
- Louati K., Vidal C., Berenbaum F. et al. Association between diabetes mellitus and osteoarthritis: Systematic literature review and meta-analysis // *RMD Open*. 2015. Vol. 1, no. 1.
- Williams M. F., London D. A., Husni E. M. et al. Type 2 diabetes and osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis // *Journal of Diabetes and its Complications*. 2016. Vol. 30, no. 5. P. 944–950.
- De Mora R. I. L., López M. E. F., Bautista N. M. S. et al. Musculoskeletal complications of diabetes mellitus // *Revista Cubana de Reumatología*. 2019. Vol. 21, no. 1. P. 1–10.
- Азнауров В. Г., Кондратьев Е. В., Давыденко П. И. и др. Диабетическая нейроостеоартропатия: краткий обзор вопросов лучевой диагностики // *Медицинская Визуализация*. 2016. № 2. С. 103–109.
- Sözen T., Başaran N. Ç., Tınazlı M. et al. Musculoskeletal problems in diabetes mellitus // *European Journal of Rheumatology*. 2018. Vol. 5, no. 4. P. 258–265.
- Wei G., Lu K., Umar M. et al. Risk of metabolic abnormalities in osteoarthritis: A new perspective to understand its pathological mechanisms // *Bone Research*. 2023. Vol. 11, no. 1.

## REFERENCES

- Type 2 diabetes mellitus in adults. Clinical guidelines. 2022. Accessed through Law assistance system "Garant". (In Russ.).
- IDF Diabetes Atlas. 11th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2025. 125 p.
- Csonka V., Varjú C., Lendvay M. Diabetes mellitus-related musculoskeletal disorders: Unveiling the cluster of diseases. *Primary Care Diabetes*. 2023;17(6):548–553.
- Panevin T. S., Alekseeva L. I., Melnichenko G. A. Limited joint mobility syndrome in diabetes mellitus. *Rheumatology Science and Practice*. 2020;58(3):330–335. (In Russ.).
- Choi J. H., Kim H.-R., Song K.-H. Musculoskeletal complications in patients with diabetes mellitus. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2022;37(6):1099–1110.
- Picard S., Vasilevski D., Fagherazzi G. Distribution of highly prevalent musculoskeletal disorders and their association with diabetes complications in a population of 140 individuals with type 1 diabetes: A retrospective study in a French diabetes center. *Clinical Diabetes*. 2020;38(2):181–187.
- Merashli M., Chowdhury T. A., Jawad A. S. M. Musculoskeletal manifestations of diabetes mellitus. *QJM: An International Journal of Medicine*. 2015;108(11):853–857.
- Alabdali L. A. S., Jaeken Ja., Dinant G.-Ja. et al. Prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders in patients with type 2 diabetes in general practice. *Medicines*. 2021;8(2).
- Courties A., Sellam J. Osteoarthritis and type 2 diabetes mellitus: What are the links? *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2016;122:198–206.
- Louati K., Vidal C., Berenbaum F. et al. Association between diabetes mellitus and osteoarthritis: Systematic literature review and meta-analysis. *RMD Open*. 2015;1(1).
- Williams M. F., London D. A., Husni E. M. et al. Type 2 diabetes and osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2016;30(5):944–950.
- De Mora R. I. L., López M. E. F., Bautista N. M. S. et al. Musculoskeletal complications of diabetes mellitus. *Revista Cubana de Reumatología*. 2019;21(1):1–10. (In Spanish).
- Aznaurov V. G., Kondratiev E. V., Davydenko P. I. et al. Charcot neuropathic osteoarthropathy: A brief review of imaging. *Medical Visualization*. 2016;(2):103–109. (In Russ.).
- Sözen T., Başaran N. Ç., Tınazlı M. et al. Musculoskeletal problems in diabetes mellitus. *European Journal of Rheumatology*. 2018;5(4):258–265.
