



УДК 612.428+616.428-008.1-07+616-076
<https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001>

Возможности лучевых методов диагностики патологии лимфатических узлов. Обзор литературы. Клинический случай

Елена Анатольевна Сотникова, Ольга Федоровна Позднякова, Дамир Асиятович Малек, Валерия Семеновна Игнатъева, Мария Сергеевна Левина, Александр Владимирович Поздняков, Марина Владиславовна Елизарова

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Елена Анатольевна Сотникова — к.м.н., доцент кафедры медицинской биофизики.
E-mail: elena_sotnikova@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129>; SPIN: 4762-6501

Для цитирования: Сотникова Е.А., Позднякова О.Ф., Малек Д.А., Игнатъева В.С., Левина М.С., Поздняков А.В., Елизарова М.В. Возможности лучевых методов диагностики патологии лимфатических узлов. Обзор литературы. Клинический случай. *Визуализация в медицине*. 2025;7(3):4–19. <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001>.

Поступила: 12.09.2025

Одобрена: 30.10.2025

Принята к печати: 18.11.2025

Резюме. Лимфатическая система, являясь частью сердечно-сосудистой системы, включает в себя сеть лимфатических капилляров, сосудов и протоков, а также лимфатические органы, среди которых центральное место занимают лимфатические узлы. Различные инфекционные агенты, опухолевые и аутоиммунные заболевания могут сопровождаться патологическими изменениями лимфоузлов. Для диагностики синдрома увеличенных и измененных лимфатических узлов могут быть использованы многообразные методы лучевой диагностики, из которых наиболее простым и доступным является ультразвуковая диагностика. На ультразвуковых изображениях лимфоузлов оценивается форма, контуры и внутренняя структура узлов. Размеры, как правило, не должны превышать 10 мм, а соотношение продольного и поперечного диаметров — 2 мм. В дополнение к классической ультразвуковой диагностике может использоваться компрессионная эластография, согласно которой различают 4 типа жесткости лимфатических узлов (М. Фуракава, 2007 г.). Магнитно-резонансная томография позволяет более детально оценить глубокие лимфоузлы и различить типы лимфаденопатий. По характеристикам магнитно-резонансного сигнала выделяют отечную, отечно-гипертрофическую, гипертрофическую, гиперпластическую и склеротическую формы лимфаденопатий, а также их смешанные варианты. Однако не всегда можно различить злокачественное и доброкачественное поражение на магнитно-резонансной томографии, поэтому важную роль играет определение размера лимфоузлов по короткой оси. С помощью компьютерной томографии обычно оцениваются лимфатические узлы грудной клетки и брюшной полости. При анализе изображений, полученных методом компьютерной томографии, прекрасно визуализируются кальцинаты и жировая дегенерация в структуре лимфатического узла. Такой скрининговый метод, как маммография, также позволяет оценить изменения в аксиллярных лимфоузлах. Несмотря на это, при верификации лимфаденопатии должна производиться комплексная оценка всех инструментальных методов исследования, а ключевым этапом диагностики остается морфологическое исследование биопсийного материала.

Ключевые слова: лимфатические узлы, лимфаденопатия, компрессионная эластография, МР-лимфангиография, болезнь кошачьих царапин

<https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001>

The possibilities of radiological methods for diagnosing lymph node pathology. Literature review. Clinical case

Elena A. Sotnikova, Olga F. Pozdnyakova, Damir A. Malekov, Valeria S. Ignatyeva,
Maria S. Levina, Alexander V. Pozdnyakov, Marina V. Elizarova

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Lithuania, Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

Contact information: Elena A. Sotnikova — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Biophysics.
E-mail: elena_sotnikova@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129>; SPIN: 4762-6501

For citation: Sotnikova E.A., Pozdnyakova O.F., Malekov D.A., Ignatyeva V.S., Levina M.S., Pozdnyakov A.V., Elizarova M.V.
The possibilities of radiological methods for diagnosing lymph node pathology. Literature review. Clinical case. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):4–19. <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001>.

Received: 12.09.2025

Revised: 30.10.2025

Accepted: 18.11.2025

Abstract. The lymphatic system, being part of the cardiovascular system, includes a network of lymphatic capillaries, vessels and ducts, as well as lymphatic organs, among which the central place is occupied by lymph nodes. Various infectious agents, tumor and autoimmune diseases can be accompanied by pathological changes in lymph nodes. For the diagnosis of the syndrome of enlarged and altered lymph nodes, various methods of radiological diagnostics can be used, of which the simplest and most accessible is ultrasound diagnostics. The shape, contours, and internal structure of the lymph nodes are evaluated on ultrasound images. The size should not exceed 10 mm, and the ratio of longitudinal to transverse diameter should be 2. In addition to classical ultrasound diagnostics, compression elastography can be used, which distinguishes four types of lymph node stiffness (M. Furakawa, 2007). Magnetic resonance imaging allows for a more detailed assessment of deep lymph nodes and the differentiation of types of lymphadenopathy. Based on the characteristics of the magnetic resonance signal, it is possible to distinguish between edematous, edematous-hypertrophic, hypertrophic, hyperplastic, and sclerotic forms of lymphadenopathy, as well as their mixed variants. However, it is not always possible to distinguish between malignant and benign lesions on magnetic resonance imaging, so the determination of the size of the lymph nodes along the short axis plays an important role. Computed tomography is commonly used to assess the lymph nodes in the chest and abdomen. When analyzing images obtained by computed tomography, calcifications and fatty degeneration in the structure of the lymph node are clearly visible. A screening method such as mammography also allows for the assessment of changes in the axillary lymph nodes. Despite this, a comprehensive assessment of all instrumental methods of research should be performed when lymphadenopathy is verified, and the key stage of diagnosis remains the morphological examination of the biopsy material.

Keywords: lymph nodes, lymphadenopathy, compression elastography, MR lymphangiography, cat-scratch disease

ВВЕДЕНИЕ

Лимфатическая система человека представляет собой сложную и высокоорганизованную часть единого сосудисто-тканевого комплекса организма, функционально дополняя кровеносное русло. Она включает в себя лимфу, сеть лимфатических капилляров, сосудов и протоков, а также лимфатические органы, среди которых центральное место занимают лимфатические узлы (ЛУ). По своей структуре лимфатические сосуды подразделяются на интра- и экстраорганные; при этом экстраорганные сосуды подразделяются на поверхностные, локализующиеся в коже и подкожной жировой клетчатке, и глубокие, залегающие в толще фасциальных пространств.

Физиологическое значение лимфатической системы определяется ее многообразными функциями. Главной из них является дренажная: именно по лимфатическим сосудам отводится избыточная тканевая жидкость, резорбируются крупные макромолекулы, неспособные проникнуть в кровеносное русло, а также липофильные вещества. Вместе с этим лимфатическая система обеспечивает процессы детоксикации, участвует в транспорте липидов и играет важнейшую роль в формировании как врожденного, так и адаптивного иммунного ответа. Благодаря этому она становится ключевым звеном в развитии широкого спектра инфекционных, воспалительных, метаболических и опухолевых заболеваний.

АНАТОМИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Лимфатическая система состоит из лимфатических капилляров, лимфатических посткапилляров, лимфатических сосудов, лимфатических узлов, лимфатических стволов и лимфатических протоков. Лимфатические капилляры — это тонкостенные слепозамкнутые анатомические структуры, образующие сети. Стенка капилляра состоит из тонкого эндотелия, окруженного ретикулярными и коллагеновыми волокнами, что позволяет выполнять капиллярам дренажную функцию, фильтруя межтканевую жидкость с образованием лимфы. Капилляры продолжают в лимфатические посткапилляры, имеющие клапаны — складки эндотелия, которые образуют безмышечные межклапанные сегменты, ограничивающие обратный лимфоток. В стенках лимфатических сосудов, помимо эндотелия и соединительной ткани, появляются гладкомышечные клетки. Лимфатические сосуды имеют участки сужения в местах прикрепления клапанов и участки расширения. В данном сегменте выделяют такое понятие, как «лимфангион» —

это участок лимфатического сосуда, образованный стенками входного и выходного клапанов, а также мышечная манжетка (средняя часть межклапанного сегмента). Лимфатические узлы представляют собой плотные, округлые, продолговатые или бобовидные скопления лимфоидной ткани. Лимфоузлы снаружи покрыты капсулой, дающей начало многочисленным трабекулам, разделяющим лимфоидную ткань внутри, между которыми находятся лимфатические синусы. Ворота лимфатического узла представлены местом входа артерий и выхода вен. Экстраорганные лимфатические сосуды объединяются в региональные коллекторы — лимфатические стволы (яремные, подключичные, бронхосредостенные, кишечные, поясничные), которые уже не прерывают лимфоузлы. Лимфатические стволы служат началом лимфатических протоков — грудного и правого. Грудной проток собирает лимфу от нижних конечностей, большей части туловища, левой верхней конечности, левых половин головы и шеи, и отводит ее в левый венозный угол шеи. Непостоянный правый проток отводит лимфу правой верхней конечности, правых половин головы, шеи и грудной стенки. Необходимо также помнить о том, что в лимфатической системе развит окольный лимфоток: лимфатические сосуды могут проходить мимо лимфатических узлов и впадать напрямую в лимфатические протоки и стволы [1, 2].

ОСНОВНЫЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ

1. Инфекционные заболевания

- *Бактериальные инфекции* (стрептококковые, стафилококковые, туберкулез и др.) сопровождаются острым или хроническим лимфаденитом, часто с болезненностью и местными воспалительными изменениями.
- *Вирусные инфекции* (например, инфекционный мононуклеоз) характеризуются генерализованной лимфаденопатией.
- *Протозойные и паразитарные заболевания* (например, токсоплазмоз) также могут проявляться генерализованным поражением ЛУ.

2. Аутоиммунные заболевания

При системной красной волчанке, ревматоидном артрите, дерматомиозите наблюдается генерализованная лимфаденопатия, обусловленная гиперплазией лимфоидной ткани на фоне хронической активации иммунной системы.

3. Опухолевые процессы

- *Злокачественные лимфопролиферативные заболевания* (лимфомы Ходжкина и неходж-

кинские лимфомы) проявляются прогрессирующим увеличением ЛУ, часто с образованием плотных конгломератов.

- *Метастатическое поражение лимфатических узлов* при злокачественных опухолях различных локализаций (рак молочной железы, легкого, желудка и др.) является важнейшим критерием стадирования и прогноза.

4. Реактивные лимфаденопатии

Могут возникать в ответ на местные воспалительные процессы (например, ангина с увеличением шейных ЛУ). Такие изменения, как правило, носят обратимый характер и регрессируют после купирования основного заболевания.

5. Гранулематозные заболевания

Туберкулез, саркоидоз, болезнь кошачьих царапин сопровождаются увеличением лимфатических узлов с формированием специфических гранул, нередко с кальцинацией.

6. Лекарственно-индуцированные лимфаденопатии

Отмечаются при применении отдельных препаратов (например, противосудорожных средств, аллопуринола, антибиотиков), что связано с гиперчувствительностью или иммунными реакциями.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Синдром увеличенных или измененных лимфатических узлов, лимфаденопатия, может встретиться в практике врача любой специальности. Лимфаденопатия характерна для целого ряда заболеваний, различающихся по своему течению, прогнозу, а также тактике обследования и лечения пациента. Основной проблемой для всех лимфаденопатий является схожесть опухолевых и неопухолевых ее форм.

В большинстве случаев под лимфаденопатией понимают увеличение размеров лимфатических узлов и/или изменение их структуры [3, 4]. У взрослого человека насчитывается около 600 лимфатических узлов, однако при пальпации определяются только поверхностно расположенные группы. Для оценки глубоколежащих лимфоузлов и уточнения характера изменений необходимо прибегать к лучевым методам визуализации.

Современный подход к диагностике лимфаденопатии основывается на комплексной оценке клинических данных, лабораторных тестов (в т.ч. взятие биопсийного материала и проведение иммуногистохимии, молекулярно-генетического исследования [3]) и результатов визуализирующих исследований, что позволяет максимально точно

установить причину данного синдрома и выработать оптимальную тактику ведения пациента.

Инструментальные методы

Инструментальные методы занимают ключевое место в диагностике заболеваний лимфатической системы. Они позволяют не только выявлять изменения размеров и структуры лимфоузлов, но и уточнять их взаимоотношение с окружающими тканями, характер васкуляризации и метаболической активности. При этом выбор конкретного метода диагностики во многом определяется локализацией пораженных лимфоузлов: поверхностные группы чаще исследуются с использованием ультразвука, тогда как для оценки глубоколежащих структур применяются компьютерная и магнитно-резонансная томография, а в ряде случаев — позитронно-эмиссионная томография. Зачастую даже рутинные методы лучевой диагностики, такие как традиционная рентгенография, флюорография и маммография, могут дать информацию о поражении ЛУ.

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование (УЗИ) лимфатических узлов является первичным и наиболее доступным методом инструментальной диагностики, обладая высокой информативностью при исследовании поверхностно расположенных лимфоузлов (шейных, подмышечных, паховых), однако имеются ограничения при визуализации глубоколежащих структур. Оно позволяет оценивать размеры, форму, контуры, экоструктуру и васкуляризацию лимфатических узлов. Признаками патологического процесса считаются округлая форма, потеря кортико-медуллярной дифференциации, гипоехогенность и усиление кровотока при цветном доплеровском картировании. Дополнительные ультразвуковые методики расширяют диагностические возможности: эндоскопическое (чреспищеводное) УЗИ позволяет оценивать внутригрудные лимфатические узлы (2, 4, 3Р, 7, 8, 9 групп по IASLC 2009 г.) [5, 6], эластография применяется для оценки жесткости тканей, интраоперационное УЗИ содействует визуализации анатомических структур в хирургической практике [7, 8].

Компрессионная эластография использует ультразвук для измерения жесткости тканей после надавливания датчиком (рис. 1). Она особенно информативна при исследовании лимфатических узлов в диагностике онкопатологий — злокачественные опухоли ухудшают их упругость. В отличие от

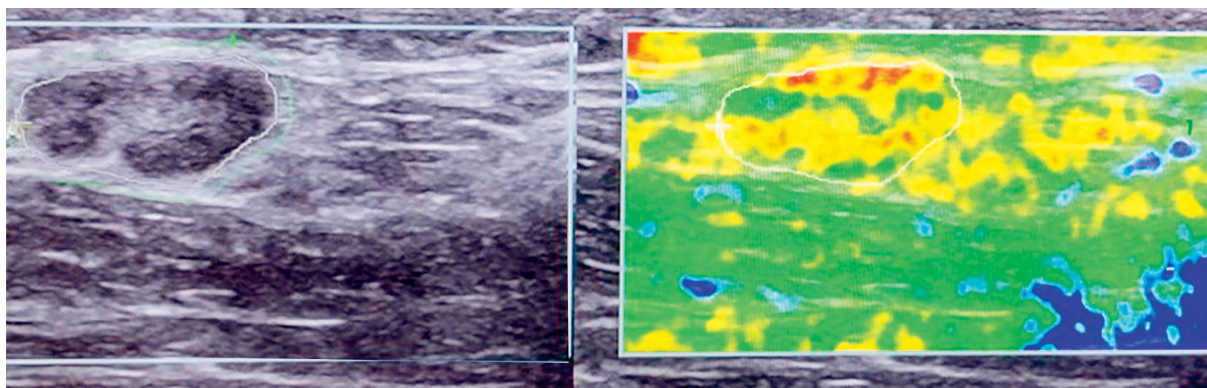


Рис. 1. Оценка лимфатического узла методом эластографии
Fig. 1. Lymph node assessment using elastography

обычного ультразвука, эластография точнее дифференцирует глубоко расположенные новообразования и различает жесткие образования в плотных железистых и менее плотных жировых тканях. Этот метод помогает точнее определить необходимость биопсии для выявления метастазов, что важно при раке легких и молочных желез для оценки стадии, выбора терапии и прогноза [9].

Для оценки жесткости лимфатических узлов используется система качественной оценки результатов компрессионной эластографии, разработанная М. Фурукавой в 2007 г., согласно которой выделяют 4 типа жесткости ЛУ:

- 1-й тип (мягкие) — характеризуется преобладанием зеленого окрашивания с включениями красного и синего цвета — эластографические признаки неоднородности ЛУ с преобладанием мягкоэластического компонента;
- 2-й тип (умеренно мягкие) — характеризуется неоднородностью цветовой палитры окрашивания синего, зеленого и красного цветов — эластографические признаки неоднородности ЛУ с преобладанием жесткого компонента по периферии;
- 3-й тип (умеренно жесткие) — характеризуются преобладанием интенсивного синего окрашивания с включениями зеленых оттенков — эластографические признаки жестко-неоднородной структуры ЛУ во всем объеме;
- 4-й тип (жесткие) — характеризуются интенсивным синим окрашиванием более 90% объема узла — эластографические признаки жесткой структуры ЛУ [10].

Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ), в особенности с контрастным усилением, позволяет четко дифференцировать увеличенные, в том числе глубоко

ко лежащие лимфатические узлы от окружающих тканей, выявлять конгломераты и определять их взаимоотношения с соседними органами. При воспалительных изменениях отмечается интенсивное накопление контрастного вещества вследствие повышенной проницаемости сосудов, тогда как при опухолевом поражении причиной контрастирования служит неоангиогенез.

