

Диагностика и визуализация лимфатической системы в клинической практике

В.С. Разумовский ✉, Е.А. Тарабрин, С.Ю. Муравьев, З.Г. Берикханов, Д.О. Коносевиц

Кафедра госпитальной хирургии № 2

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» МЗ РФ (Сеченовский Университет)

119435, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 4

✉ Контактная информация: Разумовский Вадим Сергеевич, ассистент кафедры госпитальной хирургии № 2 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ. Email: ernieball9@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Визуализация лимфатической системы в течение десятков лет ограничивалась лимфосцинтиграфией и чрессосудистой лимфангиографией под рентгеновским излучением. Данные методы не позволяют получить информацию о состоянии центральных крупных лимфатических коллекторах и сосудах.

Получение изображений центрального звена лимфатических путей при помощи рентгенологического исследования стало возможным благодаря введению контрастного вещества через лимфатический сосуд на стопе. Выраженная вариантная анатомия дистального лимфатического русла и технические сложности при выделении такого сосуда в хирургической ране затрудняют выполнение этих методов.

Применение техники интранодального введения контрастных веществ в лимфатическую систему вкупе с магнитно-резонансной томографией (МРТ) привело к разработке лимфангиографии с МРТ-динамическим контрастированием, которая обеспечивает исключительную возможность визуализации центральной лимфатической системы.

Ввиду физических свойств, в первую очередь вязкости контрастного вещества на масляной основе, визуализация центральной лимфатической системы может быть неадекватной без МРТ. Также остаётся актуальным вопрос разработки надёжного способа доставки препарата в лимфатическое русло, что требует хирургического подхода к задаче. Роль лимфангиографии в качестве диагностического и лечебного метода до сих пор не определена. Большое число пациентов с хилотораксом и хилоперитонеумом (до 4% при торакальных вмешательствах) как ятрогенной, так и идиопатической этиологии (до 14%) делают лимфангиографию перспективным методом в лечении и диагностики с целью планирования доступа и объёма операции при неэффективности консервативного лечения.

Ключевые слова:

лимфангиография, диагностика, лимфология, лимфатическая система, интранодальное введение препарата

Ссылка для цитирования

Разумовский В.С., Тарабрин Е.А., Муравьев С.Ю., Берикханов З.Г., Коносевиц Д.О. Диагностика и визуализация лимфатической системы в клинической практике. *Журнал им. Н.В. Склифосовского неотложная медицинская помощь*. 2025;14(2):406–415. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-2-406-415>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ЛВА — лимфовенозный анастомоз
 ЛУ — лимфатический узел
 МРТ — магнитно-резонансная томография
 МЦ — млечная цистерна
 РФП — радиофармпрепарат
 СЛУ — сторожевой лимфатический узел
 ФЛ — фотоакустическая лимфография
 DCMRL — динамически контрастная (контрастно усиленная) магнитно-резонансная лимфангиография

ICG — индоцианин зелёный
 ICG-L — лимфография с индоцианин зелёным
 MRL — магнитно-резонансная лимфангиография
 NIRF — флуоресценция в ближнем инфракрасном диапазоне
 USPIO MRL — лимфотропная ультрамалая суперпарамагнитная магнитно-резонансная лимфография с усилением оксидом железа

ВВЕДЕНИЕ

Существуют три отдельных лимфатических сегмента, которые различаются по функциям и составу жидкости: печёночная лимфатическая система, кишечная и лимфатическая система мягких тканей [1].

Поясничные лимфатические сосуды дренируют не только поясничную область, но и нижние конечности. Поясничные, кишечные и печёночные лимфатические звенья соединяются и образуют млечную цистерну (МЦ), которая впадает в левую подключичную вену.

В клинической практике эти пути важны, так как они достаточно крупные и ведут через лимфатическую цистерну непосредственно в грудной проток [2–3].

Вследствие сложного эмбриологического развития анатомия центральной лимфатической системы, включающей МЦ и грудной проток, чрезвычайно разнообразна по числу лимфатических протоков, внутригрудному течению и местам сообщения с венозной системой. Классическое строение грудного протока встречается лишь примерно в 30–60% случаев. Примеры строения грудного протока изображены на рис. 1 [4].

1) Лимфосцинтиграфия — радионуклидный метод исследования лимфатического русла, при котором в дерму дистальных отделов конечностей вводят коллоиды, меченые ^{99m}Tc для анализа поглощения радиофармпрепарата (РФП) в дренирующих лимфатических узлах (ЛУ).

Лимфосцинтиграфия была впервые описана *Threefoot et al.* в 1963 году и с тех пор активно внедрялась в диагностическую визуализацию нарушений лимфотока [5–9].

Коллоид вводят иглой 26G в пространство между первым и вторым и 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 [10–12]. Характер распространения РФП продемонстрирован на рис. 2.

До сих пор наблюдается отсутствие стандартизации протоколов лимфосцинтиграфии, в связи с чем временные интервалы регистрации распределения РФП различаются в разных клиниках, например, от 10 минут после инъекции и максимум спустя 6 часов после неё [11].

Лимфосцинтиграфия позволяет визуализировать периферические лимфатические сосуды и сторожевые лимфатические узлы при различных формах злокачественных неоплазий [12–14].

West N.J. et al. в октябре 2023 года представили данные собственного ретроспективного исследования, в котором оценивалось, как часто при рутинной лимфосцинтиграфии выявлялся интервальный сторожевой лимфатический узел (СЛУ) (локтевой или подколенный) и как часто в этом узле обнаруживались метастазы при меланоме конечностей. Авторы делают вывод, что у пациентов с меланомой конечностей лимфосцинтиграфию следует проводить рутинно, так как она позволяет обнаружить тунор-позитивные локтевые и подколенные СЛУ, даже если проксимальные лимфоузлы интактны [15].