- Wei G., Lu K., Umar M. et al. Risk of metabolic abnormalities in osteoarthritis: A new perspective to understand its pathological mechanisms. *Bone Research*. 2023;11(1).
- Zhang W., Randell E. W., Sun G. et al. Hyperglycemia-related advanced glycation end-products is associated with the altered

16. Zhang W., Randell E. W., Sun G. et al. Hyperglycemia-related advanced glycation end-products is associated with the altered phosphatidylcholine metabolism in osteoarthritis patients with diabetes // *PLoS One*. 2017. Vol. 12, no. 9.
17. Ashrafzadeh H., Ashrafzadeh M., Oroojan A. A. Type 2 diabetes mellitus and osteoarthritis: The role of glucose transporters // *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*. 2020. Vol. 18, no. 1–3. P. 1–17.
18. Wang C., Silverman R. M., Shen J. et al. Distinct metabolic programs induced by TGF- $\beta$ 1 and BMP2 in human articular chondrocytes with osteoarthritis // *Journal of Orthopaedic Translation*. 2018. Vol. 12. P. 66–73.
19. Luo S., Shi Q., Chen J. et al. Expression and significance of MMPs in synovial fluid, serum and PBMC culture supernatant stimulated by LPS in osteoarthritis patients with or without diabetes // *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2019. Vol. 127, no. 4. P. 195–202.
20. Muluneh A. G., Adem K. S., Dawud J. S. et al. Upper-extremity musculoskeletal disorders and their associated factors among diabetes mellitus patients attending at felege hiwot comprehensive specialized hospital, Bahir Dar, northwest Ethiopia: Cross-sectional study // *Frontiers in Endocrinology*. 2022. Vol. 13.
21. Azami M., Moradkhani A., Afraie M. et al. The association between diabetes mellitus and musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis // *Frontiers in Endocrinology*. 2024. Vol. 15.
22. Kaka B., Maharaj S. S., Fatoye F. Prevalence of musculoskeletal disorders in patients with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis // *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2019. Vol. 32, no. 2. P. 223–235.
23. Eitner A., Wildemann B. Diabetes – osteoarthritis and joint pain // *Bone & Joint Research*. 2021. Vol. 10, no. 5. P. 307–309.
24. Осипова О. В. Патогенетические взаимосвязи остеоартроза и сахарного диабета // *Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики* : сб. материалов Всерос. науч.-практич. конф., 25–26 апреля 2019 г., г. Саратов. Саратов : Амирит, 2019. С. 230–232.
25. Seow S. R., Mat S., Ahmad Azam A. et al. Impact of diabetes mellitus on osteoarthritis: A scoping review on biomarkers // *Expert Reviews in Molecular Medicine*. 2024. Vol. 26.
26. Chen X., Huang Q., Feng Ju. et al. GLP-1 alleviates NLRP3 inflammasome-dependent inflammation in perivascular adipose tissue by inhibiting the NF- $\kappa$ B signalling pathway // *Journal of International Medical Research*. 2021. Vol. 49, no. 2.
27. Alenazi A. M., Alothman S., Alshehri M. M. et al. The prevalence of type 2 diabetes and associated risk factors with generalized osteoarthritis: A retrospective study using ICD codes for clinical data repository system // *Clinical Rheumatology*. 2019. Vol. 38, no. 12. P. 3539–3547.
28. Alenazi A. M., Alhowimel A. S., Alshehri M. M. et al. Osteoarthritis and diabetes: Where are we and where should we go? // *Diagnostics*. 2023. Vol. 13, no. 8.
29. Khor A., Ma C.-A., Hong C. et al. Diabetes mellitus is not a risk factor for osteoarthritis // *RMD Open*. 2020. Vol. 6, no. 1.
30. Trieb K. The Charcot foot: Pathophysiology, diagnosis and classification // *The Bone & Joint Journal*. 2016. Vol. 98–B, no. 9. P. 1155–1159.