Следует также упомянуть обзорную рентгенографию — первичный метод исследования при патологии органов грудной клетки, в ряде случаев позволяющий визуализировать внутригрудные лимфатические узлы при их значительном увеличении, даже несмотря на ограниченную чувствительность метода. Важно учитывать, что расширение тени средостения может быть обусловлено не только лимфаденопатией, но и опухолевыми образованиями, что ограничивает специфичность данного метода [11].

Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является одним из наиболее перспективных методов исследования лимфатической системы благодаря высокой тканевой контрастности и отсутствию ионизирующего излучения, что делает ее предпочтительной у пациентов молодого возраста, а также при необходимости многократных повторных исследований. Использование гадолинийсодержащих контрастных препаратов позволило разработать метод динамической контрастно-усиленной МР-лимфангиографии (DCMRL — Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Lymphangiography), обеспечивающий высокоинформативное изображение центральной лимфатической системы и демонстрирующий ее ключевую роль в патогенезе различных патологий [12, 13]. Наряду с этим в клинической практике применяется МР-лимфангиография

без контрастирования. Поскольку лимфе присуще высокое время T2-релаксации, в большинстве протоколов используются тяжелые T2-взвешенные последовательности, что позволяет визуализировать лимфатические каналы и оценивать выраженность интерстициального отека [14].

Высокая тканевая контрастность МРТ обеспечивает возможность выявления минимальных изменений структуры лимфатических узлов, что имеет особое значение при дифференциальной диагностике воспалительных и опухолевых процессов. Дополнительное применение функциональных методик, таких как диффузионно-взвешенная визуализация и МР-спектроскопия, повышает специфичность исследования за счет оценки микроциркуляторных и метаболических особенностей.

Чрессосудистая лимфангиография

Чрессосудистая лимфангиография — селективная визуализация лимфатического русла при помощи лучевых методов после введения этиодизированного масляного раствора (Липиодол) в лимфатический сосуд, выделенный на тыле стопы. После катетеризации лимфатического сосуда проводится введение контраста, позволяющее визуализировать лимфатические узлы, сосуды и протоки с помощью рентгеноскопии, рентгенографии или компьютерной томографии [15].

Интранодальная лимфангиография

Интранодальная лимфангиография предлагает альтернативный способ доступа к лимфатической системе и технически менее сложную альтернативу традиционной транспедальной лимфангиографии. Под контролем ультразвука пунктируют паховый лимфатический узел и вводят контрастное вещество (Липиодол) с последующей визуализацией под рентгеноскопическим контролем. Основными показаниями являются диагностика лимфоистечений различной этиологии (травматических, послеоперационных), визуализация центрального лимфатического звена при интервенционных вмешательствах, а также выявление врожденных аномалий лимфатической системы [16].

Радионуклидные методики

Радионуклидные методы исследования используются для оценки функциональной активности лимфатических узлов. Соединения, меченные радиофармпрепаратом (РФП), при введении пациен-

ту включаются в биологические процессы, отражая, таким образом, метаболизм интересующего вещества.

К основным радионуклидным методикам относят планарную скintiграфию (лимфосцинтиграфию), однофотонную эмиссионную компьютерную томографию и двухфотонную эмиссионную или позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ).

Лимфосцинтиграфия

Лимфосцинтиграфия — это радионуклидный метод исследования лимфатического русла, при котором в дерму дистальных отделов конечностей вводят коллоиды, меченные ^{99m}Tc , для анализа поглощения радиофармпрепарата (РФП) в дренирующих лимфатических узлах [17–19]. Коллоид вводят иглой в пространство между первым и вторым, вторым и третьим пальцами руки или ноги. После поглощения РФП лимфатическими капиллярами и вовлечения в лимфатическую циркуляцию гамма-излучение, испускаемое им, регистрируется в гамма-камере, что позволяет анатомически охарактеризовать выявленные области. Лимфосцинтиграфия применяется для оценки проходимости лимфатических сосудов, диагностики лимфостаза, выявления лимфореи, а также позволяет визуализировать периферические лимфатические сосуды и сторожевые лимфатические узлы при различных формах злокачественных неоплазий [20].

Использование однофотонной эмиссионной компьютерной томографии способствует лучшему обнаружению сторожевых ЛУ по сравнению с классической планарной лимфосцинтиграфией [21, 22].

Позитронно-эмиссионная томография в комбинации с КТ

Использование ^{18}F -ФДГ позволяет визуализировать метаболически активные очаги и дифференцировать опухолевые поражения от реактивных изменений. Позитронно-эмиссионная томография в комбинации с КТ (ПЭТ-КТ) незаменима в стадировании лимфом, мониторинге эффективности терапии и раннем выявлении рецидивов. Ограничениями метода являются высокая стоимость, низкая доступность и вероятность ложноположительных результатов при воспалительных процессах [23].

Инновационные методы визуализации

К перспективным направлениям относятся:

- **Флюоресценция в ближней инфракрасной области** (NIRF MRL — Near-InfraRed Fluorescence Magnetic Resonance Lymphography) с исполь-

зованием индоцианина зеленого (ICG-L MRL — Indocyanine Green Lymphatic Magnetic Resonance Lymphography) традиционно используется для визуализации движения лимфы в поверхностных лимфатических сосудах путем введения индоцианина в интересующую область подкожно или интрадермально, после чего выполняют динамическую непрерывную визуализацию с использованием ближнего инфракрасного излучения на коже и обнаружения излучения при помощи ICG за счет его способности к свечению [24].

- **Фотоакустическая лимфангиография** основана на регистрации оптического излучения, поглощаемого тканями и контрастными веществами (в частности ICG). В исследуемую область также вводится ICG, при облучении тканей импульсным лазером ближнего инфракрасного диапазона молекулы красителя поглощают свет и превращают его в тепловую энергию. Возникает микроскопическое расширение тканей и образование ультразвуковых волн, которые регистрируются детекторами. На основании этих сигналов формируется высокодетализированное изображение лимфатических сосудов и узлов [25].

КРИТЕРИИ НОРМЫ

Лучевая семиотика поражений лимфатических узлов

В настоящее время самым простым методом диагностики лимфоузлов, не сопровождающимся лучевой нагрузкой, является УЗИ. Ультразвуковое изображение при исследовании ЛУ в норме характеризуется регистрацией узлов овальной, бобовидной или лентовидной формы с четкими ровными контурами. Размеры переменны для различных групп лимфоузлов, однако размер более 10 мм по короткой оси на фоне изменения структуры и формы ЛУ является поводом для подозрения лимфаденопатии. При оценке соотношения продольного и поперечного размеров, данный коэффициент не должен превышать 2. Важна зональная структура ЛУ с четкой визуализацией гипоехогенной гомогенной коры, средостения (мозгового вещества) и структур ворот. Лимфоузел покрыт соединительнотканной капсулой, которая выглядит как гиперэхогенный ободок с ровными контурами. Как правило, в области ворот капсула утолщается, и от нее вглубь узла направляются соединительнотканые трабекулы. Еще один важный коэффициент — соотношение коркового и мозгового слоев, который должен составлять 1:3. Сосудистый рисунок должен быть упорядочен вдоль капсулы от ворот к периферии [6].

Метод ультразвуковой диагностики лимфатических узлов позволяет нам различить острый и хронический лимфаденит, метастатическое поражение лимфоузлов, а также выделить признаки злокачественных лимфопролиферативных заболеваний.

При остром лимфадените ЛУ, как правило, увеличиваются в размерах, капсула становится напряженной, расширена корковая зона и синус, капсула лимфоузла отечна и может быть разволокнена. Сосудистый рисунок усилен. В структуре лимфоузла могут встречаться единичные анэхогенные «кистозные» структуры [6]. Соотношение продольного и поперечного размеров ЛУ более 2, тогда как при хроническом лимфадените данный коэффициент значительно превышает 2, а васкуляризация может не определяться вовсе [26]. При хронических формах отмечается также утолщение капсулы и спяние ее с окружающими тканями [6]. При компрессионной эластографии для реактивной лимфаденопатии характерны 1-й и 2-й типы эластограммы с преобладанием эластичной структуры [27].

При метастатическом поражении лимфатических узлов изменяется их форма, они становятся сферическими, соотношение продольного и поперечного размеров при этом составляет менее 2. Структура гипо- или анэхогенная, привычный рисунок ЛУ стирается, контуры становятся нечеткими, ворота смещаются и деформируются. При инфильтрации капсулы возможно образование конгломератов. Более того, в метастатически измененных лимфоузлах отмечается диффузное умеренное усиление васкуляризации с хаотично расположенными сосудами и наличием артериовенозных шунтов [6, 26]. При исследовании таких ЛУ в режиме компрессионной эластографии преобладает 4-й тип эластограммы [28].

