



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1382>

## Современные методы визуализации подагрических тофусов

© Ким Т.В.\* , Завадовская В.Д., Дегтярев И.Ю., Замышевская М.А.,  
Удодов В.Д., Зоркальцев М.А., Траудт А.К.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России;  
634050 Томск, Московский тракт, д. 2, Российская Федерация

**Цель исследования:** представить роль обзорной рентгенографии, ультразвукового исследования (УЗИ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), рутинной и двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ), а также остеосцинтиграфии в диагностике подагрического артрита.

**Материал и методы.** Анализ литературных источников выполнялся в информационно-аналитических системах PubMed и Google Scholar за 2012–2023 гг. с использованием следующих ключевых слов: подагрический артрит, подагрический тофус, imaging of gout, X-ray study, ultrasound, CT, dual-energy CT, MRI, bone scintigraphy, PET/CT.

**Результаты.** Проанализировано 894 статьи, 39 из которых использованы для составления обзора. Дополнительно использованы 42 статьи за 2018–2023 гг. и клинические рекомендации. Результаты поиска: статьи сгруппированы в блоки на основании лучевых модальностей, систематизирована визуальная картина и роль каждой модальности в ранней диагностике подагрического артрита.

**Заключение.** Несмотря на то что «золотым стандартом» диагностики подагрического артрита является исследование синовиальной жидкости, основная роль в выявлении данного заболевания отводится лучевой диагностике.

Современные диагностические модальности – УЗИ, МРТ и ДЭКТ открывают новые возможности в выявлении подагры без необходимости инвазивной процедуры пункции сустава. Наибольшей диагностической информативностью обладают УЗИ и ДЭКТ, включенные в классификационные критерии ACR и EULAR.

ДЭКТ опережает в сравнительном аспекте другие лучевые модальности, при этом обеспечивает визуализацию кристаллов моноурата натрия и их количественную оценку.

Результаты исследований, оценивающих чувствительность и специфичность современных методов визуализации, позволяют говорить о возможности адекватной и своевременной диагностике подагры. В то же время необходимо учитывать проблемы и ограничения используемых диагностических модальностей, что создает основу для дальнейших исследований в этом направлении.

**Ключевые слова:** подагрический артрит; подагрический тофус; imaging of gout; X-ray study; ultrasound; CT; dual-energy CT; MRI, bone scintigraphy; PET/CT

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Ким Т.В., Завадовская В.Д., Дегтярев И.Ю., Замышевская М.А., Удодов В.Д., Зоркальцев М.А., Траудт А.К. Современные методы визуализации подагрических тофусов. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (4): 112–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1382>

Поступила в редакцию: 16.07.2023. Принята к печати: 06.08.2024. Опубликовано online: 05.11.2024.

## Modern methods of visualization of gouty tophi

© Tkhe Van Kim\*, Vera D. Zavadovskaya, Ilia Yu. Degtyarev, Maria A. Zamyshevskaya,  
Vladimir D. Udodov, Maxim A. Zorkaltsev, Alina K. Traudt

Siberian State Medical University; 2, Moskovskii trakt, Tomsk 634050, Russian Federation

**Objective:** to present the role of plain radiography, ultrasound, magnetic resonance imaging, routine and dual-energy CT, as well as bone scintigraphy in the diagnosis of gouty arthritis

**Materials and methods.** The analysis of literature sources was carried out in the information and analytical



systems PubMed and Google Scholar for 2013–2023, using the following keywords: gouty arthritis, gouty tophi, imaging of gout, X-ray study, ultrasound, CT, dual-energy CT, MRI, bone scintigraphy, PET/CT.

**Results.** 894 articles were analyzed, 39 of which were used to compile the review. Additionally, 42 articles from 2018–2023 were used, and clinical guidelines. Searching results. The articles are grouped into blocks based on radiation modalities, the visual picture and the role of each modality in the early diagnosis of gouty arthritis are systematized.

**Conclusion.** Despite the fact that the gold standard for diagnosing gouty arthritis is the study of synovial fluid, the main role in identifying this disease is given to radiation diagnostics.

Modern diagnostic modalities – ultrasound (US), magnetic resonance imaging (MRI) and dual-energy tomography (DECT) open up new opportunities in identifying gout without the need for an invasive joint puncture procedure. Ultrasound and DECT, included in the ACR and EULAR classification criteria, have the greatest diagnostic information.

DECT is comparatively ahead of other radiation modalities, while providing visualization of EOR crystals and their quantitative assessment.

The results of studies assessing the sensitivity and specificity of modern imaging methods suggest the possibility of adequate and timely diagnosis of gout. At the same time, it is necessary to take into account the problems and limitations of the diagnostic modalities used, which create the basis for further research in this direction.

**Keywords:** gouty arthritis; gouty tophi; imaging of gout; X-ray study; ultrasound; CT; dual-energy CT; MRI; bone scintigraphy; PET/CT

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Kim T.V., Zavadovskaya V.D., Degtyarev I.Yu., Zamishevskaya V.A., Udodov V.D., Zorkalcev M.S., Traudt A.K. Modern methods of visualization of gouty tophi. *Medical Visualization*. 2024; 28 (4): 112–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1382>

**Received:** 16.07.2023.

**Accepted for publication:** 06.08.2024.

**Published online:** 05.11.2024.

## Введение

Подагра – системное тофусное заболевание, характеризующееся отложением в различных тканях кристаллов моноурата натрия (МУН) и развивающимся в связи с этим воспалением у лиц с гиперурикемией, обусловленной внешнесредовыми и/или генетическими факторами [1].

**Цель исследования:** представить роль обзорной рентгенографии, ультразвукового исследования (УЗИ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), рутинной и двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ), а также остеосцинтиграфии в диагностике подагрического артрита.

## Материал и методы

Проведен поиск научных публикаций и клинических рекомендаций в информационно-аналитических системах PubMed и Google Scholar за 2012–2023 гг. по следующим словам: diagnosis of gout, X-ray gout, gout ultrasound, gout CT, gout DECT, gout MRI, gout scintigraphy. Проведен анализ списков литературы для обнаружения статей, соответствующих критериям поиска. Критерии включения: доступ к полному тексту статьи; исследования и клинические наблюдения подагрического артрита перечисленными методами лучевой диагностики; исследование специфических лучевых признаков. Критерии исключения: исследования на животных.

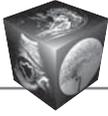
## Результаты исследования

Проанализированы 894 статьи в соответствии со сформированными запросами за 2012–2023 гг.; из них 39 работ использовали при составлении данного обзора. Дополнительно использованы 43 статьи за 2018–2023 гг. и клинические рекомендации. Результаты поиска: статьи сгруппированы в блоки на основании лучевых модальностей, систематизирована визуальная картина и роль каждой модальности в ранней диагностике подагрического артрита.

## Обсуждение

В большинстве стран мира подагра является актуальной медико-социальной проблемой в связи с широкой распространенностью, прогрессирующим характером течения заболевания, высокой частотой осложнений. Последние данные показывают, что распространенность подагры колеблется примерно от <1% до 6,8% в странах Запада до 3–6% у мужчин и до 1–2% у женщин, в Европе около 0,1% и в Китае подагрой страдает около 1,1% населения, а в некоторых странах заболеваемость достигает 10% [2, 3].

Подагра рассматривается как первично хроническая системная патология, характеризующаяся нарушением пуринового обмена и протекающая с постоянным образованием и накоплением микротофусных депозитов в различных органах



и тканях организма [4, 5]. Особенностью подагры является частое сочетание с такими заболеваниями, как артериальная гипертензия, метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа, для которых характерен высокий риск сердечно-сосудистых осложнений.

Кристаллы МУН, формирующиеся в синовиальной жидкости и близлежащих тканях, выступают в качестве триггера острого подагрического артрита, запуская каскад иммунных реакций с синтезом широкого спектра провоспалительных цитокинов, хемокинов [6].

Подагрические тофусы имеют фиброваскулярный матрикс с наличием в центре кристаллов МУН, окруженных грануляционной тканью [7].

Кристаллы в тофусах откладываются и имеют упорядоченную, лучистую направленность. Формирование кристаллов МУН в поверхностном слое суставного хряща происходит на комплементарной органической структуре и они располагаются вдоль коллагеновых волокон [8].

Локализация тофусов разнообразная – их можно обнаружить в подкожных, внутрисуставных или периартикулярных мягких тканях, сухожилиях, связках и синовиальных сумках [5, 7]. В результате длительного воздействия тофусов на подлежащие структуры возникают поражения мягкотканых элементов сустава, подлежащей костной ткани, что приводит к эрозивному процессу различной степени выраженности [2, 9].

Различают четыре фазы подагры: бессимптомную гиперурикемию, острую, интеркритическую и хроническую подагру. Острая подагрическая артропатия, как правило, односуставная и чаще всего поражает нижнюю конечность, особенно первый плюснефаланговый сустав [10].

При острой подагре у пациентов быстро появляются сильные боли, отек и эритема параартикулярных мягких тканей пораженного сустава с имитацией в ряде случаев инфекции, которые обычно разрешаются в течение нескольких дней или 1–2 нед [11]. Мочевая кислота при биохимическом анализе крови может быть нормальной во время острого приступа подагры, тогда как воспалительные параметры крови могут быть повышены [9]. Интеркритическая подагра – это бессимптомный промежуток между эпизодами острых подагрических приступов [2]. Повторяющиеся приступы острой подагры приводят к хроническому синовиту с образованием тофусов, эрозий и разрушением суставов [11].

Анализ зарубежной и отечественной литературы последнего десятилетия свидетельствует об актуальности проблемы диагностики подагриче-

ского артрита, в том числе на ранних стадиях заболевания [1–5, 7, 12, 13].

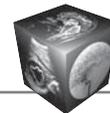
В соответствии с клиническими рекомендациями диагноз подагрического артрита ставится на основании подагрических атак, гиперурикемии, обнаружения кристаллов МУН в синовиальной жидкости или наличии тофусов (пункты А и Б клинических рекомендаций) [6].

Повышение уровня уратов в сыворотке крови является одним из подтверждающих показателей заболевания, однако у многих людей с гиперурикемией не развивается подагра, а во время острого приступа подагрического артрита уровень мочевой кислоты в крови может быть нормальным. В то же время однократно полученное нормальное значение уровня мочевой кислоты в крови не позволяет отвергнуть диагноз подагры [6].

Анализ аспирированной синовиальной жидкости имеет чрезвычайно важное значение в диагностике подагры. Синовиальная жидкость при подагре обычно имеет воспалительный характер с количеством лейкоцитов не менее 2000 на мм<sup>3</sup>. Повышение данного показателя сопровождается наличием кристаллов МУН в синовиальной жидкости, которые выявляются при микроскопии с компенсированным поляризованным светом. Кристаллы МУН имеют отрицательное двойное лучепреломление и характеризуются игольчатой формой. Чувствительность лабораторного анализа кристаллов МУН колеблется в пределах 63–78%, а специфичность – в пределах 93–100%. Хотя аспирация суставов является “золотым стандартом” диагностики, данный метод является относительно инвазивной процедурой с риском осложнений в виде бактериального конкремирования и развития воспалительного процесса, повреждением внутрисуставных структур, кровоизлиянием в суставную полость. Кроме того, аспирация внутрисуставной жидкости может быть недоступной в условиях небольшого объема суставного выпота [5, 14, 15].