31. Rosenbaum A. J., DiPreta J. A. Classifications in brief: Eichenholtz classification of Charcot arthropathy // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015. Vol. 473, no. 3. P. 1168–1171.
32. Кондратьева Л. В., Попкова Т. В. Ревматические проявления сахарного диабета // *Научно-практическая ревматология*. 2018. phosphatidylcholine metabolism in osteoarthritis patients with diabetes. *PLoS One*. 2017;12(9).
17. Ashrafzadeh H., Ashrafzadeh M., Oroojan A. A. Type 2 diabetes mellitus and osteoarthritis: The role of glucose transporters. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*. 2020;18(1–3): 1–17.
18. Wang C., Silverman R. M., Shen J. et al. Distinct metabolic programs induced by TGF- $\beta$ 1 and BMP2 in human articular chondrocytes with osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2018;12:66–73.
19. Luo S., Shi Q., Chen J. et al. Expression and significance of MMPs in synovial fluid, serum and PBMC culture supernatant stimulated by LPS in osteoarthritis patients with or without diabetes. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2019;127(4):195–202.
20. Muluneh A. G., Adem K. S., Dawud J. S. et al. Upper-extremity musculoskeletal disorders and their associated factors among diabetes mellitus patients attending at felege hiwot comprehensive specialized hospital, Bahir Dar, northwest Ethiopia: Cross-sectional study. *Frontiers in Endocrinology*. 2022;13.
21. Azami M., Moradkhani A., Afraie M. et al. The association between diabetes mellitus and musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2024;15.
22. Kaka B., Maharaj S. S., Fatoye F. Prevalence of musculoskeletal disorders in patients with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2019;32(2):223–235.
23. Eitner A., Wildemann B. Diabetes – osteoarthritis and joint pain. *Bone & Joint Research*. 2021;10(5):307–309.
24. Osipova O. V. Pathogenetic interrelations of osteoarthritis and diabetes mellitus. In: *Proceedings of the All-Russian Research-to-Practice Conference "Technological Innovation in Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery: Integration of Science and Practice"*, April 25–26, 2019, Saratov. Saratov: Amirit; 2019. p. 230–232. (In Russ.).
25. Seow S. R., Mat S., Ahmad Azam A. et al. Impact of diabetes mellitus on osteoarthritis: A scoping review on biomarkers. *Expert Reviews in Molecular Medicine*. 2024;26.
26. Chen X., Huang Q., Feng Ju. et al. GLP-1 alleviates NLRP3 inflammasome-dependent inflammation in perivascular adipose tissue by inhibiting the NF- $\kappa$ B signalling pathway. *Journal of International Medical Research*. 2021;49(2).
27. Alenazi A. M., Alothman S., Alshehri M. M. et al. The prevalence of type 2 diabetes and associated risk factors with generalized osteoarthritis: A retrospective study using ICD codes for clinical data repository system. *Clinical Rheumatology*. 2019;38(12): 3539–3547.
28. Alenazi A. M., Alhowimel A. S., Alshehri M. M. et al. Osteoarthritis and diabetes: Where are we and where should we go? *Diagnostics*. 2023;13(8).
29. Khor A., Ma C.-A., Hong C. et al. Diabetes mellitus is not a risk factor for osteoarthritis. *RMD Open*. 2020;6(1).
30. Trieb K. The Charcot foot: Pathophysiology, diagnosis and classification. *The Bone & Joint Journal*. 2016;98–B(9):1155–1159.
31. Rosenbaum A. J., DiPreta J. A. Classifications in brief: Eichenholtz classification of Charcot arthropathy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015;473(3):1168–1171.
32. Kondratyeva L. V., Popkova T. V. Rheumatic manifestations of diabetes mellitus. *Rheumatology Science and Practice*. 2018;56(5):603–612. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2018-603-612>. (In Russ.).