В случае злокачественных лимфопролиферативных заболеваний множественные группы ЛУ приобретают сферическую форму, соотношение продольного и поперечного размеров менее 2. Практически всегда лимфоузлы гипоехогенной структуры с гетерогенными внутренними эхосигналами, с четкими границами, область ворот не дифференцируется. При использовании доплеровских режимов кровотока в пораженных ЛУ значительно усилен с повышенной перфузией как в центральных, так и в периферических отделах [26, 29, 30]. При компрессионной эластографии лимфоузлов больных лимфомами чаще определяется 3-й тип эластограммы [27].

При МР-исследовании критериями нормальной анатомии лимфатических узлов установлены: овоидная или вытянуто-фрагментарная форма, однородная структура, четкие жировые ворота,



Рис. 2. Пациент, 17 лет. Нормальная МР-картина подколенного лимфатического узла

Fig. 2. Patient, 17 years old. Normal MR-image of the popliteal lymph node

средняя интенсивность сигнала на T1-ВИ, средняя или низкая интенсивность на T2-ВИ, равномерно пониженный МР-сигнал на диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ), четкие ровные контуры капсулярно-трабекулярного аппарата лимфоузла (рис. 2). Важным аспектом является отсутствие расширения («блока») на уровне синусной системы ЛУ, а также наличие лимфотока по приносящим и выносящим лимфатическим сосудам. Несмотря на это, характеристики МР-сигнала не всегда позволяют отличить неопластическую лимфаденопатию от доброкачественной (реактивной), поэтому основным отличием являются размеры лимфоузлов [31].

На основании перечисленных выше критериев, выделяют несколько типов лимфаденопатий.

1. *Отечная, или отечно-кистозная, лимфаденопатия.*

При развитии отечной лимфаденопатии, как правило, происходит увеличение лимфоузла за счет скопления жидкости. На T2-ВИ и на STIR ЛУ имеют гиперинтенсивный МР-сигнал. Вначале отек лимфатического узла имеет полулунную форму в зоне субкапсулярного синуса, а при дальней-

шем накоплении жидкости узлы приобретают овоидно-сферическую форму. В регионе дренирования визуализируется массивный отек с патологическим расширением приносящих лимфатических сосудов. На T1-ВИ ЛУ имеют низкий МР-сигнал, на ДВИ — гиперинтенсивный, без снижения сигнала на картах измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) [32].

2. *Отечно-гипертрофическая, или реактивная, лимфаденопатия.*

Данная форма лимфаденопатии напрямую связана с формированием иммунного ответа на инфекционный агент и может быть как локальной, так и генерализованной. Отечно-гипертрофические ЛУ на МР-томограммах выглядят гиперинтенсивными на T2-ВИ и STIR(SPIR)longTR, гипоинтенсивными на T1-ВИ, что позволяет оценить гипертрофию лимфоидной ткани. На ДВИ МР-сигнал также достаточно высокий вследствие того, что он формируется от нормальной лимфоидной ткани [32].

3. *Гипертрофическая, или гематоонкологическая, лимфаденопатия.*

Лимфатические узлы при данном варианте значительно увеличиваются в размерах, однако по МР-сигналу на T1- и T2-ВИ почти не отличаются от нормальных. На STIR(SPIR)longTR иногда можно выявить остаточный объем лимфы в субкапсулярном синусе и в расширенных приносящих лимфатических сосудах. На ДВИ сигнал от гипертрофических ЛУ несколько снижен. При контрастном усилении наблюдается достаточная эвакуация препарата по коллекторам и через лимфоузлы с исчезновением контрастного вещества через 1–1,5 часа после введения. Однако гематоонкологическая форма лимфаденопатии по характеристикам МР-сигнала очень похожа на гиперпластическую форму на стадии массивной пролиферации метастаза, что весьма затрудняет дифференциальную диагностику [32].

4. *Гиперпластическая и отечно-гиперпластическая, или неопластическая, лимфаденопатия.*

На начальных этапах метастатического поражения ЛУ на ДВИ регистрируется снижение сигнала от небольшого очага внутри, лимфоузел имеет сферическую форму, но без признаков отека. В случае, когда развивается иммунный ответ на опухолевую инвазию, на T1-, T2-ВИ и STIR(SPIR)longTR микрометастаз практически неразличим за счет накопления лимфы. При этом визуализируются расширенные лимфатические коллекторы и перинодулярный отек. На стадии пролиферации метастаза, когда клетки опухоли заполняют весь объем лимфоузла, возникает «блокирование» лимфотока через узел, что приводит к снижению отежных явлений.

ЛУ на этом этапе могут быть нормальных или увеличенных размеров, однако отношение поперечного размера к продольному у неопластических ЛУ значительно выше. Метастатически пораженные лимфоузлы могут быть полиморфными по своему МР-сигналу, но, как правило, уровень сигнала ниже нормального. На ДВИ и картах ИКД такие ЛУ имеют более сниженный сигнал, чем при гипертрофической лимфаденопатии [32].

5. *Склеротическая, отечно-склеротическая и липидно-склеротическая лимфаденопатия.*

Склеротическая лимфаденопатия развивается как исход других типов лимфаденопатий. При этом форма ЛУ становится звездчатой или фрагментированной, ЛУ имеют низкий МР-сигнал на T1- и T2-ВИ. Когда в области воротного синуса отмечается образование мелких кист и отечной реакции, говорят об отечно-склеротической форме лимфаденопатии. Иногда в паренхиме ЛУ в области ворот на фоне склерозирования можно выявить липидные скопления (липидно-склеротическая лимфаденопатия). На ДВИ такие лимфоузлы не выделяются от на фоне окружающих мягких тканей.

Поскольку изменения лимфатических узлов на МР-томограммах не всегда имеют специфический характер, важным, и к тому же спорным, критерием диагностики является размер ЛУ [32].

Лимфоузлы средостения и грудной клетки

На МРТ оценивать состояние ЛУ средостения лучше в субкардиальной области [33]. Некоторые авторы считают критерием патологически измененных прикорневых ЛУ размер более 18 мм [34]. Другие авторы утверждают свои критерии размеров: ЛУ менее 10 мм в диаметре — нормальные, ЛУ 10–20 мм — подозрительные, а ЛУ более 20 мм — аномальные [35]. Размеры подмышечных лимфоузлов варьируют от 1 до 10 мм [36]. Однако, по данным Н.В. Нуднова, Т.Г. Сергеевкова, Е.Н. Хориковой, О.Г. Кузьминой, обнаружение ЛУ более 5 мм в диаметре или их слияние между собой характерно для опухолевого роста [37, 38]. Другие авторы утверждают, что достоверно сказать о злокачественном характере поражения подмышечных ЛУ можно только при наличии таких симптомов, как некроз, инвазия смежных тканей и выявление ЛУ более 10 мм [39].

Лимфоузлы брюшной полости

По данным S. Grubnic и соавт., максимальные размеры неизмененных нормальных желудочных ЛУ — 6 мм, верхних левых поясничных, правых поясничных и межаортакавадных — 3 мм, позадикавадных — 4 мм, нижних левых пояснич-

ных — 5 мм [40]. Неизмененными поясничными ЛУ следует считать узлы менее 4 мм [41, 42]. При гепатобилиарном раке околопеченочные ЛУ на МРТ считаются метастатически пораженными при размерах более 15 мм [43]. J.M. Hawn и соавт. утверждают, что ЛУ до 15 мм являются подозрительными, но не патологическими [44, 45].

Лимфоузлы полости малого таза и паховой области

S. Grubnic и соавт. считают, что нормальный максимальный диаметр общих подвздошных ЛУ — 4 мм, наружных и внутренних подвздошных — 5 мм [40]. А нормальные размеры паховых ЛУ по короткой оси для проксимальных поверхностных — 3–10 мм, для дистальных поверхностных — 3–15 мм, и 3–10 мм для глубоких паховых ЛУ [46].

Таким образом, на основании мнения различных исследователей приняты критерии нормальных МР-размеров для лимфоузлов по короткой оси:

- менее 8 мм — для аксиллярных, паховых и лимфоузлов бокового треугольника шеи;
- менее 7 мм — для лимфоузлов средостения;
- менее 5 мм — для узлов лица и шеи, кроме боковых треугольников шеи, и для забрюшинных и подвздошных лимфатических узлов;
- менее 3 мм — для тазовых ЛУ [32].