Таким образом, становится очевидным, что в определенных случаях лабораторные методы не всегда могут подтвердить диагноз подагры в связи как с их недостаточной диагностической эффективностью, так и с техническими сложностями. Поэтому существенную роль в диагностике подагрического артрита играют неинвазивные инструментальные методы исследования, включающие все модальности лучевой диагностики – рентгенографию, УЗИ, КТ и МРТ [6, 16].

Библиографические данные последнего десятилетия, посвященные лучевой диагностике подагрического артрита, свидетельствуют о том, что



**Рис. 1.** Рентгенограммы кистей с эрозивными изменениями у пациентов с анкилозирующим спондилитом (а), псориатическим (б) и подагрическим (в) артритами.

**Fig. 1.** Radiographs of hands with erosive changes in patients with ankylosing spondylitis (a), psoriatic (б) and gouty (в) arthritis.

рентгенография остается основополагающим методом диагностики при всех заболеваниях опорно-двигательной системы, включая подагру [4, 6, 7, 11, 14].

Классическими рентгенологическими признаками подагры являются костные эрозии округлой или овальной формы различных размеров с резко очерченными “изъеденными” краями, которые при больших размерах тофусов и длительном течении заболевания могут приводить к обширной по протяженности костной деструкции [17]. При хронической подагре большие тофусы создают картину мягкотканых узловых периартикулярных уплотнений. Характерным для подагрических эрозий является наличие тонкого костного ободка, отходящего от кости и окружающего полностью или частично мягкотканый компонент тофуса. Подобная картина отражает периостальную реакцию как результат длительной параоссальной локализации тофуса и носит название “нависающих краев”.

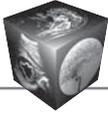
При небольших размерах костные дефекты могут напоминать эрозии при ревматоидном артрите, псориатическом артрите или кисты, не имеющие специфических проявлений применительно к определенной нозологической форме суставной патологии (рис. 1).

Однако на ранних стадиях подагры рентгенография, как правило, не информативна, и в анатомических зонах с клиническими проявлениями

заболевания отсутствуют типичные рентгенологические признаки костных структурных нарушений.

Диапазон рентгенонегативного периода при идентификации эрозий колеблется, по данным различных авторов, от 3 до 12 лет, даже при наличии рецидивирующего артрита [7, 8, 17, 18]. S.J. Newberry и соавт. (2017) приводят данные о том, что околоуставные эрозии с периостальной реакцией выявляются не менее чем через 6–12 лет после первого острого приступа подагры [17]. Согласно рекомендациям ACR/EULAR (2015), подагра может диагностироваться рентгенологически через 5–10 лет от начала дебюта на стадии хронического подагрического артрита и множественных системных проявлений [18]. Рентгенологическая визуализация эрозий невозможна при размерах тофусов менее 5–10 мм. Кроме того, общеизвестны проблемы дифференциальной диагностики заболеваний, входящих в группу эрозивных артропатий, а также дифференциальной диагностики подагры с другими кристаллическими артропатиями по данным рентгенографии. При этом сообщается, что рентгенография имеет чувствительность 31% и специфичность 93% при диагностике подагрического артрита [7, 14].

В последнее десятилетие для исследования пациентов с подагрическим артритом активно используются другие лучевые модальности (см. таблицу).



**Таблица.** Диагностическая эффективность лучевых модальностей в выявлении подагрического артрита  
**Table.** Diagnostic effectiveness of radiation modalities in identifying gouty arthritis

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Вид исследования Type of study	Количество (n) и группы пациентов Quantity (n) and patient groups	Метод исследования Research method	Диагностическая эффективность Diagnostic performance	Основной вывод Main conclusion
Choi H.K. et al. (2012)	Оригинальное исследование Original research	n = 40, средняя продолжительность подагры 13 лет n = 40, average duration of gout 13 years	ДЭКТ DECT	Sp 93%, Se 78%	Снижение чувствительности ДЭКТ объяснялось предположительно уратоснижающей терапией Reduced sensitivity of DECT was presumably explained by urate-lowering therapy
McQueen F.M. et al. (2014)	Оригинальное исследование Original research	n = 40	МРТ MRI	Sp 98%, Se 63%	Результаты показали высокую специфичность в выявлении тофусов, однако требуются дальнейшие исследования в связи с выявлением эрозий только у 63% The results showed high specificity in identifying tophi, however, further research is required in connection with the detection of erosions in only 63%
Bongartz T. et al. (2015)	Оригинальное исследование Original research	n = 40 подагра, n = 41 другие заболевания суставов n = 40 gout, n = 41 other joint diseases	ДЭКТ DECT	Sp 90%, Se 83%	ДЭКТ обеспечивает высокую диагностическую точность в выявлении тофусов при снижении чувствительности у пациентов с малой продолжительностью заболевания DECT provides high diagnostic accuracy in detecting tophi with reduced sensitivity in patients with short disease duration
Lee Y.H et al. (2018)	Метаанализ Meta-analysis	n = 938 подагрический артрит n = 788 другие заболевания суставов n = 938 gouty arthritis n = 788 other joint diseases	УЗИ Ultrasound	Sp 89,0%, Se 65,1%	УЗИ показало высокую диагностическую точность с высокой специфичностью в диагностике подагры Ultrasound has shown high diagnostic accuracy with high specificity in the diagnosis of gout
Klauser A.S. et al. (2018)	Оригинальное исследование Original research	n = 180 подозрение на подагру n = 180 suspected gout	УЗИ Ultrasound	Sp 51%, Se 70,1%	ДЭКТ превосходит УЗИ в выявлении тофусов и имеет большее значение для диагностики и динамического наблюдения при уратоснижающей терапии. DECT is superior to ultrasound in detecting tophi and is of great importance for diagnosis and follow-up during urate-lowering therapy. Ultrasound – the first stage
			ДЭКТ DECT	Sp 79–93%, Se 75,2–100%	
Zhang Q. et al. (2018)	Метаанализ Meta-analysis	n = 1686 (13 исследований) n = 1686 (13 studies)	УЗИ Ultrasound	Sp 83%, Se 80%	Признак “двойного контура” менее информативен для диагностики подагры. Однако с учетом всех специфических ультразвуковых признаков можно повысить чувствительность УЗИ The “double circuit” sign is less informative for the diagnosis of gout. However, taking into account all the specific ultrasound features, it is possible to increase the sensitivity of ultrasound



Таблица (продолжение).  
Table (continuation).

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Вид исследования Type of study	Количество (n) и группы пациентов Quantity (n) and patient groups	Метод исследования Research method	Диагностическая эффективность Diagnostic performance	Основной вывод Main conclusion
Lee S.K. et al. (2019)	Оригинальное исследование Original research	n = 180 208 симптоматических суставов, из них 115 суставов с подагрой: 72 – проявления ранней подагры, 43 – без подагры 208 symptomatic joints, of which 115 joints with gout: 72 – manifestations of early gout, 43 – without gout	ДЭКТ DECT ДЭКТ+КТ DECT+CT	Sp 100%, Se 51,4–52,8% Sp 93–95,2%, Se 79,2%	При совместном использовании рутинной КТ и ДЭКТ повышаются диагностические возможности исследования симптоматики ранней подагры When routine CT and DECT are used together, the diagnostic capabilities of the study of symptomatic early gout increase
Namas R. et al. (2019)	Обзор литературы Literature Review	7 литературных источников 7 literary sources	ДЭКТ DECT	Sp 79–89%, Se 100%. При идентификации кристаллов МУН размером >3 мм точность составила 87–94% When identifying MSU crystals >3 mm in size, the accuracy was 87–94%	ДЭКТ позволяет дифференцировать подагрический артрит, спондилоартропатии и инфекционные артриты DECT allows differentiation of gouty arthritis, spondyloarthropathy and infectious arthritis
Wang J.X. et al. (2020)	Обзор литературы Literature Review	15 литературных источников 15 literary sources	ДЭКТ DECT	Sp 89–100%, Se 78–100%	ДЭКТ обеспечивает выявление тофусов в позвоночнике и является информативным DECT provides identification of tophi in the spine and is an informative non-invasive method for diagnosing gout
Khanna I. et al. (2021)	Обзор литературы Literature Review	64 литературных источника 64 literary sources	ДЭКТ DECT	Sp и Se более 80% Sp and Se more than 80%	ДЭКТ превышает диагностическую информативность УЗИ в выявлении внесуставных тофусов в периферическом и аксиальном скелете и в сосудах DECT exceeds the diagnostic information value of ultrasound in identifying extra-articular tophi in the peripheral and axial skeleton and in blood vessels



Таблица (продолжение).  
Table (continuation).

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Вид исследования Type of study	Количество (n) и группы пациентов Quantity (n) and patient groups	Метод исследования Research method	Диагностическая эффективность Diagnostic performance	Основной вывод Main conclusion
Kravchenko D. et al. (2021)	Оригинальное исследование Original research	n = 36	ДЭКТ DECT	Подagra: Sp 92%, Se 63%. Псевдоподагра: Sp 92%, Se 55% Gout: Sp 92%, Se 63%. CPPD: Sp 92%, Se 55%	ДЭКТ показала более низкую диагностическую информативность по сравнению с УЗИ в диагностике острого подагрического артрита и острого псевдоподагрического артрита DECT showed lower diagnostic yield compared to ultrasound in the diagnosis of acute gouty arthritis and acute pseudo-gouty arthritis
			УЗИ Ultrasound	Подagra: Sp 83%, Se 92% Псевдоподагра: Sp 92%, Se 91% Gout: Sp 83%, Se 92% CPPD: Sp 92%, Se 91%	
Shang J. et al. (2021)	Оригинальное исследование Original research	n = 196	ДЭКТ DECT	При стаже менее 1 года: Sp 96,43%, Se 38,1% При стаже от 1 года до 3 лет: Sp 100%, Se 62,96% При стаже более 3 лет: Sp 87,5%, Se 77,55% With less than 1 year of experience: Sp 96.43%, Se 38.1% With experience from 1 to 3 years: Sp 100%, Se 62.96% With more than 3 years of experience: Sp 87.5%, Se 77.55%	В более поздние сроки заболевания повышается чувствительность ДЭКТ In later stages of the disease, the sensitivity of DECT increases
			УЗИ Ultrasound	Sp 88-95%, Se 77-95%	УЗИ имеет высокую диагностическую эффективность в диагностике подагры Ultrasound has high diagnostic efficiency in the diagnosis of gout

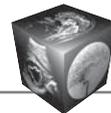


Таблица (продолжение).  
Table (continuation).