Kuemmel S.C. et al. провели проспективное мультицентровое исследование, в котором оценили вклад предоперационной лимфосцинтиграфии в улучшение точности результатов биопсии СЛУ у пациентов с раком молочной железы. Среднее количество гисто-

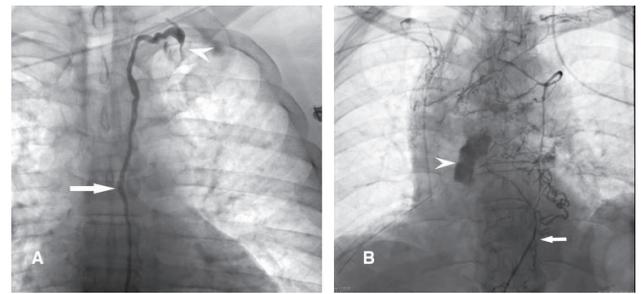


Рис. 1. Пример вариантной анатомии грудного протока. А — рентгеноскопическое изображение грудного протока (стрелка) после введения контраста. Введённый контраст распространился до левого венозного угла (головка стрелки); В — рентгеноскопическое изображение грудного протока после введения контраста через микрокатетер, расположенный в нижней части грудного протока (стрелка). Изображение демонстрирует отсутствие грудного протока, вместо которого визуализируются множественные лимфатические ветви

Fig. 1. Example of variant anatomy of the thoracic duct. A — fluoroscopic image of the thoracic duct (arrow) after contrast injection. The injected contrast has extended to the left venous angle (arrowhead); B — fluoroscopic image of the thoracic duct after contrast injection through a microcatheter placed in the lower part of the thoracic duct (arrow). The image demonstrates the absence of the thoracic duct, instead of which multiple lymph nodes are visualized

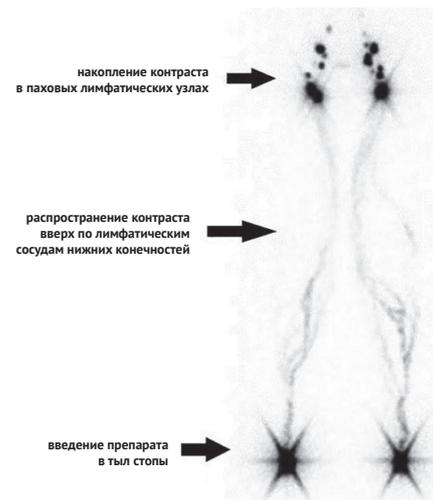


Рис. 2. Лимфосцинтиграмма нижних конечностей в норме [12]

Примечание: распространение контрастного вещества идёт от места введения на стопе к паховым лимфоузлам наверх через лимфатические сосуды нижних конечностей

Fig. 2. Lymphoscintigram of the lower extremities is normal [12]

Note: The contrast agent spreads from the injection site on the foot to the inguinal lymph nodes upward through the lymphatic vessels of the lower extremities

логически обнаруженных СЛУ составило 2,21 с лимфосцинтиграфией и 2,26 без неё, что говорит о не меньшей эффективности обследования при исключении предоперационной лимфосцинтиграфии [16].

Использование однофотонной эмиссионной компьютерной томографии способствует лучшему обнаружению СЛУ по сравнению с классической планарной лимфосцинтиграфией [17].

В дополнение к анатомии лимфосцинтиграфия способна продемонстрировать области аномальной лимфатической перфузии [18].

В настоящее время показания для лимфосцинтиграфии пока что включают в себя различные формы лимфедемы и лимфатических дисплазий [19].

Помимо диагностики лимфедемы и лимфатического блока лимфосцинтиграфия может играть важную роль в определении показаний для хирургического лечения. Так, *Vaqueiro et al.* сообщили о возможности лимфосцинтиграфии при отборе пациентов для микрососудистых процедур, таких как лимфовенозный анастомоз (ЛВА), демонстрируя способность обнаруживать открытые лимфатические протоки, пригодные для шунтирования, что невозможно выявить клинически [20].

Преимущества лимфосцинтиграфии состоят в том, что она относительно малоинвазивна и не требует специальной подготовки к пациентам, технически успешно осуществляется почти в 100% процедур и не требует специальных навыков и инструментов в отличие от лимфангиографических методов [21].

Меченые коллоиды имеют ту же текучесть, что и лимфатическая жидкость, поскольку они имеют водорастворимую природу в отличие от Липиодола, который представляет собой масло-растворимый материал, используемый для лимфангиографии. Лимфосцинтиграфию можно проводить пациентам любого возраста, включая новорождённых, и даже пациентам в критических состояниях [11].

Однако плохое пространственное и временное разрешение, а также воздействие ионизирующего излучения как на пациентов, так и на врачей, ограничивают использование данного метода в совокупности с недостаточной визуализацией центрального лимфатического звена [22].

Визуализация и изучение лимфатической системы были значительно улучшены с появлением лимфографии. Данный метод заключается в прямом введении контрастного вещества в лимфатическую систему через сосуд или ЛУ и позволяет на достаточно высоком уровне отобразить центральное лимфатическое звено [23].

В 1931 году *Hernani Monteiro* впервые описал чрессосудистую лимфангиографию путём инъекции этиодизированного масляного раствора в подкожное пространство между пальцами ног и затем прослеживания этого контрастного вещества через лимфатические сосуды при рентгенографии.