При КТ-исследовании лимфоузлы обычно имеют овальную, бобовидную и веретенообразную форму, тканевой плотности, которая обычно составляет около +30...+40 HU, но может колебаться в широких пределах, от +10 HU до +80 HU. При этом абсолютные значения плотности не являются свидетельством нормы или патологии, т.к. искажаются под влиянием артефактов, при изменении толщины томографического слоя, алгоритма реконструкции, напряжения генерирования рентгеновского излучения и других технических факторов. Размеры ЛУ переменны и зависят от группы. Однако лимфатические узлы любого размера с жировым центром не расцениваются как патологически измененные. Структуру лимфатического узла можно изучить при помощи введения контрастного вещества. Нормальный лимфоузел накапливает его равномерно и умеренно. Интенсивное накопление контрастного вещества возникает при воспалительных заболеваниях вследствие повышения проницаемости сосудов, либо при опухолевом поражении из-за неоангиогенеза. Именно поэтому факт активного накопления контрастного препарата не позволяет судить о злокачественной природе поражения [47].

Метод рентгеновской компьютерной томографии используется для диагностики лимфаденопатий в том случае, когда лимфоузлы недоступны для

исследования УЗ-методом или их исследование на МРТ сопряжено с высокой частотой возникновения артефактов. Самым распространенным примером такой области является грудная клетка со средостенными и внутригрудными лимфоузлами.

При туберкулезе внутригрудных лимфоузлов кальцинация является важным диагностическим критерием. Кальцинаты обычно представлены в виде хаотичных или локальных краевых включений. В пораженных лимфоузлах также визуализируются очаги казеозного некроза, плотность которых в разных фазах составляет от +15 HU до +1400 HU. Туберкулезный процесс, как правило, не ограничивается одной группой лимфатических узлов,



Рис. 3. Пациент, 26 лет. Подтвержденный саркоидоз. На МСКТ визуализируется двусторонняя симметричная лимфаденопатия паратрахеальных, бронхопульмональных и бифуркационных групп лимфоузлов. Лимфоузлы увеличены, с четкими контурами, без зон деструкции и кальцификации

Fig. 3. Patient, 26 years old. Confirmed sarcoidosis. On MSCT, bilateral symmetrical lymphadenopathy of the paratracheal, bronchopulmonary, and bifurcation groups of lymph nodes is visualized. The lymph nodes are enlarged, with clear contours, and without areas of destruction or calcification

развивается так называемая микрополиаденопатия. При этом характерно одностороннее и асимметричное поражение лимфатических узлов, чаще трахеобронхиальной и бронхопульмональной групп [48].

При саркоидозе увеличенные лимфоузлы имеют шаровидную форму, однородную структуру, гладкие четкие контуры, без перифокальной инфильтрации. Чаще симметрично поражаются ЛУ бронхопульмональной и паратрахеальной групп (рис. 3). Однако важной особенностью внутригрудной лимфаденопатии при саркоидозе является отсутствие некроза в структуре узла и равномерное накопление контрастного препарата, в отличие от туберкулеза или злокачественных опухолей, когда отмечается краевое контрастное усиление по капсуле ЛУ [49].

Маммография также позволяет оценивать лимфатические узлы аксиллярной области, что особенно важно в диагностике рака молочной железы.

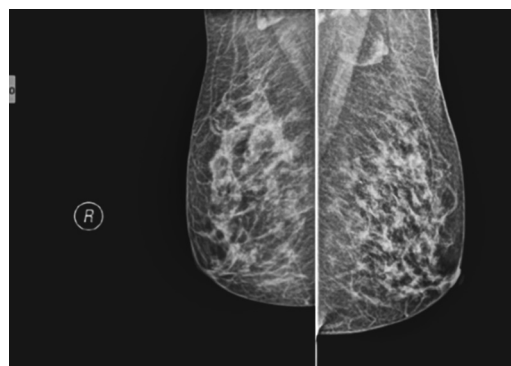


Рис. 4. Маммография в медиолатеральной проекции (R — правая молочная железа, L — левая). Визуализируются увеличенные и уплотненные аксиллярные лимфатические узлы

Fig. 4. Mammogram in the mediolateral projection (R — right breast, L — left breast). Enlarged and hardened axillary lymph nodes are visualized

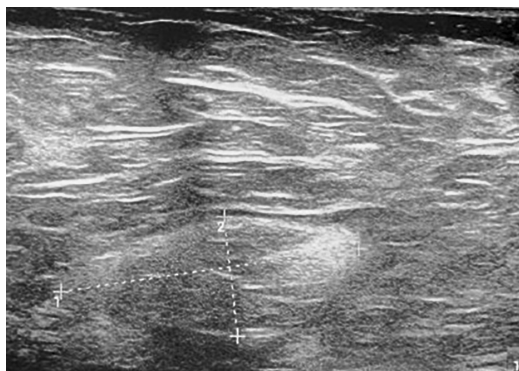


Рис. 5. Та же пациентка. Ультразвуковая картина подмышечного лимфоузла размерами до 29×12 мм с жировой дегенерацией

Fig. 5. The same patient. Ultrasound image of an axillary lymph node measuring up to 29×12 mm with fatty degeneration

Опухолевое замещение лимфоидной ткани приводит к увеличению и округлению формы лимфоузла, изменению соотношения поперечного и продольного диаметров. Определяется прогрессивное изменение архитектоники лимфатического узла с исчезновением изображения корковой и центральной его частей. Иногда визуализируются кальцинаты и уплотнение капсулы ЛУ (рис. 4, 5) [50]. Хотя современные методы диагностики позволяют более детально оценить состояние лимфатических узлов аксиллярной области, не стоит забывать важность такого скринингового метода исследования, как маммография.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациентка Л., 17 лет 7 мес., почувствовала боль и припухлость в области правой подмышечной впадины и локтевого сустава справа. Амбулаторно обратилась на **УЗИ мягких тканей правого плеча**. *Описание:* под слоем подкожно-жировой клетчатки в участке мышечной ткани с повышенной эхогенностью визуализируется локтевой лимфоузел, размером 4,7×1,3 см (рис. 6). Размер образования 1,2×1,0×1,5 см (рис. 7). Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное. Кровоток регистрируется. В правой подмышечной области, глубоко, определяется образование размером 2,9×1,2×2,6 см (рис. 8). Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное. Кровоток регистрируется в ткани узла. Ворота лимфоузла расширены, деформированы, смещены. **Заключение:** УЗ-картина измененных лимфоузлов. При УЗИ лимфоузлов шеи визуализируется незначительно увеличенный узел переднешейной группы до 1,5×0,7 см, правильной формы, с четкими контурами (неизменный). Была рекомендована консультация гематолога.

При активном расспросе выяснилось, что пациентка учится в ветеринарном колледже на втором курсе, часто контактирует с животными, на руках периодически отмечает царапины. В ноябре 2024 года на дистальной фаланге второго пальца правой кисти возникла царапина, факта ее получения не помнит. Царапина зажила, оставив дефект в виде гиперкератоза. Местно применяла мазь Левомеколь, но без эффекта.

Позднее пациентка отметила повышение температуры тела до 38,4°, лихорадка купировалась самостоятельно. В связи с этим была госпитализирована в хирургическое отделение № 3 СПбГПМУ с **диагнозом:** болезнь кошачьих царапин, инфицированная ссадина ладонной поверхности дистальной фаланги второго пальца правой кисти, осложненная



Рис. 6. Ультразвуковая картина локтевого лимфоузла размерами 4,7×1,3 см на фоне гиперэхогенной мышечной ткани

Fig. 6. Ultrasound image of an elbow lymph node measuring 4.7×1.3 cm against a background of hyperechoic muscle tissue

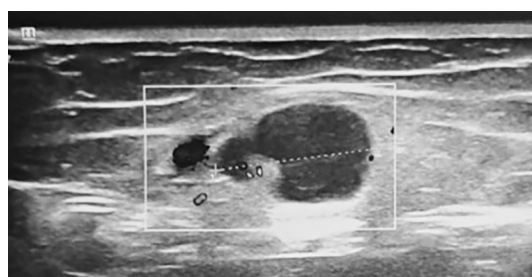


Рис. 7. Ультразвуковая картина образования в локтевой области размерами 1,2×1,0×1,5 см. Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное

Fig. 7. Ultrasonic picture of a 1.2×1.0×1.5 cm mass in the elbow region. The contours are clear and irregular. The content is hypoechoic

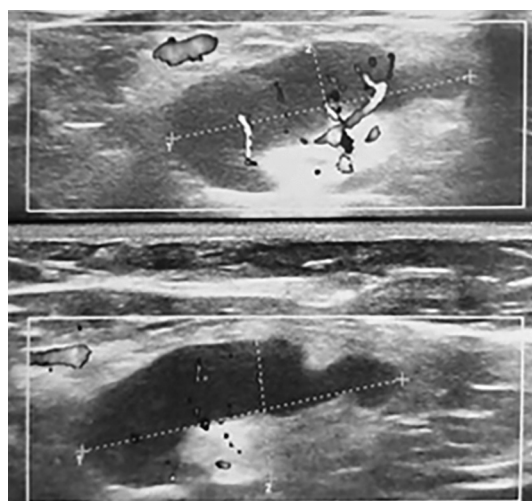


Рис. 8. Ультразвуковая картина лимфатического узла в подмышечной области размером 2,9×1,2×2,6 см, с четкими неровными контурами. Ворота узла расширены, деформированы и смещены

Fig. 8. Ultrasound picture of a lymph node in the axillary region measuring 2.9×1.2×2.6 cm, with clear irregular contours. The node's gate is enlarged, deformed, and displaced



Рис. 9. Ультразвуковая картина лимфоузла подмышечной области справа в динамике. Размер 15×8 мм (ранее 29×12×26 мм). Архитектоника узла сохранена, контуры четкие, ровные

Fig. 9. Ultrasound picture of the lymph node in the right axillary region in dynamics. The size is 15×8 mm (previously 29×12×26 mm). The architecture of the node is preserved, and the contours are clear and even

лимфангитом, аксиллярным и локтевым лимфаденитом в стадии инфильтрации справа.