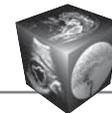
Авторы, год публикации Authors, year of publication	Вид исследования Type of study	Количество (n) и группы пациентов Quantity (n) and patient groups	Метод исследования Research method	Диагностическая эффективность Diagnostic performance	Основной вывод Main conclusion
Sivera F. et al. (2022)	Обзор литературы Literature Review	162 литературных источника 162 literary sources	УЗИ Ultrasound	Sp и Se знака "двойного контура" 76–88%, 74–83% соответственно; Se в обнаружении тофусов 65% Sp and Se of the "double contour" sign 76–88%, 74–83%, respectively; Se in detection of tophi 65%	Выбор диагностической модальности определяется конкретной клинической картиной у пациентов с подозрением на подагру The choice of diagnostic modality is determined by the specific clinical picture in patients with suspected gout
Sotniczuk M. et al. (2022)	Оригинальное исследование Original research	n = 120 пациентов с подозрением на подагру n = 120 patients with suspected gout	ДЭКТ DECT	Sp 80%, Se 74–90%	ДЭКТ значительно повышает чувствительность критериев ACR/EULAR при диагностике подагры DECT significantly improves the sensitivity of ACR/EULAR criteria for the diagnosis of gout
			ДЭКТ DECT	Sp 74,5%, Se 90,4%	
Baffour F.I. et al. (2022)	Оригинальное исследование Original research	n = 100 пациентов с подозрением на подагру в разные годы n = 100 patients with suspected gout in different years	ДЭКТ + критерии ACR/EULAR DECT + ACR/EULAR criteria	Sp 76,6%, Se 100%	Показано возрастание роли ДЭКТ в диагностике подагры по мере расширенного внедрения данного метода в диагностический процесс. При этом снизился процент сомнительных результатов The increasing role of DECT in the diagnosis of gout is shown as this method is increasingly introduced into the diagnostic process. At the same time, the percentage of questionable results has decreased
			ДЭКТ DECT (2013)	44,0% исследований положительные, 23,0% как отрицательные и 33,0% как сомнительные 44.0% of studies are positive, 23.0% are negative and 33.0% are questionable	
			ДЭКТ DECT (2019)	37,0% положительные, 47,0% как отрицательные и 16,0% – как сомнительные 37.0% positive, 47.0% as negative and 16.0% as doubtful	



Таблица (окончание).  
Table (end).

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Вид исследования Type of study	Количество (n) и группы пациентов Quantity (n) and patient groups	Метод исследования Research method	Диагностическая эффективность Diagnostic performance	Основной вывод Main conclusion
Shang J. et al (2022)	Метаанализ Meta-analysis	28 исследований 28 studies	УЗИ Ultrasound	<p>При стаже более 2 лет: Sp 84%, Se 84%</p> <p>При стаже менее 2 лет: Sp 93%, Se 80%</p> <p>With more than 2 years of experience: Sp 84%, Se 84%</p> <p>With less than 2 years of experience: Sp 93%, Se 80%</p>	<p>ДЭКТ имеет большую диагностическую эффективность при диагностике подагры, чем УЗИ, однако меньшую чувствительность при стаже заболевания менее 2 лет</p> <p>DECT has greater diagnostic efficiency in diagnosing gout than ultrasound, but less sensitivity for patients with less than 2 years of disease history</p>
Sanghavi N. et al. (2023)	Обзор литературы Literature Review	18 литературных источников 18 literary sources	<p>ДЭКТ DECT</p> <p>Исследование синовиальной жидкости Synovial fluid examination</p>	<p>При стаже более 2 лет: Sp 89%, Se 91%</p> <p>При стаже менее 2 лет: Sp 93%, Se 75%</p> <p>With more than 2 years of experience: Sp 89%, Se 91%</p> <p>With less than 2 years of experience: Sp 93%, Se 75%</p> <p>Sp 97,2%, Se 84,4%</p>	<p>Несмотря на более низкую эффективность, ДЭКТ помогает идентифицировать кристаллы МУН во внесуставных тканях, к которым трудно получить доступ при артроцентезе</p> <p>Despite its lower efficiency, DECT helps identify MUN crystals in extra-articular tissues that are difficult to access with arthrocentesis</p>

Примечание. Se – чувствительность, Sp – специфичность.  
Note. Se – sensitivity, Sp – specificity.



### Ультразвуковое исследование

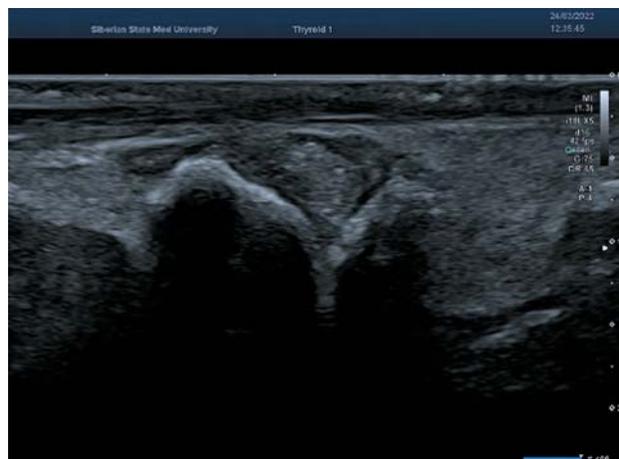
По данным преимущественно зарубежных источников УЗИ показало более высокие результаты в диагностике подагры, чем рентгенография [2, 7, 12, 19–21]. Так, по данным M.S. Taljanovic и соавт. (2015), УЗИ выявляет эрозии при подагре раньше и при меньших размерах, чем рентгенография [19]. При этом данные метаанализа, опубликованные в статье Y.H. Lee и G.G. Song (2018), показали, что УЗИ имеет совокупную чувствительность 65,1% и специфичность 89% в диагностике подагры [22]. Анализ диагностической точности УЗИ в зависимости от конкретных субстратов – тофус, эрозии – показал низкую чувствительность (54,3, и 51,6%), но высокую специфичность (93,2 и 93,3%), что позволяет говорить о важной роли метода в диагностике подагры.

Бесспорным преимуществом УЗИ является возможность визуализации трех основных компонентов тофуса. Яркие эхогенные кристаллы уратов визуализируются в центре тофуса на фоне гипоехогенных фрагментов фиброзной ткани. Окружающая тофус грануляционная ткань выглядит как гипоехогенный ореол с признаками васкуляризации по данным цветового доплеровского картирования [20]. Из-за неоднородности кристаллов уратов ультразвуковые волны могут распространяться через тофус в более глубоко расположенные структуры, что отличается от ультразвуковой картины других кристаллических структур с высоким акустическим сопротивлением, формирующих акустическую тень (рис. 2).

Гиперэхогенные отложения кристаллов уратов на поверхности гиалинового хряща в сочетании с эхогенным контуром подлежащей субхондральной кости образуют симптом “двойного контура”. Согласно данным F. Sivera и соавт. (2022), исследования по оценке признака “двойного контура” показали совокупную чувствительность и специфичность 74–83% и 76–88% соответственно, что превышает показатели чувствительности в сравнении с вышеприведенными данными Y.H. Lee. При этом меньшей диагностической точностью при УЗИ обладали тофусы (чувствительность 65%, специфичность 80%) [23] (рис. 3).

Данный симптом следует дифференцировать от гиперэхогенных очаговых включений внутри хряща, как это имеет место при отложении пирофосфата кальция [24]. Стоит также отметить, что кристаллы пирофосфата кальция имеют свои “излюбленные” места, например мениски коленных суставов, треугольный фиброзно-хрящевой комплекс запястья [25].

Костные эрозии при ультразвуковой диагностике определяются как минимум в двух перпен-



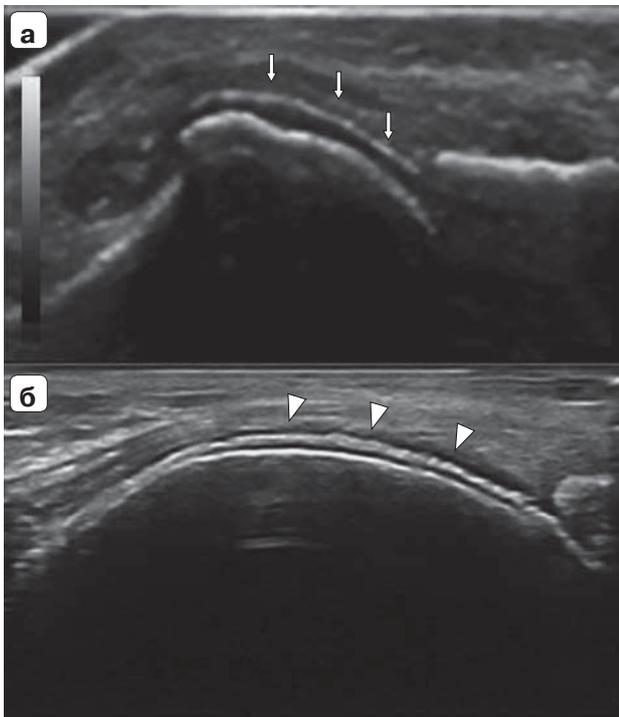
**Рис. 2.** Сонограмма плюснефалангового сустава I пальца левой стопы. Гетерогенное образование с четкими неровными контурами (тофус), с гиперэхогенными включениями (кристаллы МУН). По периферии определяется анэхогенная прослойка однородной жидкости и гипоехогенная синовиальная оболочка.

**Fig. 2.** Sonogram of the metatarsophalangeal joint of the 1st toe of the left foot. Heterogeneous formation with clear, uneven contours (tophus), with hyperechoic inclusions (MUN crystals). Along the periphery, an anechoic layer of homogeneous fluid and a hyperechoic synovial membrane are determined.

дикулярных плоскостях, часто идентифицируются вместе с прилежащим к ним тофусом [7]. Однако костные эрозии не являются специфическим признаком подагры. Так, С.М. Pastor и соавт. (2022) отмечают, что костные эрозии при подагре визуализируются аналогичным образом, как и эрозии при ревматоидном артрите [24]. При этом посттравматические изменения, дегенеративные изменения и нормальные варианты могут имитировать эрозии. В подобном случае, как указывают J.S. Weaver и соавт. (2021), прилежащие тофусы, синовит и гиперемия позволяют предположить наличие эрозий [2].

Суставной выпот при подагре может варьировать от простой анэхогенной жидкости до гетерогенного/гиперэхогенного субстрата в виде плавающих эхогенных очагов по типу “снежной бури” за счет кристаллов МУН в сочетании с утолщенной синовиальной оболочкой [2, 13].