2) Чрессосудистая лимфангиография — селективная визуализация лимфатического русла при помощи лучевых методов после введения этиодизированного масляного раствора (Липиодол) в лимфатический сосуд, выделенный на тыле стопы. После интрадермального введения красителя становится возможным увидеть сосуд макроскопически, затем выделить его из тканей и провести катетеризацию лимфографической канюлей 30G при помощи игл от 21G до 25G. Ключевые этапы данной процедуры изображены на рис. 3.

После введения контраста для диагностики можно использовать рентгеноскопию, рентгенографию и компьютерную томографию. При том в различные временные промежутки можно визуализировать определённые части лимфатической системы (ЛУ, малые и крупные лимфатические протоки). Визуализации лимфатической системы нижних конечностей и паховой области доступна в течение 30 минут после введения Липиодола [15, 24], области живота и таза — спустя 0,5–3 часа [25] и от 1 до 26 часов требуется для визу-

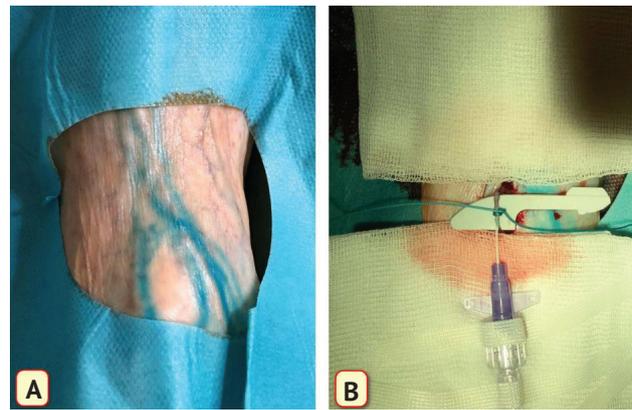


Рис. 3. Катетеризация лимфатического сосуда тыла стопы после введения красителя в мягкие ткани. Примечания: После внутрикожной инъекции синего красителя в межпальцевые промежутки поверхностные лимфатические протоки видны через кожу (А) и их можно хирургически выделить под местной анестезией и провести катетеризацию канюлей калибра 21–25G (В)

Fig. 3. Cannulation of the lymphatic vessel of the dorsum of the foot after injection of dye into the soft tissue

Notes: After intradermal injection of blue dye into the interdigital spaces, the superficial lymphatic ducts are visible through the skin (A) and can be surgically isolated under local anesthesia and cannulated with a 21–25 G cannula (B)

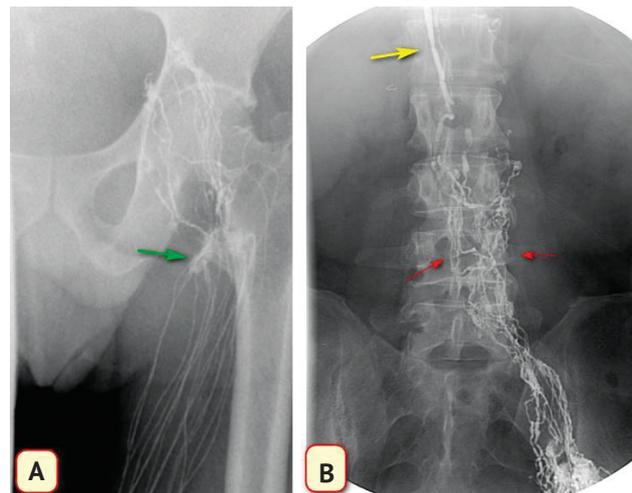


Рис. 4. Лимфангиограмма после введения Липиодола через лимфатический сосуд тыла стопы

Примечания: Контрастное вещество распространяется до паховых лимфатических узлов (зеленая стрелка) (А). Контрастирование забрюшинных лимфатических путей (красные стрелки) и грудного протока (желтая стрелка) (В)

Fig. 4. Lymphangiogram after administration of Lipiodol through the lymphatic vessel of the dorsum of the foot

Notes: The contrast agent extends to the inguinal lymph nodes (green arrow) (A). Contrast enhancement of the retroperitoneal lymphatic tract (red arrows) and the thoracic duct (yellow arrow) (B)

ализации лимфатических путей области шеи и груди [26–28]. Пример визуализации лимфатического русла изображен на рис. 4.

Транспедальную лимфангиографию можно проводить билатерально или доступом на одной из стоп, и в этом случае предпочтительнее правая сторона, поскольку лимфатические сосуды на этой стороне с большей вероятностью заполняют забрюшинные протоки на отдалении от аорты.

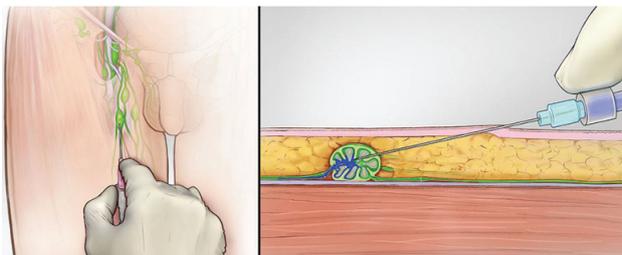


Рис. 5. Пункция пахового лимфатического узла [4]
Fig. 5. Puncture of the inguinal lymph node [4]

Говоря о возможностях метода лимфангиографии через сосудистый доступ, в первую очередь необходимо упомянуть революционное в своём роде клиническое исследование, проведённое Константином Коупом, в котором он продемонстрировал как и метод визуализации грудного протока, так и новую процедуру — эмболизацию грудного протока путём прямой пункции МЦ у пациентов с послеоперационным хилотораксом и хилоперитонеумом [29].