При динамическом ультразвуковом исследовании лимфатических узлов локтевой и подмышечной групп:

Локтевой лимфатический узел правой верхней конечности с УЗ-признаками воспалительных изменений, увеличен до 15×11 мм, гипervasкулярный, без зон деструкции. Окружающие ткани с УЗ-признаками инфильтрации. Множественные подмышечные лимфатические узлы справа с УЗ-признаками воспалительных изменений — увеличены максимально до 34×19 мм, гипervasкулярные, без зон деструкции. Окружающие ткани с УЗ-признаками инфильтрации. В отделении получала антибиотикотерапию цефтриаксоном и местное лечение (перевязки) с положительной динамикой — уменьшение явлений лимфаденита и лимфангита, санация ссадины, наблюдаются остаточные явления лимфаденита. Через 5 дней выписана в удовлетворительном состоянии под наблюдение хирурга по месту жительства.

На контрольном УЗИ лимфатических узлов через 5 дней осмотрены мягкие ткани с медиальной стороны правого плеча (зона интереса — ранее увеличенный лимфоузел). Визуализируется лимфатический узел под слоем подкожно-жировой клетчатки в толще мышц, в динамике с уменьшением размеров — 15×8 мм, средостение выражено, явных жидкостных зон нет, с сохранением архитектоники (рис. 9). Контуры лимфатического узла четкие, ровные, сохранены на всем протяжении, форма овальная. Эхогенность понижена (норма). Деструктивных изменений паренхимы лимфоузлов

не выявлено. При цветном доплеровском картировании интранодулярный сосудистый рисунок визуализируется достоверно.

Заключение: УЗ-картина лимфаденита без признаков деструкции (ранее филоноз), с положительной динамикой на фоне лечения относительно предыдущего исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление лимфаденопатии требует тщательной оценки локализации, характера изменений, динамики процесса и сопутствующих симптомов. Клинические проявления должны рассматриваться в комплексе с лабораторными и инструментальными методами исследования. Ключевым этапом верификации диагноза остается морфологическое исследование биопсийного материала.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

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

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

- Петренко В.М. Общая анатомия лимфатической системы. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2009;7:59–62.
- Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: формирование современных представлений в России. *Национальная ассоциация ученых (НАУ)*. 2015;III (8):48–51.
- Дворецкий Л.И. Дифференциальный диагноз при лимфаденопатиях. *Справочник практического врача*. 2005;3(2): 3–12.
- Sahai S. Lymphadenopathy. *Pediatr Rev*. 2013;34(5):216–227. <https://doi.org/10.1542/pir.34-5-216>.
- Dietrich C.F., Annema J.T., Clementsen P., Cui X.W., Borst M.M., Jenssen C. Ultrasound techniques in the evaluation of the mediastinum, part I: endoscopic ultrasound (EUS), endobronchial ultrasound (EBUS) and transcutaneous mediastinal ultrasound (TMUS), introduction into ultrasound techniques. *J Thorac Dis*. 2015;7(9):E311–325. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.09.40>.
- Трофимова Е.Ю. Ультразвуковое исследование лимфатических узлов. *SonoAce International*. 2008;(18):59–64.
- Кузьмичев В.А., Мазурин В.С., Вишневская М.В., Шаповалов А.В., Прищепо М.И., Шабаров В.Л. Интраоперационная ультразвуковая диагностика новообразований средостения. *Альманах клинической медицины*. 2009;(21):37–41.
- Choi Y.J., Lee J.H., Baek J.H. Ultrasound elastography for evaluation of cervical lymph nodes. *Ultrasonography*. 2015;34(3):157–164. <https://doi.org/10.14366/usg.15007>.
- Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Гудилина Е.А., Лепэдату П.И., Зейналова П.А. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфопролиферативных изменений поверхностных лимфатических узлов. *Онкогематология*. 2022;17(1):95–103. <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103>.
- Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Гудилина Е.А., Колядина И.В., Зейналова П.А., Семенова А.А. Мультипараметрическая ультразвуковая диагностика измененных лимфатических узлов при первично-множественных злокачественных опухолях, включающих рак молочной железы и лимфому. *Злокачественные опухоли*. 2018;8(4):37–44. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44>.
- Тюрин И.Е., Евграфова С.Ю. Дифференциальная диагностика новообразований средостения. *Пульмонология и аллергология*. 2010;(4):16–22.
- van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T., van der Vleuten C.J.M., Janssen J.J., Fütterer J.J., Schultze Kool L.J., Klein W.M. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clin Anat*. 2022;35(6):701–710. <https://doi.org/10.1002/ca.23867>.
- Харченко В.П. Магнитно-резонансная томография в диагностике злокачественных лимфом грудной клетки. *Медицинская визуализация*. 2000;(2):29–33.
- Arrivé L., Derhy S., El Mouhadi S., Monnier-Cholley L., Menu Y., Becker C. Noncontrast magnetic resonance lymphography. *J Reconstr Microsurg*. 2016;32(1):80–86. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549133>.
- Yoshimatsu R., Yamagami T., Miura H., Matsumoto T. Prediction of therapeutic effectiveness according to CT findings after therapeutic lymphangiography for lymphatic leakage. *Jpn J Radiol*. 2013;31(12):797–802. <https://doi.org/10.1007/s11604-013-0252-2>.
- Jenner Z.B., Li P., Kang L., Goldner B.W., Brown C.N., Raff G.W., Kaufman J. Pediatric intranodal CT lymphangiography with water-soluble contrast medium. *J Vasc Interv Radiol*. 2022;33(11):1440–1443. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.08.012>.
- Momose M., Kawakami S., Koizumi T., Yoshida K., Kanda S., Kondo R., Kadoya M. Lymphoscintigraphy using technetium-99m HSA-DTPA with SPECT/CT in chylothorax after childbirth. *Radiat Med*. 2008;26(8):508–511. <https://doi.org/10.1007/s11604-008-0265-4>.
- Kinuya S., Taki J., Nakajima K., Kinuya K., Haji K., Michigishi T., Tonami N. Inguinoscrotal lymphatic reflux detected by lymphoscintigraphy. *Ann Nucl Med*. 1996;10(3):351–352. <https://doi.org/10.1007/BF03164745>.
- Blumel C., Herrmann K., Giammarile F., Nieweg O.E., Dubreuil J., Testori A., Audisio R.A., Zoras O., Lassmann M., Chakera A.H., Uren R., Chondrogiannis S., Colletti P.M., Rubello D. EANM practice guidelines for lymphoscintigraphy and sentinel lymph node biopsy in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(11):1750–1766. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3135-1>.
- Fearn N.R., Dylke E.S., Bailey D., Kilbreath S.L. Lymphoscintigraphy as an outcome measurement for conservative upper limb lymphedema treatments: a systematic review. *Lymphat Res Biol*. 2022;20(3):248–259. <https://doi.org/10.1089/lrb.2021.0050>.
- Dori Y. Novel lymphatic imaging techniques. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):255–261. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.002>.
- Hoogendam J.P., Veldhuis W.B., Hobbelink M.G., Verheijen R.H., van den Bosch M.A., Zweemer R.P. 99mTc SPECT/CT versus planar lymphoscintigraphy for preoperative sentinel lymph node detection in cervical cancer: a systematic review and metaanalysis. *J Nucl Med*. 2015;56(5):675–680. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.152439>.
- Паша С.П., Терновой С.К. Радионуклидная диагностика. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008: 204.
- Mihara M., Hara H., Araki J., Kikuchi K., Narushima M., Yamamoto T., Iida T., Yoshimatsu H., Murai N., Mitsui K., Okitsu T., Koshima I. Indocyanine green (ICG) lymphography is superior to lymphoscintigraphy for diagnostic imaging of early lymphedema of the upper limbs. *PLoS*