Интерес представляют данные эластографии у больных подагрической артропатией. M.S. Taljanovic и соавт. (2017), применяя эластографию сдвиговой волной, показали, что данный метод способен количественно дифференцировать подагрическую артропатию от неподагрической артропатии за счет физических особенностей метода [26]. Позднее Y. Tang и соавт. (2017) уста-



**Рис. 3.** Знак “двойного контура” в плюснефаланговом суставе у больного подагрой (а). Отложения кристаллов пирофосфата в гиалиновом хряще коленного сустава (стрелки). Гиперэхогенный сигнал (похожий на сигнал от кортикальной кости) без акустической тени, локализованный в пределах гиалинового слоя хряща (б) (F. Sivera и соавт.).

**Fig. 3.** Double contour sign in the metatarsophalangeal joint in a patient with gout (a). Deposits of pyrophosphate crystals in the hyaline cartilage of the knee joint (arrows). Hyperechoic signal (similar to the signal from cortical bone) without an acoustic shadow, localized within the hyaline layer of cartilage (b) (F. Sivera et al.).

новили, что жесткость синовиальной оболочки выше в интеркритическую фазу подагры, чем в острую фазу, и, таким образом, по сравнению с рутинным УЗИ повышается диагностическая эффективность при дифференциации острой подагры от не подагры [12].

В систематизированном обзоре, посвященном оценке информативности УЗИ у больных подагрой, Q. Zhang и соавт. (2018) сообщают о высокой диагностической эффективности метода. Симптом “двойного контура”, “снежная буря” и наличие тофуса при УЗИ имеют высокую специфичность, но умеренную или низкую чувствительность [22, 27]. Повышению чувствительности способствует одновременное рассмотрение специфических ультразвуковых признаков подагры.

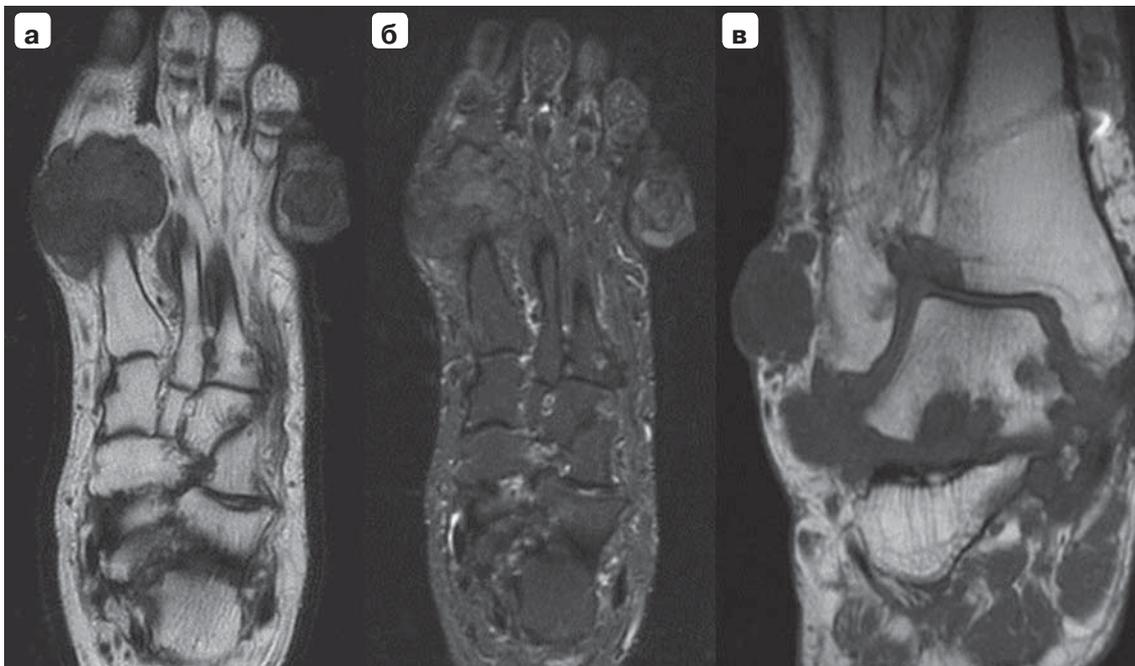
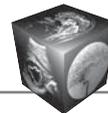
Таким образом, УЗИ может быть полезно для дифференцировки кристаллической артропатии от некристаллической. Однако, по мнению F. Sivera

и соавт. (2022), данный метод значительно уступает в дифференциальной диагностике между кристаллическими артропатиями в сравнении с ДЭКТ, которая может различать отложения кристаллов МУН и кальция [23]. Еще одним ограничением УЗИ, по мнению J. Davies и соавт. (2019), является невозможность идентифицировать истинные внутрисуставные тофусы [7]. В свою очередь, A.S. Klausner и соавт. (2018), приводя результаты сравнения информативности УЗИ и ДЭКТ, показали, что чувствительность УЗИ при диагностике подагрического артрита в таких анатомических структурах, как кисти и запястья, ограничена, особенно при внесуставной локализации тофусов (внесуставные тофусы – 70,1%, внутрисуставные тофусы – 80,3%) при возрастании чувствительности в выявлении тофуса по данным ДЭКТ до 75,2–100%. Наибольшей чувствительностью при УЗИ обладал симптом “двойного контура” (был обнаружен у 58 из 61 пациента с внутрисуставной подагрой по данным УЗИ) [28]. Однако, несмотря на ограничения чувствительности УЗИ в выявлении подагрических тофусов кисти и запястья, данный метод может быть использован в качестве первого этапа в выявлении подагрических тофусов, тем более что в более поздних источниках, например в исследовании S.N. Christiansen и соавт. (2021), говорится о высокой эффективности УЗИ, демонстрируется высокая специфичность, положительная прогностическая ценность и точность при диагностике подагры [29].

#### **Магнитно-резонансная томография**

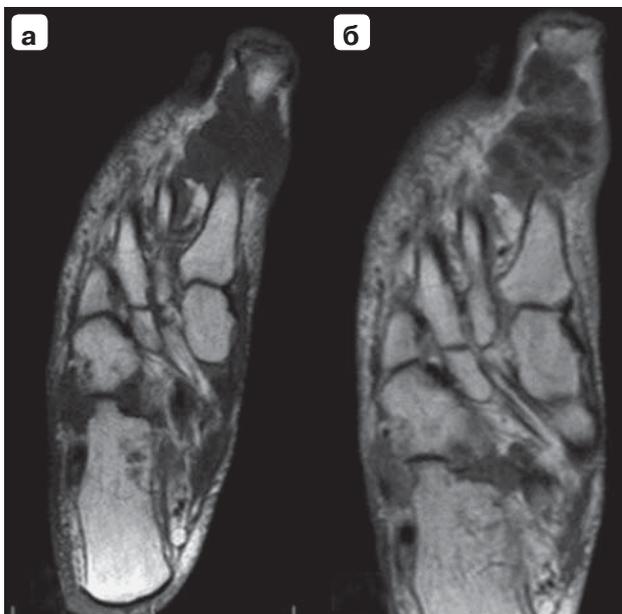
МРТ представляет собой высокоинформативную лучевую модальность, широко востребованную в ревматологии [2, 30]. МР-картина подагрических поражений характеризуется наличием эрозий от небольших размеров до распространенной околосуставной и внутрисуставной деструкции, ассоциированной с прилежащими четко очерченными – тофусами. Тофусы в МР-изображении имеют вид узловых структуры с низкоинтенсивным сигналом в T1- и в T2ВИ и низко/слабоинтенсивным в FSat. В отдельных случаях может наблюдаться неоднородное повышение сигнала на протяжении тофуса за счет гетерогенных компонентов. При контрастном усилении может наблюдаться интенсивное накопление контрастного вещества по периферии тофуса за счет окружающей его фиброваскулярной ткани [7, 31, 32] (рис. 4, 5).

В острую стадию болезни дефекты кортикального слоя сочетаются с утолщением синовиальной оболочки, в то время как при хроническом варианте контур эрозий склерозирован, а признаки синовиита, как правило, отсутствуют [2]. В то же время



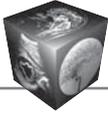
**Рис. 4.** МРТ стопы (**а** – T1ВИ, **б** – FSat) и голеностопного сустава (**в** – T1ВИ) больного подагрическим артритом. Множественные разнокалиберные низкоинтенсивные паравнутриартикулярные узловые образования – тофусы, сопровождающиеся различными по протяженности эрозиями.

**Fig. 4.** MRI of the foot (**a** – T1ВИ, **б** – FSat) and ankle joint (**в** – T1ВИ) of a patient with gouty arthritis. Multiple different-sized low-intensity para-intra-articular nodular formations – tophi, accompanied by erosions of varying length.



**Рис. 5.** Нативная (**а**) и после контрастного усиления (**б**) коронарные МР-томограммы стопы больного подагрическим артритом. Эрозии, распространенные узловые параартикулярные и внутриартикулярные низкоинтенсивные тофусы (**а**). Фиброваскулярная ткань, окружающая низкоинтенсивный тофус, накапливает контрастный препарат (**б**).

**Fig. 5.** Native (**a**) and after contrast enhancement (**б**) coronal MRI of the foot of a patient with gouty arthritis. Erosions, widespread nodular paraarticular and intraarticular low-intensity tophi (**a**). Fibrovascular tissue surrounding low-intensity tophi accumulates contrast agent (**б**).



до поздней стадии заболевания вокруг эрозий визуализируется перифокальный отек костного мозга [7].

В то же время F.M. McQueen (2014) и J. Teh (2018) в независимых друг от друга исследованиях отметили, что наличие отека костного мозга и синовита не дает гарантию формирования эрозий, в то время как наличие тофусов указывает на возможность формирования деструктивных изменений. Однако при высокой специфичности (93%) метода в визуализации тофусов низкая чувствительность (63%) в визуализации эрозий предполагает дальнейшие исследования в этом направлении [32, 33].

Между тем в литературе имеется большое количество источников, подчеркивающих сложность МР-диагностики острой полиартикулярной подагры при небольших размерах тофусов и их атипичной локализации, при необычных клинических проявлениях подагры, включая теносиновит, панникулит, а также сложность в дифференциальной диагностике с новообразованиями [34–40]. Следует отметить серьезную проблему диагностики подагры при локализации тофусов в осевом скелете, когда диагноз подтверждался только при исследовании операционного биоматериала [41–44].

Так, в наблюдении X. Chen и соавт. (2020) МР-картина грыжи диска  $L_{IV}-L_V$  и стеноз корешкового канала были обусловлены подагрическими тофусами, установленными по данным морфологического исследования операционного материала [41].

В публикации D. Martins и соавт. (2021) приводятся данные об ошибочной трактовке МР-картины узлового образования на уровне  $L_{IV}-L_V$ , расцененного как менигиома, который представлял собой аморфный кристаллический материал, окруженный воспалительным инфильтратом [42].