33. Eismont O. L. Adhesive capsulitis of the shoulder joint. *Novosti khirurgii*. 2021;29(4):470–479. (In Russ.).

- T. 56, № 5. С. 603–612. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2018-603-612>.
33. Эйсмонт О. Л. Адгезивный капсулит плечевого сустава // Новости хирургии. 2021. Т. 29, № 4. С. 470–479.
  34. Chellathurai A., Subbiah K., Elangovan A. et al. Adhesive capsulitis: MRI correlation with clinical stages and proposal of MRI staging // *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2019. Vol. 29. P. 19–24.
  35. Tariq T., Suhail Z., Nawaz Z. Knee osteoarthritis detection and classification using X-rays // *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 48292–48303.
  36. Elgazzar A. H. Diagnosis of joint disorders // *Orthopedic Nuclear Medicine*. 3rd ed. Cham : Springer, 2024. Chap. 7. P. 311–335.
  37. Тошев Ф. Н. Магнитно-резонансная томография: методы количественной оценки состояния суставного хряща у больных остеоартрозом // *Журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 2. С. 124–132.
  38. Nevalainen M. T., Uusimaa A.-P., Saarakkala S. The ultrasound assessment of osteoarthritis: The current status // *Skeletal Radiology*. 2023. Vol. 52, no. 11. P. 2271–2282.
  39. Fukuda T., Yonenaga T., Miyasaka T. et al. CT in osteoarthritis: Its clinical role and recent advances // *Skeletal Radiology*. 2023. Vol. 52, no. 11. P. 2199–2210.
  40. Sakellariou G., Conaghan P. G., Zhang W. et al. EULAR recommendations for the use of imaging in the clinical management of peripheral joint osteoarthritis // *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2017. Vol. 76, no. 9. P. 1484–1494.
  41. Schmidt B. M., Wrobel Ja. S., Holmes C. M. Physician knowledge of a rare foot condition – influence of diabetic patient population on self-described knowledge and treatment // *Clinical Diabetes and Endocrinology*. 2017. Vol. 3, no. 1.
  42. Mascio A., Comisi Ch., Cinelli V. et al. Radiological assessment of Charcot neuro-osteoarthropathy in diabetic foot: A narrative review // *Diagnostics*. 2025. Vol. 15, no. 6.
  43. Pallin J. A., Lockhart M., O'Loughlin A. et al. Sonographic features of active Charcot neuro-osteoarthropathy: A case series // *Diabetic Medicine*. 2025. Vol. 42, no. 6.
  44. Perciun E.-R., Petcu D. Postinterventional ultrasonographic monitoring of the diabetic Charcot neuro-osteoarthropathy. Case report // *Medical Ultrasonography*. 2023. Vol. 25, no. 2. P. 229–232.
  45. Ramirez J. Adhesive capsulitis: Diagnosis and management // *American Family Physician*. 2019. Vol. 99, no. 5. P. 297–300.
  46. Ewald A. Adhesive capsulitis: A review // *American Family Physician*. 2011. Vol. 83, no. 4. P. 417–422.
  47. Soussahn S., Hu D., Durieux Ja. et al. Adhesive capsulitis: Utility of magnetic resonance imaging as a primary diagnostic tool and clinical management support // *Current Problems in Diagnostic Radiology*. 2024. Vol. 53, no. 4. P. 464–469.
  48. Pimenta M., Vassalou E. E., Cardoso-Marinho B. et al. The role of MRI and ultrasonography in diagnosis and treatment of glenohumeral joint adhesive capsulitis // *Mediterranean Journal of Rheumatology*. 2023. Vol. 34, no. 1. P. 7–15.
  49. Gillet R., Zhu F., Padoin P. et al. MR imaging biomarkers for clinical impairment and disease progression in patients with shoulder adhesive capsulitis: A prospective study // *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10, no. 17.
  34. Chellathurai A., Subbiah K., Elangovan A. et al. Adhesive capsulitis: MRI correlation with clinical stages and proposal of MRI staging. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2019;29:19–24.