- One. 2012;7(6):e38182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038182>.
25. Kajita H., Oh A., Urano M., Takemaru M., Imanishi N., Otaki M., Yagi T., Aiso S., Kishi K. Photoacoustic lymphangiography. *J Surg Oncol*. 2020;121(1):48–50. <https://doi.org/10.1002/jso.25575>.
26. Хофер М. Цветная дуплексная сонография: практическое руководство по цветной дуплексной сонографии и эхокардиографии. Перевод с англ. М.: Медицинская литература; 2007.
27. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Гудилина Е.А., Лепэдату П.И., Зейналова П.А. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфо-пролиферативных поверхностных лимфатических узлов. *Онкогематология*. 2022;17(1):95–103. <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103>.
28. Савельева Н.А., Косова А.Л. Возможности мультипараметрической ультразвуковой диагностики с использованием компрессионной эластографии в выявлении метастатического поражения периферических лимфатических узлов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016;4:26–37.
29. Савельева Н.А. Ультразвуковая диагностика злокачественного поражения периферических лимфатических узлов. *Практическая медицина*. 2014;3(79):135–138.
30. Фисенко Е.П., Аллахвердиева Г.Ф., Данзанова Т.Ю. и др. Обоснование создания новой классификации оценки поверхностных лимфатических узлов US NODE-RADS (российская версия) по данным ультразвукового исследования: согласованное мнение экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. *Хирургия и онкология*. 2024;14(3):13–16. <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2024-14-3-11-17>.
31. Ховари Л.Ф., Шаназаров Н.А. Диагностика рака почки: современные тенденции. *Фундаментальные исследования*. 2011;(7):256–260.
32. Летягин А.Ю. Лимфоаденопатические изменения на магнитно-резонансных томограммах. *West Kazakhstan Medical Journal*. 2012;4(36):17–21.
33. Домбровский В.И. Опухоль Вильмса. Диагностические возможности магнитно-резонансной томографии. МРТ-патоморфологическое сопоставление. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2001;(6):29–43.
34. Platt J.F., Glazer G. M., Orringer M.B. et al. Radiologic evaluation of the subcarinal lymph nodes: a comparative study. *Am J Roentgenol*. 1988;151(2):279–282. <https://doi.org/10.2214/ajr.151.2.279>.
35. Stark D.D., Bradley W.G. Magnetic resonance imaging. 3-Volumes set, 3rd Edition. C.V. Mosby. St. Louis; 1999.
36. Murray A.D., Staff R. T., Redpath T. W. et al. Dynamic contrast enhanced MRI of the axilla in women with breast cancer: comparison with pathology of the excised nodes. *Br J Radiol*. 2002;75(891):220–228. <https://doi.org/10.1259/bjr.75.891.750220>.
37. Нуднов Н.В., Сергеев Т.Г., Хорикова Е.Н., Кузьмина О.Г. Комплексная диагностика заболеваний молочной железы. *Медицинская визуализация*. 2000;(4):46–53.
38. Stets C., Brandt S., Wallis F. et al. Axillary lymph node metastases: A statistical analysis of various parameters in MRI with USPIO. *J Magn Reson Imaging*. 2002;16(1):60–68. <https://doi.org/10.1002/jmri.10134>.
39. Арзуманова Н.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике опухолей молочных желез. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 1999;(4):21–24.
40. Grubnic S., Vinniombe S.J., Norman A.R., Husband J.E. MR evaluation of normal retroperitoneal and pelvic. *Clin Radiol*. 2002;57(3):193–200. <https://doi.org/10.1053/crad.2001.0893>.
41. Willem M.L., Deserno L.G., Mukesh G. et al. Urinary bladder cancer: preoperative nodal staging with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology*. 2002;16(1):60–68. <https://doi.org/10.1148/radiol.2332031111>.
42. Williams D., Cousing C., Soutter W. P. et al. Detection of pelvic lymph node metastases in gynecologic malignancy: a comparison of CT, MR imaging, and positron emission tomography. *Am J Roentgenol*. 2001;177(2):343–348. <https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770343>.
43. Hann L.E., Winston C.B., Brown K.T., Akhurst T. Diagnostic imaging approaches and relationship to hepatobiliary cancer staging and therapy. *Seminars in Surgical Oncology*. 2000;19(2):94–115. [https://doi.org/10.1002/1098-2388\(200009\)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x](https://doi.org/10.1002/1098-2388(200009)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x).
44. Isozaki H., Okajima K., Nomura E. et al. Preoperative diagnosis and surgical treatment for lymph node metastasis in gastric cancer. *Gan To Kagaku Ryuho*. 1996;(10):1275–1283.
45. Hawnaur J.M., Reynolds K., Willson G. et al. Identification of inguinal lymph node metastases from vulval carcinoma by magnetic resonance imaging: an initial report. *Clin Radiol*. 2002;57(11):995–1000. <https://doi.org/10.1053/crad.2002.1057>.
46. Grey A.C., Carrington B.M., Hulse P.A. et al. Magnetic resonance appearance of normal inguinal nodes. *Clin Radiol*. 2000;55(2):124–130. <https://doi.org/10.1053/crad.1999.0330>.
47. Иванов А.Э., Амосов В.И. Методы исследования лимфооттока от органов грудной клетки и регионарных лимфатических узлов при лимфаденопатиях различных этиологий. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2017;6(2):54–62. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-54-62>.
48. Гиллер Д.Б., Северова Л.П., Шилова М.В. и др. Диагностика и лечение туберкулеза внутригрудных лимфатических узлов. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019;9(4):191–196. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-191-196>.
49. Соколина И.А. Различные проявления саркоидоза внутригрудных лимфоузлов и легких при компьютерной томографии высокого разрешения. *Практическая пульмонология*. 2016;(4):48–58.

50. Терновой С.К., Абдураимов А.Б. Лучевая маммология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007: 84–85.

REFERENCES

- Petrenko V.M. General Anatomy of the Lymphatic System. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2009;(7):59–62. (In Russian).
- Petrenko V.M. functional anatomy of lymphatic system: development of the modern notions in Russia. *National Association of Scientist*. 2015;III (8):48–51. (In Russian).
- Dvoretzky L.I. Differential diagnosis of lymphadenopathies. *Spravochnik prakticheskogo vracha*. 2005;3(2):3–12. (In Russian).
- Sahai S. Lymphadenopathy. *Pediatr Rev*. 2013;34(5):216–227. <https://doi.org/10.1542/pir.34-5-216>.
- Dietrich C.F., Annema J.T., Clementsen P., Cui X.W., Borst M.M., Jenssen C. Ultrasound techniques in the evaluation of the mediastinum, part I: endoscopic ultrasound (EUS), endobronchial ultrasound (EBUS) and transcutaneous mediastinal ultrasound (TMUS), introduction into ultrasound techniques. *J Thorac Dis*. 2015;7(9):E311–325. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.09.40>.
- Trofimova E.Yu. Ultrasonic examination of lymph nodes. *SonoAce International*. 2008;(18):59–64. (In Russian).
- Kuzmichev V.A., Mazurin V.S., Vishnevskaya M.V., Shapovalov A.V., Prishpeo M.I., Shabarov V.L. Intraoperative ultrasound diagnosis of mediastinal neoplasms. *Almanac of Clinical Medicine*. 2009;(21):37–41. (In Russian).
- Choi Y.J., Lee J.H., Baek J.H. Ultrasound elastography for evaluation of cervical lymph nodes. *Ultrasonography*. 2015;34(3):157–164. <https://doi.org/10.14366/usg.15007>.
- Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Gudilina E.A., Lepedatu P.I., Zeynalova P.A. The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes. *Oncohematology*. 2022;17(1):95–103. (In Russian). <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103>.
- Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Lepedatu P.I., Gudilina E.A., Kolyadina I.V., Zeynalova P.A., Semenova A.A. Multiparametric ultrasound diagnosis of metastatic and lymphoproliferative changes in lymph nodes in primary-multiple malignant tumors, including breast cancer and lymphoma. *Malignant tumours*. 2018;8(4):37–44. (In Russian). <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44>.
- Tyurin I.E., Evgrafova S.Yu. Differential diagnostics of mediastinal neoplasms. *Pulmonologiya i allergologiya*. 2010;(4):16–22. (In Russian).
- van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T., van der Vleuten C.J.M., Janssen J.J., Fütterer J.J., Schultze Kool L.J., Klein W.M. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clin Anat*. 2022;35(6):701–710. <https://doi.org/10.1002/ca.23867>.
- Kharchenko V.P. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of malignant lymphomas of the chest. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2000;(2):29–33. (In Russian).
- Arrivé L., Derhy S., El Mouhadi S., Monnier-Cholley L., Menu Y., Becker C. Noncontrast magnetic resonance lymphography. *J Reconstr Microsurg*. 2016;32(1):80–86. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549133>.
- Yoshimatsu R., Yamagami T., Miura H., Matsumoto T. Prediction of therapeutic effectiveness according to CT findings after therapeutic lymphangiography for lymphatic leakage. *Jpn J Radiol*. 2013;31(12):797–802. <https://doi.org/10.1007/s11604-013-0252-2>.
- Jenner Z.B., Li P., Kang L., Goldner B.W., Brown C.N., Raff G.W., Kaufman J. Pediatric intranodal CT lymphangiography with water-soluble contrast medium. *J Vasc Interv Radiol*. 2022;33(11):1440–1443. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.08.012>.
- Momose M., Kawakami S., Koizumi T., Yoshida K., Kanda S., Kondo R., Kadoya M. Lymphoscintigraphy using technetium-99m HSA-DTPA with SPECT/CT in chylothorax after childbirth. *Radiat Med*. 2008;26(8):508–511. <https://doi.org/10.1007/s11604-008-0265-4>.
- Kinuya S., Taki J., Nakajima K., Kinuya K., Haji K., Michigishi T., Tonami N. Inguinoscrotal lymphatic reflux detected by lymphoscintigraphy. *Ann Nucl Med*. 1996;10(3):351–352. <https://doi.org/10.1007/BF03164745>.
- Blumel C., Herrmann K., Giammarile F., Nieweg O.E., Dubreuil J., Testori A., Audisio R.A., Zoras O., Lassmann M., Chakera A.H., Uren R., Chondrogiannis S., Colletti P.M., Rubello D. EANM practice guidelines for lymphoscintigraphy and sentinel lymph node biopsy in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(11):1750–1766. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3135-1>.
- Fearn N.R., Dylke E.S., Bailey D., Kilbreath S.L. Lymphoscintigraphy as an outcome measurement for conservative upper limb lymphedema treatments: a systematic review. *Lymphat Res Biol*. 2022;20(3):248–259. <https://doi.org/10.1089/lrb.2021.0050>.
- Dori Y. Novel lymphatic imaging techniques. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):255–261. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.002>.
- Hoogendam J.P., Veldhuis W.B., Hobbelink M.G., Verheijen R.H., van den Bosch M.A., Zweemer R.P. 99mTc SPECT/CT versus planar lymphoscintigraphy for preoperative sentinel lymph node detection in cervical cancer: a systematic review and metaanalysis. *J Nucl Med*. 2015;56(5):675–680. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.152439>.
- Pasha S.P. Radionuklidnaya diagnostika. Moscow: GEOTAR-Media; 2008: 204. (In Russian).
- Mihara M., Hara H., Araki J., Kikuchi K., Narushima M., Yamamoto T., Iida T., Yoshimatsu H., Murai N., Mitsui K., Okitsu T., Koshima I. Indocyanine green (ICG) lymphography is superior to lymphoscintigraphy for diagnostic imaging of early lymphedema of the upper limbs. *PLoS*