Аналогичные клинические случаи об имитации МР-картины новообразований в поясничной области (остеохондрома, экстрадуральное новообразование) за счет кристаллических артропатий приводят G. Shen и соавт. (2019) и Z. Wu и соавт. (2022) [45, 46].

Еще одной нетипичной локализацией подагрических тофусов, ошибочно расцененных при МРТ в качестве новообразований, являются анатомические структуры коленного сустава – надколенник [47] и крестообразные связки [48]. Диагностические проблемы описаны при МР-трактовке тофусов при их локализации в крестцово-подвздошных сочленениях [49] и в височно-нижнечелюстных суставах [50]. При этом авторами отмечается несостоятельность МРТ как самостоятельного метода диагностики подагры [48]. В исследо-

ваниях Y. Yang и соавт. (2022) наблюдались случаи ложноотрицательных результатов в диагностике подагры, так как при МР-исследовании были выявлены признаки синовита, но не был выявлен тофус из-за его небольшого размера [34].

J. Davies и соавт. (2019) в своем обзоре, ссылаясь на данные, полученные при использовании МРТ и ДЭКТ для сравнительного исследования 40 пациентов с верифицированной подагрой, сообщили, что чувствительность МРТ в обнаружении тофусов может достигать только 63%, а специфичность 98% [7].

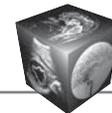
Приведенные данные свидетельствуют о том, что МР-признаки не всегда могут достоверно идентифицировать подагрический тофус, и часто диагноз может быть поставлен только путем корреляции с клинико-лабораторными данными. Особое место занимает абсолютное противопоказание к проведению МРТ при наличии водителя ритма. Таким образом, вышеуказанные факторы повлияли на то, что результаты МРТ не включены в диагностические критерии, опубликованные ACR/EULAR [16].

#### **Ядерная медицина**

В литературе имеются ограниченные данные о диагностической информативности методов ядерной медицины при подагре, остеосцинтиграфия не включена в клинические рекомендации по данному заболеванию, а большинство библиографических данных – это описание частных случаев из практики [51, 52].

В опубликованных литературных источниках имеются описания клинических наблюдений, в которых повышенная аккумуляция радиофармпрепаратов (РФП) у пациента с подагрой была результатом воспаления, послужившего причиной усиления кровоснабжения в исследуемой области [53, 54]. В клиническом случае, представленном J.S. Vicente и соавт. (2018), при проведении ОФЭКТ с  $^{67}\text{Ga}$ -цитратом было выявлено накопление РФП в реберно-позвоночных и межпозвоночных сочленениях, которые были расценены как очаги воспаления, ассоциированные с выявленными при гистологическом исследовании кристаллами МУН [55].

О дифференциально-диагностических проблемах в диагностике подагры свидетельствует наблюдение В. Jiao и соавт. (2023), в котором при подозрении на новообразование в области  $L_V-S_I$  для определения стадийности процесса была проведена ПЭТ/КТ и выявлена локальная аккумуляция РФП, обусловленная реактивным повышением костного метаболизма в зоне подагрическим тофуса, верифицированного результатами гистологического исследования (рис. 6) [56].



Схожая ситуация была опубликована В. Emsen и соавт. (2020). При проведении ПЭТ/КТ с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ у пациентки с онкологическим анамнезом были выявлены множественные гиперметаболические, остеолитические поражения позвонков  $\text{C}_{III}$ - $\text{T}_I$ , которые при гистологическом исследовании оказались подагрическими тофусами [57].

В целом литературные источники последнего пятилетия, свидетельствуют о том, что признаки локальной аккумуляции РФП являются общими признаками воспалительной реакции, они неспецифичны и могут возникать у пациентов с инфекциями, опухолевыми поражениями или другими артропатиями [7, 34, 51].

Таким образом, в настоящее время информативность методов ядерной медицины уступает другим лучевым модальностям в визуализации структурных морфологических изменений при подагрическом артрите. В то же время результаты остеосцинтиграфии могут дополнять диагностическую картину других модальностей, особенно когда тофусы развиваются в нетипичных местах, например в осевом скелете.



**Рис. 6.** При ПЭТ (а, б) и ПЭТ/КТ (в, г) поясничного отдела позвоночника в сагиттальной и аксиальной плоскостях визуализируется аномальное накопление РФП (стрелки) (В. Jiao и соавт.).

**Fig. 6.** PET (а, б) and PET/CT (в, г) of the lumbar spine in the sagittal and axial planes shows abnormal accumulation of radiopharmaceuticals (arrows) (B. Jiao et al.).

#### **Компьютерная томография: рутинная и двухэнергетическая**

Основным показанием к проведению рутинной КТ у пациентов с подозрением на подагру является определение наличия и протяженности костных эрозий. Визуализация тофусов возможна на основании оценки плотности структур, которая может достигать примерно +170 ед.Н как в острый, так и в неактивный период заболевания [58, 59]. При внутрикостной локализации тофусов последние создают картину остеолитических образований с четкими контурами, не имеющих специфического характера (рис. 7).

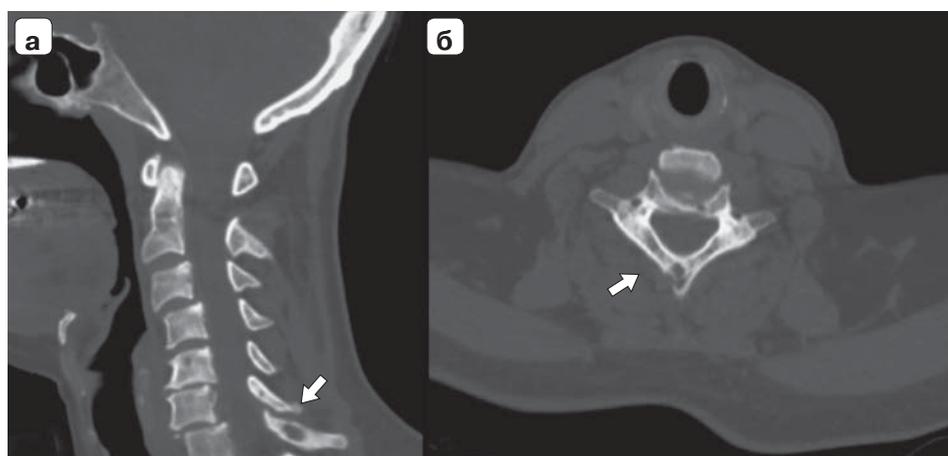
В литературе приводятся примеры остеолитической деструкции у больных подагрой различной локализации – в остистом отростке VII шейного позвонка [40], в височно-нижнечелюстном суставе [60], подагрический тофус в которых был установлен только после исследования хирургического биоптата (рис. 8).

По сравнению с рутинной КТ ДЭКТ на основании использования двух разных энергий (80 и 140 кВт) для определения химического



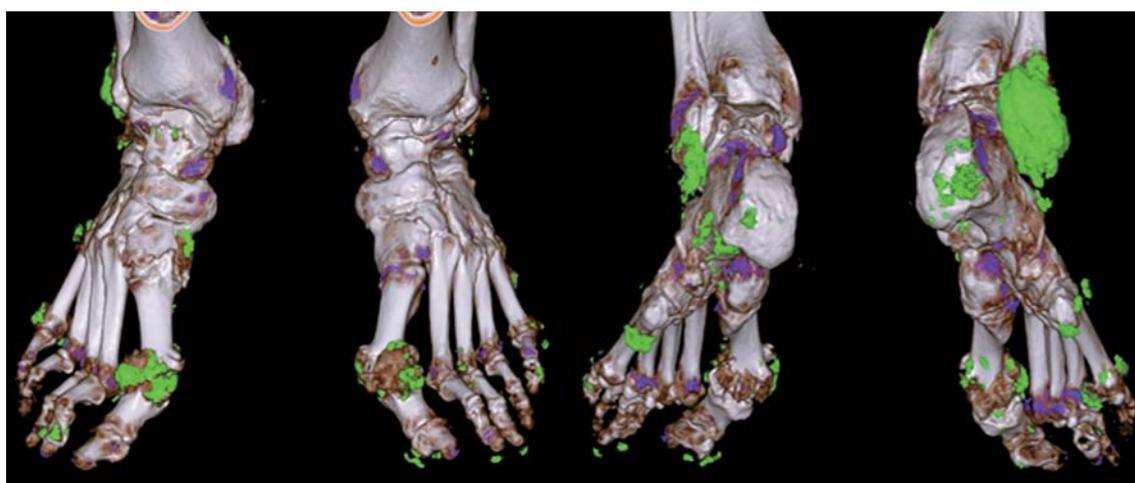
**Рис. 7.** Компьютерная томограмма стопы. Внутрикостная остеолитическая деструкция в основной фаланге I пальца вследствие внутрикостных тофусов.

**Fig. 7.** CT scan of the foot. Intraosseous osteolytic destruction in the main phalanx of the 1st finger due to intraosseous tophi.



**Рис. 8.** Компьютерные томограммы шейного отдела позвоночника в сагиттальной (а) и аксиальной (б) плоскостях: литическое образование остистого отростка C<sub>VII</sub> (стрелки) (T.D. Matos et al.).

**Fig. 8.** CT scan of the cervical spine in the sagittal (a) and axial (б) planes: lytic formation of the C<sub>VII</sub> spinous process (arrows) (T.D. Matos et al.).



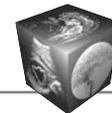
**Рис. 9.** Двухэнергетическая КТ стоп больного с тыльной и подошвенной поверхностями. Множественные тофусы и депозиты кристаллов МУН (кодированные зеленым цветом) в обеих стопах.

**Fig. 9.** Dual-energy CT scan of the patient's feet from the dorsal and plantar surfaces. Multiple tophi and MUN crystal deposits (coded green) in both feet.

состава того или иного образования в рамках кристаллических артропатий предлагает уникальную возможность неинвазивного обнаружения кристаллов МУН на ранних стадиях заболевания путем цветного кодирования [5, 61] (рис. 9).

Т. Bongartz и соавт. (2015) и Н.К. Choi и соавт. (2017) показали, что высокая чувствительность и специфичность ДЭКТ обосновывает высокую информативность метода для решения проблемы неинвазивной диагностики подагры со многими потенциальными клиническими применениями [62, 63].

Сравнивая возможности рутинной КТ и ДЭКТ, S. Alqatari и соавт. (2018) пришли к выводу, что ДЭКТ является предпочтительным методом дифференциации и идентификации подагрических тофусов в аксиальном скелете [64]. Об эффективности метода ДЭКТ в диагностике подагры в осевом скелете свидетельствуют и другие библиографические данные, в частности работа R. Namas и соавт. (2019), в которой также говорится о высокой эффективности ДЭКТ, показав, что чувствительность и специфичность составила 100% и 79–89% соответственно [49]. Еще одним



примером служит исследование S. Ayoub и соавт., в котором подтверждаются вышеупомянутые выводы [65].