  35. Tariq T., Suhail Z., Nawaz Z. Knee osteoarthritis detection and classification using X-rays. *IEEE Access*. 2023;11:48292–48303.
  36. Elgazzar A. H. Diagnosis of joint disorders. In: *Orthopedic Nuclear Medicine*. 3rd ed. Cham: Springer; 2024. Chap. 7. p. 311–335.
  37. Toshev F. N. Magnetic resonance tomography: Quantitative assessment methods in articular cartilage structure analysis of in patients with osteoarthritis. *The Journal of Humanities & Natural Sciences*. 2023;(2):124–132. (In Russ.).
  38. Nevalainen M. T., Uusimaa A.-P., Saarakkala S. The ultrasound assessment of osteoarthritis: The current status. *Skeletal Radiology*. 2023;52(11):2271–2282.
  39. Fukuda T., Yonenaga T., Miyasaka T. et al. CT in osteoarthritis: Its clinical role and recent advances. *Skeletal Radiology*. 2023;52(11):2199–2210.
  40. Sakellariou G., Conaghan P. G., Zhang W. et al. EULAR recommendations for the use of imaging in the clinical management of peripheral joint osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2017;76(9):1484–1494.
  41. Schmidt B. M., Wrobel Ja. S., Holmes C. M. Physician knowledge of a rare foot condition – influence of diabetic patient population on self-described knowledge and treatment. *Clinical Diabetes and Endocrinology*. 2017;3(1).
  42. Mascio A., Comisi Ch., Cinelli V. et al. Radiological assessment of Charcot neuro-osteoarthropathy in diabetic foot: A narrative review. *Diagnostics*. 2025;15(6).
  43. Pallin J. A., Lockhart M., O'Loughlin A. et al. Sonographic features of active Charcot neuro-osteoarthropathy: A case series. *Diabetic Medicine*. 2025;42(6).
  44. Perciun E.-R., Petcu D. Postinterventional ultrasonographic monitoring of the diabetic Charcot neuro-osteoarthropathy. Case report. *Medical Ultrasonography*. 2023;25(2):229–232.
  45. Ramirez J. Adhesive capsulitis: Diagnosis and management. *American Family Physician*. 2019;99(5):297–300.
  46. Ewald A. Adhesive capsulitis: A review. *American Family Physician*. 2011;83(4):417–422.
  47. Soussahn S., Hu D., Durieux Ja. et al. Adhesive capsulitis: Utility of magnetic resonance imaging as a primary diagnostic tool and clinical management support. *Current Problems in Diagnostic Radiology*. 2024;53(4):464–469.
  48. Pimenta M., Vassalou E. E., Cardoso-Marinho B. et al. The role of MRI and ultrasonography in diagnosis and treatment of glenohumeral joint adhesive capsulitis. *Mediterranean Journal of Rheumatology*. 2023;34(1):7–15.
  49. Gillet R., Zhu F., Padoin P. et al. MR imaging biomarkers for clinical impairment and disease progression in patients with shoulder adhesive capsulitis: A prospective study. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(17).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**А. А. Гаус** – доктор медицинских наук, профессор, врач-рентгенолог;  
<https://orcid.org/0000-0002-7434-1540>,  
[gaa\\_74\\_78@mail.ru](mailto:gaa_74_78@mail.ru)

**Э. Э. Бегендикова** – врач-рентгенолог;  
<https://orcid.org/0009-0004-8565-3760>,  
[mezhitova2010@yandex.ru](mailto:mezhitova2010@yandex.ru)

**ABOUT THE AUTHORS**

**A. A. Gaus** – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Radiologist;  
<https://orcid.org/0000-0002-7434-1540>,  
gaa\_74\_78@mail.ru

**E. E. Begendikova** – Radiologist;  
<https://orcid.org/0009-0004-8565-3760>,  
mezhitova2010@yandex.ru✉