- One. 2012;7(6):e38182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038182>.
25. Kajita H., Oh A., Urano M., Takemaru M., Imanishi N., Otaki M., Yagi T., Aiso S., Kishi K. Photoacoustic lymphangiography. *J Surg Oncol*. 2020;121(1):48–50. <https://doi.org/10.1002/jso.25575>.
 26. Hofer M. Color duplex sonography: a practical guide to color duplex sonography and echocardiography. Moscow: Medical Literature; 2007. (In Russian).
 27. Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Gudilina E.A., Lepedatu P.I., Zeynalova P.A. The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes. *Oncohematology*. 2022;17(1):95–103. (In Russian). <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103>.
 28. Savelyeva N.A., Kosova A.L. Value of multiparametric ultrasound with strain elastography in peripheral lymph nodes metastases diagnosis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2016;(4):26–37. (In Russian).
 29. Savelyeva N.A. Ultrasound diagnosis of malignant lesion of peripheral lymph nodes. *Practical Medicine*. 2014;3(79):135–138. (In Russian).
 30. Fisenko E.P., Allakhverdieva G.F., Danzanova T.Yu. et al. Rationale for creating a new classification for evaluation superficial lymph nodes US NODE-RADS (Russian version) based on ultrasound data: the consensus of experts of the Russian Association of Ultrasound Diagnostics in Medicine. *Surgery and Oncology*. 2024;14(3):13–16. (In Russian). <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2024-14-3-11-17>.
 31. Hovari L.F., Shanazarov N.A. Diagnostic of the renal cancer: modern methods (the literature review). *Fundamental Research*. 2011;(7):256–260. (In Russian).
 32. Letyagin A.Yu. Lymphadenopathic changes on magnetic resonance tomograms. *West Kazakhstan Medical Journal*. 2012;4(36):17–21. (In Russian).
 33. Dombrovsky V.I. Wilms' tumor. Diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging. MRI-pathomorphological correlation. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2001;(6):29–43. (In Russian).
 34. Platt J.F., Glazer G. M., Orringer M.B. et al. Radiologic evaluation of the subcarinal lymph nodes: a comparative study. *Am J Roentgenol*. 1988;151(2):279–282. <https://doi.org/10.2214/ajr.151.2.279>.
 35. Stark D.D., Bradley W.G. Magnetic resonance imaging. 3-Volumes set, 3rd Edition. C.V. Mosby. St. Louis; 1999.
 36. Murray A.D., Staff R. T., Redpath T. W. et al. Dynamic contrast enhanced MRI of the axilla in women with breast cancer: comparison with pathology of the excised nodes. *Br J Radiol*. 2002;75(891):220–228. <https://doi.org/10.1259/bjr.75.891.750220>.
 37. Nudnov N.V., Sergeenkov T.G., Khorikova E.N., Kuzmina O.G. Comprehensive Diagnostics of Breast Diseases. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2000;(4):46–53. (In Russian).
 38. Stets C., Brandt S., Wallis F. et al. Axillary lymph node metastases: A statistical analysis of various parameters in MRI with USPIO. *J Magn Reson Imaging*. 2002;16(1):60–68. <https://doi.org/10.1002/jmri.10134>.
 39. Arzumanova N.V. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of breast tumors. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 1999;(4):21–24. (In Russian).
 40. Grubnic S., Vinniombe S.J., Norman A.R., Husband J.E. MR evaluation of normal retroperitoneal and pelvic. *Clin Radiol*. 2002;57(3):193–200. <https://doi.org/10.1053/crad.2001.0893>.
 41. Willem M.L., Deserno L.G., Mukesh G. et al. Urinary bladder cancer: preoperative nodal staging with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology*. 2002;16(1):60–68. <https://doi.org/10.1148/radiol.2332031111>.
 42. Williams D., Cousing C., Soutter W. P. et al. Detection of pelvic lymph node metastases in gynecologic malignancy: a comparison of CT, MR imaging, and positron emission tomography. *Am J Roentgenol*. 2001;177(2):343–348. <https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770343>.
 43. Hann L.E., Winston C.B., Brown K.T., Akhurst T. Diagnostic imaging approaches and relationship to hepatobiliary cancer staging and therapy. *Seminars in Surgical Oncology*. 2000;19(2):94–115. [https://doi.org/10.1002/1098-2388\(200009\)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x](https://doi.org/10.1002/1098-2388(200009)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x).
 44. Isozaki H., Okajima K., Nomura E. et al. Preoperative diagnosis and surgical treatment for lymph node metastasis in gastric cancer. *Gan To Kagaku Ryuhō*. 1996;(10):1275–1283.
 45. Hawnaur J.M., Reynolds K., Willson G. et al. Identification of inguinal lymph node metastases from vulval carcinoma by magnetic resonance imaging: an initial report. *Clin Radiol*. 2002;57(11):995–1000. <https://doi.org/10.1053/crad.2002.1057>.
 46. Grey A.C., Carrington B.M., Hulse P.A. et al. Magnetic resonance appearance of normal inguinal nodes. *Clin Radiol*. 2000;55(2):124–130. <https://doi.org/10.1053/crad.1999.0330>.
 47. Ivanov A.E., Amosov V.I. Imaging of lymphatic drainage from the chest and regional lymph nodes in lymphadenopathies of various etiologies. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2017;16(2):54–62. (In Russian). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-54-62>.
 48. Giller D.B., Severova L.P., Shilova M.V., Ratobyl'skij G.V., Imagozhev YA.G., Ausheva B.H., Martel I.I., Shekhter A.I. Diagnostics and treatment of tuberculosis intrathoracic lymph nodes. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019;9(4):191–196. (In Russian). <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-191-196>.
 49. Sokolina I.A. Various manifestations of sarcoidosis of intrathoracic lymph nodes and lungs on high-resolution computed tomography. *Practical Pulmonology*. 2016;(4):48–58. (In Russian).
 50. Ternovoy S.K., Abduraimov A.B. Radiation Mammology. Moscow: GEOTAR-Media; 2007: 84–85. (In Russian).