Большую чувствительность ДЭКТ в сравнении с рутинной КТ в выявлении подагрического артрита отмечают F.E. Walstra и соавт. (2019) [61], а также другие авторы [66–68].

При этом S.K. Lee и соавт. показали, что сочетание рутинной КТ и ДЭКТ дает более точные данные в диагностике ранних проявлений подагры. Так, при ДЭКТ специфичность и чувствительность составили 100% и 51,4–52,8% соответственно, тогда как совместное применение ДЭКТ и рутинной КТ повысило специфичность и чувствительность до 93–95,2% и 79,2% соответственно [59].

В случае, изложенном K. Hussain и соавт. (2019), ДЭКТ при исследовании коленных суставов показала отложение кристаллов МУН в менисках, коллатеральных связках и препателлярной области, хотя ранее была проведена рентгенография, не выявившая никаких изменений, а кроме того, был выполнен диагностический артроцентез, который также оказался неинформативен [69].

Несмотря на большие возможности МРТ в выявлении структурных изменений костно-суставной системы, ДЭКТ превосходит МРТ в идентификации депонирования кристаллов МУН. Так, в исследовании J.X. Wang и соавт. (2020) описывается случай, при котором пациенту с помощью МРТ был выставлен диагноз септического артрита дуготросчатого сустава  $L_{IV}$ – $L_V$  с образованием абсцесса, а по данным ДЭКТ были обнаружены отложения кристаллов МУН и на основании анализа 15 наблюдений приведены данные о высокой диагностической эффективности в выявлении подагрического артрита в аксиальном скелете (специфичность 89–100%, чувствительность 78–100%) [70].

Схожие результаты получили в своем исследовании W. Xue и соавт. (2020), в котором пациенту на основании КТ и МРТ грудного отдела позвоночника ошибочно был выставлен диагноз анкилозирующего спондилоартрита, однако при проведении ДЭКТ в зонах интереса были обнаружены кристаллы МУН и в совокупности с клинико-лабораторными данными окончательным диагнозом явилась подагра [67].

Как указывалось ранее, УЗИ придает большое значение в диагностике подагрического артрита. Однако, по мнению Z. Zou и соавт. (2021), при исследовании пациентов с поражением голеностопного сустава и стопы методом выбора при остром подагрическом артрите вышеуказанных суставов должна быть ДЭКТ, так как общий положительный результат обнаружения кристаллов МУН был выше, чем при УЗИ [71]. Об этом же свидетельствуют

и I. Khanna и соавт. (2021), отмечая более высокую точность ДЭКТ по сравнению с УЗИ в обнаружении внесуставных отложений МУН в мягких тканях, при этом указывая на то, что специфичность и чувствительность ДЭКТ составляли более 80% [72]. Также о высокой диагностической эффективности ДЭКТ в сравнении с УЗИ свидетельствует метаанализ J. Shang и соавт. (2022), однако авторы подмечают, что чувствительность ДЭКТ ниже, чем при учете всех специфических признаков подагры при УЗИ, когда стаж заболевания составлял менее 2 лет: специфичность и чувствительность УЗИ составили 93 и 80% соответственно против специфичности и чувствительности ДЭКТ 93 и 75% соответственно [73].

ДЭКТ обладает высокой эффективностью не только в идентификации кристаллов МУН, но и в дифференциальной диагностике артритов другой этиологии благодаря цветовому кодированию [74]. Например, в работе N. Sanghavi и соавт. (2023) были приведены сведения о расхождениях между клинико-лабораторными данными, указывающими на наличие подагры, и рентгенологическими данными, интерпретированными как изменения в рамках ревматоидного артрита. Выполненная в связи с этим ДЭКТ выявила в исследованных суставах отложения кристаллов МУН [75].

В исследованиях A. Marty-Ané и соавт. (2021) была выявлена связь между объемом кристаллов МУН, обнаруженных с помощью ДЭКТ, с повышенным риском обострения заболевания, а также с риском развития новых сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний [76].

О высокой диагностической информативности ДЭКТ свидетельствуют работы последних лет. Например, в работе P. Brahmbhatt и соавт. (2022) подтверждаются ранее опубликованные данные об эффективности выявления подагры с помощью ДЭКТ по сравнению с рутинной КТ на основании идентификации отложений кристаллов МУН и отличия их от окружающего кальция [66]. В работе F.I. Vaffour и соавт. (2022) сообщается о повышении эффективности ДЭКТ при сравнении эффективности ДЭКТ в 2013 и в 2019 гг., при этом для подтверждения диагноза в 2019 г. снизилось количество использования аспирации суставной жидкости, это говорит о том, что ДЭКТ совершенствуется в техническом направлении, об этом же свидетельствуют и показатели сомнительных исследований, которые снизились с 33 до 16% [77].

Поскольку ДЭКТ высокоэффективна в измерении даже самых незначительных структур, то, помимо диагностики, метод может использоваться для мониторинга хода лечения.



Так, при анализе оценки роли ДЭКТ в лечении подагры S. Li и соавт. (2022) отметили, что увеличение объема отложений кристаллов МУН увеличивает риск обострения приступов подагры, и эти данные подтвердили роль ДЭКТ в мониторинговании заболевания [78].

M. Sotniczuk и соавт. (2022), отмечая высокую информативность ДЭКТ в выявлении подагры, считают, что ДЭКТ следует использовать совместно с критериями классификации подагры ACR/EULAR, так как при подобном сочетании была достигнута наибольшая диагностическая точность, при этом чувствительность и специфичность составили 100 и 76,6% соответственно [79].

Наряду с данными о высоких показателях диагностической эффективности ДЭКТ при исследовании пациентов с подагрой были опубликованы и альтернативные мнения по поводу эффективности метода. Так, по наблюдениям D. Kravchenko и соавт. (2022) чувствительность метода составила 63%, и авторы обосновали такой результат малым количеством пациентов с подагрой, а также маленьким стажем (менее 6 мес) заболевания у определенного количества больных [80]. Упомянув о небольшом стаже заболевания, нельзя не отметить исследование J. Shang и соавт. (2021), в котором говорится о высокой диагностической точности ДЭКТ при обнаружении кристаллов МУН, но ограниченную чувствительность при подагре на ранних стадиях заболевания, когда при стаже до 1 года чувствительность составляла 38,1%, при стаже от 1 года до 3 лет 62,96%, а при стаже более 3 лет – 77,55% [81].

## Заключение

“Золотым стандартом” диагностики подагры является обнаружение в синовиальной жидкости кристаллов МУН, однако процедура аспирации необходимого количества внутрисуставной жидкости не всегда выполнима.

Поэтому основная роль в выявлении депозитов кристаллов МУН и эрозий в дифференциальной диагностике подагрического артрита с другими эрозивными артропатиями отводится лучевой диагностике. В данном обзоре представлена основная информация об особенностях визуализации и диагностической эффективности современных лучевых модальностей при исследовании пациентов с подозрением на подагру.

Рутинная рентгенография остается первоначальным методом лучевой диагностики с характерной рентгенологической картиной подагрических эрозий в хроническую стадию подагры и низкой чувствительностью на ранних этапах заболевания.

Современные диагностические модальности – УЗИ, МРТ и ДЭКТ – открывают новые возможности в выявлении подагры без необходимости инвазивной процедуры пункции сустава.

Высокие показатели диагностической эффективности УЗИ обосновывают использование данного метода в качестве первого этапа в выявлении подагрических тофусов.

МРТ, обладая широкой востребованностью в ревматологии, тем не менее не всегда специфична в идентификации подагрического тофуса.

Результаты радионуклидных методов исследования и рутинной КТ могут способствовать постановке правильного диагноза, но они малоспецифичны.

Наибольшей информативностью обладает ДЭКТ, опережая в сравнительном аспекте другие методы визуализации, производя по сути революцию в выявлении и количественной оценке подагрических тофусов.

Высокая диагностическая ценность УЗИ и ДЭКТ нашла применение в клинической практике путем включения этих модальностей в последние классификационные критерии ACR и EULAR [29].

Таким образом, результаты исследований, оценивающих чувствительность и специфичность современных методов визуализации, позволяют говорить о возможности адекватной и своевременной диагностики подагры. В то же время необходимо учитывать проблемы и ограничения используемых диагностических модальностей, что создает основу для дальнейших исследований в этом направлении.

## Участие авторов

Ким Т.В. – написание текста, обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста.

Завадовская В.Д. – написание текста, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Дегтярев И.Ю. – сбор и обработка данных.

Замышевская М.А. – подготовка, создание опубликованной работы.

Удодов В.Д. – сбор и обработка данных.

Зоркальцев М.А. – ответственность за целостность всех частей статьи.

Траудт А.К. – подготовка, создание опубликованной работы.

## Authors' participation

Kim T.V. – writing text, review of publications, text preparation and editing.

Zavadovskaya V.D. – writing text, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Degtyarev I.Yu. – collection and analysis of data.



Zamishevskaya V.A. – preparation and creation of the published work.

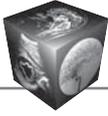
Udodov V.D. – collection and analysis of data

Zorkalcev M.S. – responsibility for the integrity of all parts of the article.

Traudt A.K. – preparation and creation of the published work.