В свете данных открытий обозначились и показания к лимфангиографии и её клиническая ценность.

В их числе диагностика и ведение ятрогенной лимфорей, идиопатического лимфоистечения различной локализации, хилоторакс, хилезный асцит, хилурия, лимфатические свищи и лимфоцеле различной локализации [15, 30–31], а также проведение эмболизации грудного протока в различных сегментах для устранения лимфорей [2].

3) Интранодальная лимфангиография предлагает альтернативный способ доступа к лимфатической системе и технически менее сложную альтернативу традиционной транспедальной лимфангиографии.

Для проведения данного доступа сначала производят поиск ЛУ в паховой области при помощи ультразвукового аппарата. Делая отступ от трансдюсера на 2–3 см, проводят введение спинальной иглы 25G, соединённой удлинителем со шприцем 3 мл, в кожу под острым углом, ход которой контролируется под УЗ-навигацией. Под рентгеноскопическим контролем Липиодол вводят вручную со скоростью примерно 0,1 мл/мин.

На рис. 5 проиллюстрирован процесс пункции ЛУ паховой области.

Для определения правильного расположения иглы сегодня используют 2 способа. В первом проводят введение в ЛУ ультразвукового контраста и обнаружение по ультразвуковому исследованию (УЗИ) его наличия в эфферентном сосуде [32]. Фото акустического сигнала на рис. 6 демонстрирует нам ЛУ и сосуд от него отходящий.

При втором способе в ЛУ вводят 1–2 мл физиологического раствора. При правильной позиции иглы по УЗИ наблюдается расширение ЛУ, что продемонстрировано на рис. 7 [33].

Nadolski G.J. и *Itkin M.* сравнили транспедальную и интранодальную лимфангиографии для проведения эмболизации грудного протока у пациентов с хилотораксом. В итоге катетеризация и эмболизация грудного протока оказались быстрее выполнимы при интранодальном доступе [34].

На сегодняшний день показаниями для проведения лимфангиографии являются: диагностика лимфоистечения в различных анатомических областях при трав-

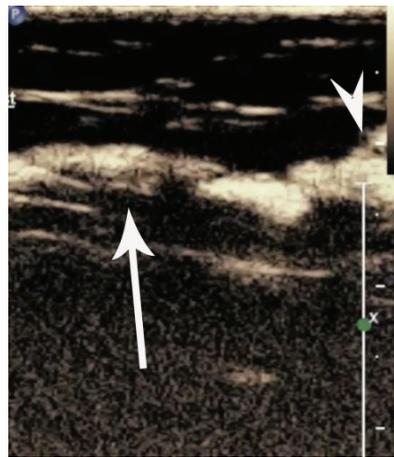


Рис. 6. Пункция лимфатического узла под ультразвуковой навигацией. Примечание: Сагиттальный срез выносящего лимфатического протока, усиленный ультразвуковым контрастом (стрелка). Также контрастирует увеличенный проксимальный лимфатический узел (головка стрелки) [32]
Fig. 6. Puncture of the lymph node under ultrasound navigation. Note: Sagittal section of the efferent lymphatic duct, enhanced with ultrasound contrast (arrow). The enlarged proximal lymph node is also contrasted (arrowhead). [32]

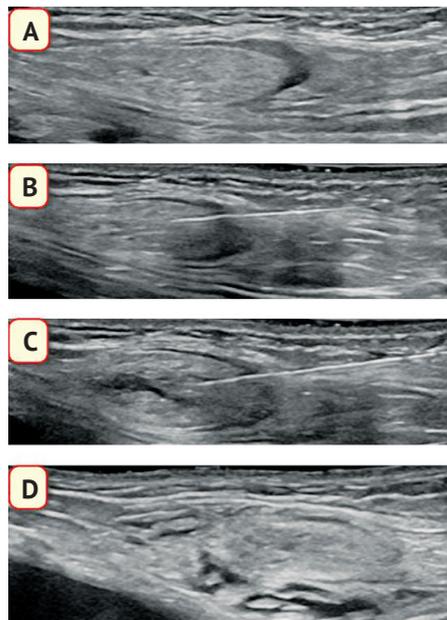


Рис. 7. Пункция лимфатического узла под ультразвуковой навигацией [33]. А — паховый лимфатический узел до пункции; В — после прокола пункционной иглой с позиционированием кончика иглы в переходной зоне; С — увеличение лимфатического узла после инъекции небольшого количества физиологического раствора; D — экстравазация физиологического раствора без увеличения лимфатического узла

Fig. 7. Puncture of the lymph node under ultrasound guidance. Note: Ultrasound images showing (A) inguinal lymph node before puncture, (B) after puncture with a needle with tip positioned in the transition zone, (C) lymph node enlargement after injection of a small amount of saline, and (D) extravasation of saline without lymph node enlargement. [33]

мах, после оперативных вмешательств, не выясненных причинах, визуализация центрального лимфатического звена при интервенционных вмешательствах по поводу эмболизации грудного протока, диагностика аномалий лимфатической системы [35–37].

Последние клинические случаи всё чаще демонстрируют положительный результат эмболизации грудного протока через хилёзную цистерну без рецидивов при интранодальной лимфангиографии [38]. Также хорошие результаты данная процедура показывает и в детской возрастной группе при хилотораксе и хилоперикарде [39].

Лимфангиография противопоказана при аллергических реакциях на контраст, пороках с право-левым шунтированием (дефекты сердечных перегородок, открытый артериальный проток), тяжёлых заболеваниях лёгких, так как йодсодержащее масляное контрастное вещество в конечном итоге дренируется в системный венозный кровоток и может депонироваться в малом кругу кровообращения или стать причиной парадоксальной эмболии [40].