## Список литературы [References]

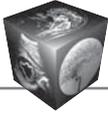
- Chen-Xu M., Yokose C., Rai S.K. et al. Contemporary Prevalence of Gout and Hyperuricemia in the United States and Decadal Trends: The National Health and Nutrition Examination Survey, 2007-2016. *Arthr. Rheumatol.* 2019; 71 (6): 991–999. <http://doi.org/10.1002/art.40807>
- Weaver J.S., Vina E.R., Munk P.L. et al. Gouty Arthropathy: Review of Clinical Manifestations and Treatment, with Emphasis on Imaging. *J. Clin. Med.* 2021; 11 (1): 166. <http://doi.org/10.3390/jcm11010166>
- Dehlin M., Jacobsson L., Roddy E. Global epidemiology of gout: prevalence, incidence, treatment patterns and risk factors. *Nat. Rev. Rheumatol.* 2020; 16 (7): 380–390. <http://doi.org/10.1038/s41584-020-0441-1>
- Girish G., Glazebrook K.N., Jacobson J.A. Advanced imaging in gout. *Am. J. Roentgenol.* 2013; 201 (3): 515–525. <http://doi.org/10.2214/AJR.13.10776>
- Abdellatif W., Ding J., Khorshed D. et al. Unravelling the mysteries of gout by multimodality imaging. *Semin. Arthritis. Rheum.* 2020; 50 (3S): S17–S23. <http://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2020.04.009>
- Министерство здравоохранения РФ, клинические рекомендации “Подагра” МКБ10:М10.0/М10.1/М10.2/М10.3/М10.4/М10.9. Год утверждения (частота пересмотра): 2018 (1 раз в 3 года) ID: KP251 URL Профессиональные ассоциации: Ассоциация ревматологов России.  
Ministry of Health of the Russian Federation, respected recommendations “Gout” ICD10: M10.0/M10.1/M10.2/M10.3/M10.4/M10.9. Year of approval (frequency of revision): 2018 (once every 3 years) ID: KR251 URL Professional associations: Association of Rheumatologists of Russia. (In Russian)
- Davies J., Riede P., van Langevelde K., Teh J. Recent developments in advanced imaging in gout. *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.* 2019; 11: 1759720X19844429. <http://doi.org/10.1177/1759720X19844429>
- Lipsky A. Gout, 2019. Chapter 4 – Tophi: Clinical and Biological Features: 37–46.
- Abhishek A., Roddy E., Doherty M. Gout – a guide for the general and acute physicians. *Clin. Med. (Lond.)*. 2017; 17(1):54–59. <http://doi.org/10.7861/clinmedicine.17-1-54>
- Schwabl C., Taljanovic M., Widmann G. et al. Ultrasonography and dual-energy computed tomography: impact for the detection of gouty deposits. *Ultrasonography.* 2021; 40 (2): 197–206. <http://doi.org/10.14366/usg.20063>
- Towiwat P., Chhana A., Dalbeth N. The anatomical pathology of gout: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2019; 20 (1): 140. <http://doi.org/10.1186/s12891-019-2519-y>
- Tang Y., Yan F., Yang Y. et al. Value of Shear Wave Elastography in the Diagnosis of Gouty and Non-Gouty Arthritis. *Ultrasound Med. Biol.* 2017; 43 (5): 884–892. <http://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.12.012>
- Pattamapaspong N., Vuthiwong W., Kanthawang T., Louthrenoo W. Value of ultrasonography in the diagnosis of gout in patients presenting with acute arthritis. *Skeletal. Radiol.* 2017; 46 (6): 759–767. <http://doi.org/10.1007/s00256-017-2611-z>
- Low E., Ouellette H., Munk P.L. Tophaceous Gout. *Ann. Acad. Med. Singap.* 2020; 49 (11): 931–933. <http://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.2020125>
- Christiansen S.N., Østergaard M., Terslev L. Ultrasonography in gout: utility in diagnosis and monitoring. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2018; 36, Suppl. 114 (5): 61–67. PMID: 30296983
- Neogi T., Jansen T.L., Dalbeth N. et al. 2015 Gout classification criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Ann. Rheum. Dis.* 2015; 74 (10): 1789–1798. <http://doi.org/10.1136/annrheumdis-2015-208237>. Erratum in: *Ann. Rheum. Dis.* 2016; 75 (2): 473. <http://doi.org/10.1136/annrheumdis-2015-208237corr1>
- Newberry S.J., FitzGerald J.D., Motala A. et al. Diagnosis of Gout: A Systematic Review in Support of an American College of Physicians Clinical Practice Guideline. *Ann. Intern. Med.* 2017; 166 (1): 27–36. <http://doi.org/10.7326/M16-0462>
- Елисеев М.С. Классификационные критерии подагры (рекомендации ACR/EULAR). *Научно-практическая ревматология.* 2015; 53 (6): 581–585. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2015-581-585>  
Eliseev M.S. Gout classification criteria (ACR/EULAR guidelines). *Rheumatology Science and Practice.* 2015; 53 (6): 581–585. <https://doi.org/10.14412/1995-4484-2015-581-585> (In Russian)
- Taljanovic M.S., Melville D.M., Gimber L.H. et al. High-Resolution US of Rheumatologic Diseases. *Radiographics.* 2015; 35 (7): 2026–2048. <http://doi.org/10.1148/rg.2015140250>
- Araujo E.G., Manger B., Perez-Ruiz F., Thiele R.G. Imaging of gout: New tools and biomarkers? *Best. Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2016; 30 (4): 638–652. <http://doi.org/10.1016/j.berh.2016.10.010>
- Taljanovic M.S., Gimber L.H., Becker G.W. et al. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics.* 2017; 37 (3): 855–870. <http://doi.org/10.1148/rg.2017160116>
- Lee Y.H., Song G.G. Diagnostic accuracy of ultrasound in patients with gout: A meta-analysis. *Semin. Arthr. Rheum.* 2018; 47 (5): 703–709. <http://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2017.09.012>
- Sivera F., Andres M., Dalbeth N. A glance into the future of gout. *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.* 2022; 14: 1759720X221114098. <http://doi.org/10.1177/1759720X221114098>
- Pastor C.M., Perez E.A., Casares E.G. Usefulness of ultrasound in the diagnosis of crystal deposition diseases. *Eur. J. Rheumatol.* 2022. <http://doi.org/10.5152/eurjrheum.2022.20129>
- Cowley S., McCarthy G. Diagnosis and Treatment of Calcium Pyrophosphate Deposition (CPPD) Disease: A Review. *Open. Access. Rheumatol.* 2023; 15: 33–41. <http://doi.org/10.2147/OARRR.S389664>
- Taljanovic M.S., Gimber L.H., Becker G.W. et al. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics.* 2017; 37 (3): 855–870. <http://doi.org/10.1148/rg.2017160116>



27. Zhang Q., Gao F., Sun W. et al. The diagnostic performance of musculoskeletal ultrasound in gout: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018; 13 (7): e0199672. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0199672>
28. Klauser A.S., Halpern E.J., Strobl S. et al. Gout of hand and wrist: the value of US as compared with DECT. *Eur. Radiol*. 2018; 28(10): 4174–4181. <http://doi.org/10.1007/s00330-018-5363-9>
29. Christiansen S.N., Østergaard M., Slot O. et al. Ultrasound for the diagnosis of gout—the value of gout lesions as defined by the Outcome Measures in Rheumatology ultrasound group. *Rheumatology (Oxford)*. 2021; 60 (1): 239–249. <http://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa366>
30. Weaver J.S., Omar I., Mar W. et al. Magnetic resonance imaging of rheumatological diseases. *Pol. J. Radiol*. 2022; 87: e93–e112. <http://doi.org/10.5114/pjr.2022.113390>
31. Bayat S., Baraf H.S.B., Rech J. Update on imaging in gout: contrasting and comparing the role of dual-energy computed tomography to traditional diagnostic and monitoring techniques. *Clin. Exp. Rheumatol*. 2018; 36, Suppl. 114 (5): 53–60. PMID: 30296979
32. Teh J., McQueen F., Eshed I. et al. Advanced Imaging in the Diagnosis of Gout and Other Crystal Arthropathies. *Semin. Musculoskelet. Radiol*. 2018; 22 (2): 225–236. <http://doi.org/10.1055/s-0038-1639484>
33. McQueen F.M., Doyle A., Reeves Q. et al. Bone erosions in patients with chronic gouty arthropathy are associated with tophi but not bone oedema or synovitis: new insights from a 3 T MRI study. *Rheumatology (Oxford)*. 2014; 53 (1): 95–103. <http://doi.org/10.1093/rheumatology/ket329>
34. Yang Y., Guo Y., Yu S., Zou B. Computed tomography and magnetic resonance imaging findings in gouty arthritis involving large joints of the upper extremities. *BMC Med. Imaging*. 2022; 22 (1): 167. <http://doi.org/10.1186/s12880-022-00894-3>
35. Goel N., Khanna V., Jain D.K., Gupta V. Gouty tophi presenting as multinodular lateral inguinal swelling: A case report. *Diagn. Cytopathol*. 2018; 46 (9): 801–803. <http://doi.org/10.1002/dc.23972>
36. Kester C., Wallace M.T., Jelinek J., Abouafia A. Gouty involvement of the patella and extensor mechanism of the knee mimicking aggressive neoplasm. A case series. *Skeletal Radiol*. 2018; 47 (6): 865–869. <http://doi.org/10.1007/s00256-017-2871-7>
37. Udongwo N.E., Odak M., AlBayati A. et al. Unusual Subacute Interphalangeal Tophaceous Gouty Arthritis. *Cureus*. 2021; 13 (3): e13732. <http://doi.org/10.7759/cureus.13732>
38. Ohnishi J., Ishimaru N., Seto H. et al. Gout in the Flexor Hallucis Longus Tendon Mimicking Cellulitis: A Case Report. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc*. 2020; 110 (1): Article 8. <http://doi.org/10.7547/18-161>
39. Menkü Özdemir F.D., Kafa B., Özdemir E. et al. Gout tophus in transferred tendons after 33 years: A case report. *Jt. Dis. Relat. Surg*. 2021; 32 (3): 771–774. <http://doi.org/10.52312/jdrs.2021.30>
40. Matos T.D., Teixeira K.O., Fleury R.B.C. et al. Cervical Myelopathy Secondary to Gout: Case Report. *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo)*. 2020; 55 (6): 796–799. <http://doi.org/10.1055/s-0040-1708514>
41. Chen X., Xu G., Hu Q. et al. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression for the treatment of intraspinal tophaceous gout: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99 (21): e20125. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000020125>
42. Martins D., Tonon C.R., Pacca R.L. et al. Gout Storm. *Am. J. Case Rep*. 2021; 22: e932683. <http://doi.org/10.12659/AJCR.932683>
43. Koro L., Khanna R., Richards D., Karahalios D.G. Gout in the thoracic spine causing acute paraplegia: illustrative case. *J. Neurosurg. Case Lessons*. 2021; 2 (9): CASE21308. <http://doi.org/10.3171/CASE21308>
44. Duarte-Salazar C., Marín-Arriaga N., Ventura-Ríos L. et al. Tophaceous Gout in the Lumbar Spine Causing Radiculopathy. *Reumatol. Clin. (Engl. Ed)*. 2020; 16 (5 Pt 2): 410–412. <http://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.08.005> (English, Spanish)
45. Wu Z., Liu C., Dai K., Zheng C. Intraspinal extradural gout tophus in the lumbar vertebral canal: Case reports. *Medicine (Baltimore)*. 2022; 101 (1): e28418. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000028418>
46. Shen G., Su M., Liu B., Kuang A. A Case of Tophaceous Pseudogout on 18F-FDG PET/CT Imaging. *Clin. Nucl. Med*. 2019; 44 (2): e98–e100. <http://doi.org/10.1097/RLU.0000000000002308>
47. Chiu M.K., Lewis N.A. Intraosseous gout mimicking giant cell tumor of the patella. *Skeletal Radiol*. 2020; 49 (8): 1325–1328. <http://doi.org/10.1007/s00256-020-03422-y>
48. Curd E.D., Ravichandiran K., Abouali J. Gouty tophus presenting as an anterior cruciate ligament mass in the knee: Case report and brief review of relevant literature. *Int. J. Surg. Case Rep*. 2021; 82: 105920. <http://doi.org/10.1016/j.ijscr.2021.105920>
49. Namas R., Hegazin S.B., Memişoğlu E., Joshi A. Lower back pain as a manifestation of acute gouty sacroiliitis: Utilization of dual-energy computed tomography (DECT) in establishing a diagnosis. *Eur. J. Rheumatol*. 2019; 6 (4): 216–218. <http://doi.org/10.5152/eurjrheum.2019.18097>
50. Hng J., Manchella S., Lekgabe E. Gout of the temporomandibular joint and review of the literature. *BJR Case Rep*. 2022; 9 (1): 20220046. <http://doi.org/10.1259/bjrcr.20220046>
51. Wang Y., Zha Y., She R. et al. <sup>99m</sup>Tc-methylene diphosphonate SPECT/CT imaging of gout spondylitis: a case report. *J. Int. Med. Res*. 2022; 50 (10): 3000605221129557. <http://doi.org/10.1177/03000605221129557>
52. Lee W.W.; K-SPECT Group. Clinical Applications of Technetium-99m Quantitative Single-Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography. *Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2019; 53 (3): 172–181. <http://doi.org/10.1007/s13139-019-00588-9>
53. Cardoso F.N., Omoumi P., Wieers G. et al. Spinal and sacroiliac gouty arthritis: report of a case and review of the literature. *Acta Radiol. Short. Rep*. 2014; 3 (8): 2047981614549269. <http://doi.org/10.1177/2047981614549269>
54. Liu T., Liu H., Zhu T. Thoracic spinal cord compression by extradural tophus: a case report and review of the literature. *Spinal Cord. Ser. Cases*. 2015; 1: 15015. <http://doi.org/10.1038/scsandc.2015.15>. Erratum in: *Spinal Cord. Ser. Cases*. 2016; 2: 16019. <http://doi.org/10.1038/scsandc.2016.19>
55. Vicente J.S., Gómez A.L., Moreno R.L. et al. Lumbar Gout Tophus Mimicking Epidural Abscess with Magnetic Resonance Imaging, Bone, and Gallium Scans. *Indian J. Nucl. Med*. 2018; 33 (2): 158–160. [http://doi.org/10.4103/ijnm.IJNM\\_139\\_17](http://doi.org/10.4103/ijnm.IJNM_139_17)