4) Применение техники интранодального введения как способа доставки контрастных веществ на основе гадолиния в лимфатическую систему для МР-визуализации привело к разработке метода динамической контрастной (контрастно усиленной) МР-лимфангиографии (*DCMRL – Dynamic enhanced Magnetic Resonance Lymphangiography*), которая обеспечивает исключительную возможность визуализации центральной лимфатической системы [12].

С помощью этого метода были продемонстрированы этиология и патогенез пластического бронхита, лимфопластического бронхита у взрослых, неонатального хилоторакса после операций на сердце и нетравматического хилоторакса, что способствовало развитию концепции аномального лёгочного лимфатического потока, известного как «синдром лёгочной лимфатической перфузии» [41].

Существуют два типа контрастной МРТ лимфатической системы: визуализация периферической и визуализация центральной лимфатической систем. Описано множество методов визуализации конечностей, включая внутрикожное или подкожное введение гадолиния. Было показано, что контрастный материал на основе гадолиния, вводимый внутривенно, легко всасывается в лимфатические сосуды. Этот метод использовался для определения нарушений лимфодинамики у пациентов с лимфедемой, а также для демонстрации анатомии центральной лимфатической системы на животных моделях [42–44].

Динамическая контрастная МР-лимфангиография — новый метод, впервые представленный в 2014 году в эксперименте *Dori Y. et al.*, который решает эту проблему, минуя лимфатические сосуды нижних конечностей, что приводит к быстрому и надёжному отображению центральных лимфатических протоков. Кроме того, этот метод показывает как статическую анатомию, так и динамический поток лимфы с хорошим временным и пространственным разрешением [45].

Текущие показания для динамической МР-лимфангиографии с контрастным усилением:

1. Нетравматические лимфатические утечки, такие как хилоторакс, хилёзный асцит, хилоперикард и хилурия.

2. Травматические лимфатические утечки, при которых источник тока не может быть установлен с помощью традиционной лимфангиографии.

3. Подозрение на лимфатические осложнения лимфатических аномалий, таких как капошиформный

лимфангиоматоз, генерализованная аномалия лимфатической системы, болезнь Горхема–Стаута.

4. Пластический бронхит или другое неуточнённое заболевание лёгких неясной этиологии, при котором можно предположить лимфосистемную этиологию заболевания.

5. Врождённые нарушения лимфотока, такие как врождённая лимфатическая дисплазия, неонатальный хилоторакс и неонатальный хилёзный асцит.

6. Подозрение на вторичные нарушения лимфотока, такие как асцит или хилоторакс из-за системного заболевания, такого как сердечная недостаточность или цирроз печени.

Данный метод хотя и превосходно демонстрирует анатомию и лимфоток в центральных лимфатических звеньях, но ограничен в областях, где ток значительно менее выражен или лимфатические каналы не связаны с центральной лимфатической системой (например, лимфатика печени). Кроме того, нарушения тока лимфы могут остаться незамеченными, если лимфатическая утечка незначительна или аномальный характер перфузии слабо проявляется [18].

Интранодальная *DCMRL* продемонстрировала нормальную анатомию центрального лимфатического звена у всех пациентов с интактным грудным протоком и локализованную дуоденальную утечку лимфы у одного пациента (1/19, 5%). Внутривенная *DCMRL* выявила утечку лимфы в просвет двенадцатиперстной кишки у 12 пациентов из 17 (71%), а интрамезентериальная *DCMRL* — у 5/6 (83%).

Данное исследование уникально тем, что доказывает эффективность внутривенной МР-лимфографии в визуализации лимфатической утечки в просвет кишки независимо от этиологии энтеропатии с потерей белка. Авторы также отметили, что комплексная оценка изображений с тремя точками доступа может предоставить подробную информацию о месте дуоденальной утечки [46].

В отношении МР-лимфангиографии ещё одним направлением в диагностике является использование наночастиц оксида железа (Ферумокситол или Ферумокстран-10) для контрастного усиления. Лимфотропная ультрамалая суперпарамагнитная МР-лимфография с усилением оксидом железа (*USPIO MRL – Ultra-Small SuperParamagnetic Iron Oxide Magnetic Resonance Lymphography*) является новым неинвазивным методом определения узловой стадии при различных типах рака, включая злокачественные новообразования предстательной железы и мочевого пузыря.

В нескольких исследованиях сообщалось о пользе *USPIO MRL* в определении стадии рака простаты перед операцией и планированием лучевой терапии, даже в популяциях с ЛУ нормального размера [47–49].

Чувствительность, специфичность, положительная прогностическая ценность и отрицательная прогностическая ценность метода составила 98,0%, 64,4%, 86,0% и 93,5% соответственно. Чувствительность и специфичность не менялись в зависимости от размера ЛУ. Метастатические ЛУ показали значительно более высокий, статистически значимый процент снижения нормализованной интенсивности сигнала на МРТ через 24 часа после инъекции ферумокситола, чем через 48 часов ($p=0,023$), тогда как значения нормализованной интенсивности сигнала для неметастатических ЛУ были одинаковыми в обе временные точки визуализации [50].

5) На заре развития МР-лимфангиографии популяризовался также метод МР-лимфангиографии без контрастного усиления. Учтя, что лимфе присуще высокое время $T2$ -релаксации, составляющее около 600 мс при 3,0 Т, в большинстве протоколов используется версия тяжело $T2$ -взвешенных последовательностей для визуализации лимфатических каналов или оценки отёка [51, 52].

В последние годы МР-лимфангиография без контрастирования используется для выявления пациентов-кандидатов на операцию по поводу лимфедемы, в частности на лимфовенозный анастомоз.

Становится возможным более полно оценить морфологию лимфатических каналов и получить информацию о количестве лимфатических каналов, глубине, траектории и точно отграничить область дермального обратного тока лимфы. Более того, в сочетании с ICG-лимфографией MRL может повысить вероятность успешного лимфовенозного анастомоза [53].

Одной из проблем использования MRL является её неспособность отличить лимфатические каналы от поверхностных вен, где кровоток может быть достаточно медленным, чтобы давать сигнал такой же интенсивности, что и лимфа.

Также МРТ без контраста предоставляет статическую информацию и, следовательно, не может передавать динамические процессы, например, обнаруживать активную утечку лимфы [54, 55].

6) Флюоресценция в ближней инфракрасной области (NIRF MRL — *Near-Infrared Fluorescence Magnetic Resonance Lymphography*) с использованием индоцианина зелёного (ICG-L MRL — *Indocyanine Green Lymphatic Magnetic Resonance Lymphography*) традиционно используется для визуализации поверхностных лимфатических сосудов.

ICG вводят в интересующую область подкожно или интрадермально, после чего выполняют динамическую непрерывную визуализацию с использованием ближнего инфракрасного излучения на коже и обнаружением излучения с помощью ICG [56].

Согласно актуальным данным, ICG-лимфография используется в том числе и для стадирования лимфедемы, связанной с раком молочной железы, предоставляя уникальную информацию о состоянии лимфатической системы конечностей, которую невозможно получить при клинической оценке. По данному методу оценивали степень обратного дермального тока лимфы [57].

Кроме того, ICG-лимфография сегодня также может быть комбинирована с бесконтрастной МР-лимфангиографией, что обеспечивает более чувствительную визуализацию и даёт хирургу лучшее понимание функции и анатомии лимфатической системы.

Информация, полученная комбинацией этих двух методов, позволяет выбрать безопасное, эффективное и наиболее результативное место для ЛВА, поскольку ICG-L способен обнаружить только поверхностные лимфатические сосуды, а добавление MRL к предоперационному планированию обеспечивает точную индивидуальную оценку всей лимфатической системы, от поверхностной до глубокой [58, 59].

7) Индоцианин зелёный, благодаря своим физическим свойствам, нашёл своё применение и в фотоакустической лимфангиографии (ФЛ).

Этот метод основан на оптической визуализации лимфатических путей, отображая распределение све-

топоглощающих тканевых компонентов, таких как гемоглобин или меланин, а также веществ с контрастной оптической абсорбцией, таких как индоцианин зелёный (ICG), в лимфатических каналах, с высоким пространственным разрешением. В 2016 году группа авторов представила трёхмерные изображения лимфатических сосудов, полученные с помощью данного метода [60], а несколькими годами позже данный метод был оценен в сравнении с NIRF и лимфосцинтиграфией у пациентов с лимфедемой.

ФЛ предоставила более чёткие изображения, включая трансекционные проекции, которые были недоступны при использовании NIRF, в сравнении с лимфосцинтиграфией в оценке степени лимфедемы данные ФЛ имели тенденцию к совпадению, что позволяет предположить осмотимую пользу ФЛ для определения стадии лимфедемы [61, 62].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ЭНДОЛИМФАТИЧЕСКОГО ВВЕДЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ

Несмотря на отсутствие весомых трудностей в интранодальном введении контраста, сама лимфография может быть сопряжена с техническими трудностями, если речь идёт о рентгеноскопическом методе визуализации. Это демонстрируется вышеописанными исследованиями в данной статье. Соответственно, актуальным остаётся вопрос разработки метода лимфографии у отдельных категорий пациентов, где без МРТ можно было бы провести процедуру и при этом избежать катетеризации хилезной цистерны, тем самым снизив потенциальные риски травмы и облегчив саму манипуляцию.

Последние исследования, где используется интранодальный метод введения, относятся к новым методикам химиотерапии, которые проводились в эксперименте на животных моделях. В них интранодальный способ показал себя с лучшей стороны, а подбор препаратов иной концентрации и вязкости сделал из него целую методику химиотерапии [63, 64].

Это говорит о том, что проведение лимфографии возможно и при помощи прямой катетеризации ЛУ иной локализации, при применении соответствующего инструментария и расходного материала.

На сегодня таких методов не разработано, так как необходимо наличие подходящей системы доставки препарата для их проведения, что требует хирургического вмешательства либо может быть проведено интраоперационно при определённых операциях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие методы малоинвазивной лимфатической визуализации — интранодальная лимфангиография, динамически контрастная магнитно-резонансная лимфангиография и лимфосцинтиграфия — позволяют визуализировать только часть лимфатической системы — от нижних конечностей через забрюшинную лимфатическую систему до грудного протока. Визуализация печёночной лимфатической сети требует перипортального доступа и введения контраста с использованием магнитно-резонансной томографии для наилучшей визуализации.

В то же время для оценки лимфедемы конечностей использование более поверхностных методов визуализации в настоящее время не лишено смысла и предоставляет необходимую информацию без иони-

зирующего излучения для определения дальнейшей тактики лечения.

Однако для проведения интервенционных вмешательств по поводу лимфоистечения из центрального лимфатического звена необходима достаточно хорошая визуализация данной области, чтобы провести катетеризацию грудного протока. Для этих целей по сей день оптимальной является интранодальная лимфангиография, при которой можно использовать как флюороскопию, так и компьютерно-томографическую или магнитно-резонансную томографическую визуализацию. Данный способ легче осуществим у любой категории пациентов, технически легче чрессосудистого доступа и может быть освоен большим количеством специалистов за короткий срок.