56. Jiao B., Liu S., Zhuang Y. et al. Lumbosacral Paravertebral Tophaceous Gout on an Adolescent Mimicking Malignant Neoplasm in  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT. *Clin. Nucl. Med.* 2024; 49 (1): 91–92. <http://doi.org/10.1097/RLU.0000000000004962>
57. Emsen B., Fitoussi A., Chalaye J. et al. FDG PET/CT of Cervical Gout With Spinal Cord Compression. *Clin. Nucl. Med.* 2020; 45 (1): e29–e31. <http://doi.org/10.1097/RLU.0000000000002772>
58. Girish G., Melville D.M., Kaeley G.S. et al. Imaging appearances in gout. *Arthritis.* 2013; 2013: 673401. <http://doi.org/10.1155/2013/673401>
59. Lee S.K., Jung J.Y., Jee W.H. et al. Combining non-contrast and dual-energy CT improves diagnosis of early gout. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (3): 1267–1275. <http://doi.org/10.1007/s00330-018-5716-4>
60. Birk A., Wörtler K., Mogler C., Storck K. Tophöse Gicht als Differenzialdiagnose eines präaurikulären Tumors [Tophaceous gout as a differential diagnosis of preauricular tumor]. *HNO.* 2023; 71 (2): 114–117. <http://doi.org/10.1007/s00106-022-01253-y>. Erratum in: *HNO.* 2023 Jan 17: PMID: 36449071; PMCID: PMC9894964. (German)
61. Walstra F.E., Hickle J., Duggan P. et al. Top-Ten Tips for Dual-Energy CT in MSK Radiology. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2019; 23 (4): 392–404. <http://doi.org/10.1055/s-0039-1694756>
62. Choi H.K., Burns L.C., Shojania K. et al. Dual energy CT in gout: a prospective validation study. *Ann. Rheum. Dis.* 2012; 71 (9): 1466–1471. <http://doi.org/10.1136/annrheumdis-2011-200976>
63. Bongartz T., Glazebrook K.N., Kavros S.J. et al. Dual-energy CT for the diagnosis of gout: an accuracy and diagnostic yield study. *Ann. Rheum. Dis.* 2015; 74 (6): 1072–1077. <http://doi.org/10.1136/annrheumdis-2013-205095>
64. Alqatari S., Visevic R., Marshall N. et al. An unexpected cause of sacroiliitis in a patient with gout and chronic psoriasis with inflammatory arthritis: a case report. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2018; 19 (1): 126. <http://doi.org/10.1186/s12891-018-2044-4>
65. Ayoub S., Rajamohan A.G., Acharya J. et al. Chronic tophaceous gout causing lumbar spinal stenosis. *Radiol. Case Rep.* 2020; 16 (2): 237–240. <http://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.11.017>
66. Brahmhatt P., Vibhute P., Gupta V. et al. Spinal gout diagnosed by dual-energy CT: A case report. *Radiol. Case Rep.* 2022; 17 (11): 4135–4138. <http://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.08.009>
67. Xue W., Zhang S., Wang Q. et al. Gout in the Chest Misdiagnosed as Ankylosing Spondylitis. *Front. Med. (Lausanne).* 2020; 7: 582444. <http://doi.org/10.3389/fmed.2020.582444>
68. Thompson J.W., Srinivasan S., Makkuni D. Chronic tophaceous gout mimicking widespread metastasis. *BMJ Case Rep.* 2021; 14 (5): e236166. <http://doi.org/10.1136/bcr-2020-236166>
69. Hussain K., Shahid S., Chang W. Role of DECT in a patient with atypical gout flare. *BMJ Case Rep.* 2019; 12 (10): e231850. <http://doi.org/10.1136/bcr-2019-231850>
70. Wang J.X., Ng B., Bak H. et al. The utility of dual energy computed tomography in the management of axial gout: case reports and literature review. *BMC Rheumatol.* 2020; 4: 22. <http://doi.org/10.1186/s41927-020-00119-6>
71. Zou Z., Yang M., Wang Y., Zhang B. Gout of ankle and foot: DECT versus US for crystal detection. *Clin. Rheumatol.* 2021; 40 (4): 1533–1537. <http://doi.org/10.1007/s10067-020-05378-9>
72. Khanna L., Pietro R., Ali Y. What Has Dual Energy CT Taught Us About Gout? *Curr. Rheumatol. Rep.* 2021; 23 (9): 71. <http://doi.org/10.1007/s11926-021-01035-5>
73. Shang J., Zhou L.P., Wang H., Liu B. Diagnostic Performance of Dual-energy CT Versus Ultrasonography in Gout: A Meta-analysis. *Acad. Radiol.* 2022; 29 (1): 56–68. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2020.08.030>
74. Døssing A., Müller F.C., Becce F. et al. Dual-Energy Computed Tomography for Detection and Characterization of Monosodium Urates, Calcium Pyrophosphate, and Hydroxyapatite: A Phantom Study on Diagnostic Performance. *Invest. Radiol.* 2021; 56 (7): 417–424. <http://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000756>
75. Sanghavi N., Korem S., Dey S. et al. Dual-Energy Computed Tomography (DECT) Resolves the Diagnostic Dilemma in an Atypically Presenting Case of Gout. *Cureus.* 2023; 15 (4): e38247. <http://doi.org/10.7759/cureus.38247>
76. Marty-Ané A., Norberciak L., Andrès M. et al. Crystal deposition measured with dual-energy computed tomography: association with mortality and cardiovascular risks in gout. *Rheumatology (Oxford).* 2021; 60 (10): 4855–4860. <http://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa920>
77. Baffour F.I., Ferrero A., Aird G.A. et al. Evolving Role of Dual-Energy CT in the Clinical Workup of Gout: A Retrospective Study. *Am. J. Roentgenol.* 2022; 218 (6): 1041–1050. <http://doi.org/10.2214/AJR.21.27139>
78. Li S., Xu G., Liang J. et al. The Role of Advanced Imaging in Gout Management. *Front. Immunol.* 2022; 12: 811323. <http://doi.org/10.3389/fimmu.2021.811323>
79. Sotniczuk M., Nowakowska-Płaza A., Wroński J. et al. The Clinical Utility of Dual-Energy Computed Tomography in the Diagnosis of Gout-A Cross-Sectional Study. *J. Clin. Med.* 2022; 11 (17): 5249. <http://doi.org/10.3390/jcm11175249>
80. Kravchenko D., Karakostas P., Kuetting D. et al. The role of dual energy computed tomography in the differentiation of acute gout flares and acute calcium pyrophosphate crystal arthritis. *Clin. Rheumatol.* 2022; 41 (1): 223–233. <http://doi.org/10.1007/s10067-021-05949-4>
81. Shang J., Li X.H., Lu S.Q. et al. Gout of feet and ankles in different disease durations: diagnostic value of single-source DECT and evaluation of urate deposition with a novel semi-quantitative DECT scoring system. *Adv. Rheumatol.* 2021; 61 (1): 36. <http://doi.org/10.1186/s42358-021-00194-4>



**Для корреспонденции\***: Ким Тхе Ван – e-mail: Pavel.kim.08@mail.ru

**Ким Тхе Ван** – аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0009-0002-9766-6986>. E-mail: Pavel.kim.08@mail.ru

**Завадовская Вера Дмитриевна** – доктор мед. наук, профессор, и.о. заведующей кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>. E-mail: Wdzav@mail.ru

**Дегтярев Илья Юрьевич** – ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-8812-4168>. E-mail: ilya.degtyarev.4201@mail.ru

**Замышевская Мария Александровна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0001-7582-3843>. E-mail: Zamyshvskayamari@mail.ru

**Удодов Владимир Дмитриевич** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0002-1321-7861>. E-mail: Udodov.vd@ssmu.ru

**Зоркальцев Максим Александрович** – доктор мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>. E-mail: Zorkaltsev@mail.ru

**Траудт Алина Константиновна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск. <https://orcid.org/0009-0001-8681-7892>. E-mail: alina.traudt@yandex.ru

**Contact\***: Kim Tkhe Van – e-mail: Pavel.kim.08@mail.ru

**Tkhe Van Kim** – Postgraduate of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0009-0002-9766-6986>. E-mail: Pavel.kim.08@mail.ru

**Vera D. Zavadovskaya** – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>. E-mail: Wdzav@mail.ru

**Ilya Yu. Degtyarev** – Assistant of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-8812-4168>. E-mail: ilya.degtyarev.4201@mail.ru

**Maria A. Zamyshvskaya** – MD, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0001-7582-3843>. E-mail: Zamyshvskayamari@mail.ru

**Vladimir D. Udodov** – MD, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-1321-7861>. E-mail: Udodov.vd@ssmu.ru

**Maxim A. Zorkaltsev** – MD, Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>. E-mail: Zorkaltsev@mail.ru

**Alina K. Traudt** – MD, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Radiology and Radiotherapy Department, Siberian State Medical University, Tomsk. <https://orcid.org/0009-0001-8681-7892>. E-mail: alina.traudt@yandex.ru