В то же время каждый метод лимфографии не является полностью изжившим себя. Классические методы могут выручить в клинической практике при наличии противопоказаний к более новым техникам или при их отсутствии. Вдобавок некоторые виды лимфографии и доступы к лимфатической системе могут комбинироваться для получения детальной информации. Часть

методик в принципе предпочтительна для использования при отдельных нозологиях.

В отношении рентгеноскопических методов визуализации у отдельных групп пациентов, например, торакального профиля, актуальным остаётся вопрос разработки надежных систем доставки препаратов в лимфатическое русло, что позволило бы проводить процедуру через иные сегменты лимфатического звена. Для этого необходимо тесное сотрудничество диагностического медицинского персонала с хирургической службой в вопросе проведения инновационных методов диагностики и лечения.

Лимфангиография показала свою эффективность в стадировании рака при поражении сторожевого лимфатического узла, эмболизации грудного протока при хилорее, диагностике лимфоистечения и его локализации. Однако ни одна из методик не получила своего широкого применения из-за технических сложностей. В силу этого остаётся актуальной разработка универсального мини-инвазивного способа визуализации лимфатической системы как для лечения заболеваний лимфодренажной системы, так и в качестве дополнительного диагностического метода исследования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

- Hsu MC, Itkin M. Lymphatic Anatomy. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):247–254. PMID: 27993319 <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.003>
- Lee EW, Shin JH, Ko HK, Park J, Kim SH, Sung KB. Lymphangiography to treat postoperative lymphatic leakage: a technical review. *Korean J Radiol*. 2014;15(6):724–732. PMID: 25469083 <https://doi.org/10.3348/kjr.2014.15.6.724>
- Kortes N, Radeleff B, Sommer CM, Bellemann N, Ott K, Richter GM, et al. Therapeutic lymphangiography and CT-guided sclerotherapy for the treatment of refractory lymphatic leakage. *J Vasc Interv Radiol*. 2014;25(1):127–132. PMID: 24262033 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2013.10.011>
- Itkin M, Nadolski GJ. Modern Techniques of Lymphangiography and Interventions: Current Status and Future Development. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2018;41(3):366–376. PMID: 29256071 <https://doi.org/10.1007/s00270-017-1863-2>
- Threefoot SA, Kent WT, Hatchett BF. Lymphaticovenous and lymphaticolymphatic communications demonstrated by plastic corrosion models of rats and by postmortem lymphangiography in man. *J Lab Clin Med*. 1963;61:9–22. PMID: 13981287
- Momose M, Kawakami S, Koizumi T, Yoshida K, Kanda S, Kondo R, et al. Lymphoscintigraphy using technetium-99m HSA-DTPA with SPECT/CT in chylothorax after childbirth. *Radiat Med*. 2008;26(8):508–511. PMID: 18975054 <https://doi.org/10.1007/s11604-008-0265-4>
- Wagayama H, Tanaka T, Shimomura M, Ogura K, Shiraki K. Pancreatic cancer with chylous ascites demonstrated by lymphoscintigraphy: successful treatment with peritoneovenous shunting. *Dig Dis Sci*. 2002;47(8):1836–1838. PMID: 12184538 <https://doi.org/10.1023/a:1016461015632>
- Kinuya S, Taki J, Nakajima K, Kinuya K, Haji K, Michigishi T, et al. Inguinoscrotal lymphatic reflux detected by lymphoscintigraphy. *Ann Nucl Med*. 1996;10(3):351–352. PMID: 8883714 <https://doi.org/10.1007/BF03164745>
- Seo Y, Shuke N, Yamamoto W, Usui K, Aburano T. Ruptured lymphocele as a cause of chylous ascites: demonstration by lymphoscintigraphy. *Clin Nucl Med*. 1999;24(1):60–61. PMID: 9890497 <https://doi.org/10.1097/00003072-199901000-00014>
- Bluemel C, Herrmann K, Giammarile F, Nieweg OE, Dubreuil J, Testori A, et al. EANM practice guidelines for lymphoscintigraphy and sentinel lymph node biopsy in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(11):1750–1766. PMID: 26205952 <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3135-1>
- Fearn NR, Dylke ES, Bailey D, Kilbreath SL. Lymphoscintigraphy as an Outcome Measurement for Conservative Upper Limb Lymphedema Treatments: A Systematic Review. *Lymphat Res Biol*. 2022;20(3):248–259. PMID: 34748419 <https://doi.org/10.1089/lrb.2021.0050>
- van Schaik CJ, Boer LL, Draaisma JMT, van der Vleuten CJM, Janssen JJ, Fütterer JJ, et al. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clin Anat*. 2022;35(6):701–710. PMID: 35383381 <https://doi.org/10.1002/ca.23867>
- Skanjeti A, Dhompas A, Paschetta C, Tordo J, Delgado Bolton RC, Giammarile F. Lymphoscintigraphy for Sentinel Node Mapping in Head and Neck Cancer. *Semin Nucl Med*. 2021;51(1):39–49. PMID: 33246538 <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.07.004>
- Mahieu R, Krijger GC, Ververs FFT, de Roos R, de Bree R, de Keizer B. [68Ga]Ga-tilmanocept PET/CT lymphoscintigraphy: a novel technique for sentinel lymph node imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48(4):963–965. PMID: 33159222 <https://doi.org/10.1007/s00259-020-05101-5>
- West NJ, Wadhwa S, Ayars C, Philips P, Martin RCG 2nd, Scoggins CR, et al. Interval Sentinel Lymph Nodes with the Use of Routine Lymphoscintigraphy in Extremity Melanoma. *J Surg Res*. 2024;293:613–617. PMID: 37837816 <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.08.055>
- Kuemmel S, Holtschmidt J, Gerber B, Von der Assen A, Heil J, Thill M, et al. Prospective, Multicenter, Randomized Phase III Trial Evaluating the Impact of Lymphoscintigraphy as Part of Sentinel Node Biopsy in Early Breast Cancer: SenSzi (GBG80) Trial. *J Clin Oncol*. 2019;37(17):1490–1498. PMID: 31042410 <https://doi.org/10.1200/JCO.18.02092>
- Hoogendam JP, Veldhuis WB, Hobbelen MG, Verheijen RH, van den Bosch MA, Zweemer RP. 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. PMID: 25858041 <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.152439>
- Dori Y. Novel Lymphatic Imaging Techniques. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):255–261. PMID: 27993320 <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.002>
- Szuba A, Shin WS, Strauss HW, Rockson S. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema. *J Nucl Med*. 2003;44(1):43–57. PMID: 12515876
- Vaqueiro M, Głowiczki P, Fisher J, Hollier LH, Schirger A, Wahner HW. Lymphoscintigraphy in lymphedema: an aid to microsurgery. *J Nucl Med*. 1986;27(7):1125–1130. PMID: 3723188
- Kariya S, Komemushi A, Nakatani M, Yoshida R, Kono Y, Tanigawa N. Intranodal lymphangiogram: technical aspects and findings. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37(6):1606–1610. PMID: 24722896 <https://doi.org/10.1007/s00270-014-0888-z>
- Bae JS, Yoo RE, Choi SH, Park SO, Chang H, Suh M, et al. Evaluation of lymphedema in upper extremities by MR lymphangiography: Comparison with lymphoscintigraphy. *Magn Reson Imaging*. 2018;49:63–70. PMID: 29306049 <https://doi.org/10.1016/j.mri.2017.12.024>
- Pieper CC, Hur S, Sommer CM, Nadolski G, Maleux G, Kim J, et al. Back to the Future: Lipiodol in Lymphography-From Diagnostics to Theranostics. *Invest Radiol*. 2019;54(9):600–615. PMID: 31283538 <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000578>
- 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. PMID: 24158649 <https://doi.org/10.1007/s11604-013-0252-2>
- Tabchouri N, Frampas E, Marques F, Blanchard C, Jirka A, Regenet N. Chylous Ascites Management After Pancreatic Surgery. *World J Surg*. 2017;41(4):1054–1060. PMID: 27778074 <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3772-y>
- Boffa DJ, Sands MJ, Rice TW, Murthy SC, Mason DP, Geisinger MA, et al. A critical evaluation of a percutaneous diagnostic and treatment strategy for chylothorax after thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac*

- Surg.* 2008;33(3):435–439. PMID: 18207415 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.11.028>
27. Kawasaki R, Sugimoto K, Fujii M, Miyamoto N, Okada T, Yamaguchi M, et al. Therapeutic effectiveness of diagnostic lymphangiography for refractory postoperative chylothorax and chylous ascites: correlation with radiologic findings and preceding medical treatment. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;201(3):659–666. PMID: 23971461 <https://doi.org/10.2214/AJR.12.10008>
 28. Juszczak K, Waugh R, Sandroussi C. Lymphangiography as therapeutic management of chylothorax. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2013;57(4):460–461. PMID: 23870343 <https://doi.org/10.1111/j.1754-9485.2012.02452.x>
 29. Cope C, Salem R, Kaiser LR. Management of chylothorax by percutaneous catheterization and embolization of the thoracic duct: prospective trial. *J Vasc Interv Radiol.* 1999;10(9):1248–1254. PMID: 10527204 [https://doi.org/10.1016/s1051-0443\(99\)70227-7](https://doi.org/10.1016/s1051-0443(99)70227-7)
 30. Alejandre-Lafont E, Krompiec C, Rau WS, Krombach GA. Effectiveness of therapeutic lymphography on lymphatic leakage. *Acta Radiol.* 2011;52(3):305–311. PMID: 21498367 <https://doi.org/10.1258/ar.2010.090356>
 31. Gruber-Rouh T, Naguib NNN, Lehnert T, Harth M, Thalhammer A, Beerens M, et al. Direct lymphangiography as treatment option of lymphatic leakage: indications, outcomes and role in patient's management. *Eur J Radiol.* 2014;83(12):2167–2171. PMID: 25445897 <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.09.013>
 32. Nadolski GJ, Ponce-Dorrego MD, Darge K, Biko DM, Itkin M. Validation of the Position of Injection Needles with Contrast-Enhanced Ultrasound for Dynamic Contrast-Enhanced MR Lymphangiography. *J Vasc Interv Radiol.* 2018;29(7):1028–1030. PMID: 29880296 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2018.02.034>
 33. Wagenpfeil J, Kupczyk PA, Henkel A, Geiger S, Köster T, Luetkens JA, et al. Ultrasound-guided needle positioning for nodal dynamic contrast-enhanced MR lymphangiography. *Sci Rep.* 2022;12(1):3621. PMID: 35256625 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07359-1>
 34. Nadolski GJ, Itkin M. Feasibility of ultrasound-guided intranodal lymphangiogram for thoracic duct embolization. *J Vasc Interv Radiol.* 2012;23(5):613–616. PMID: 22440590 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2012.01.078>
 35. Jenner ZB, Li P, Kang L, Goldner BW, Brown CN, Raff GW, et al. Pediatric Intranodal CT Lymphangiography with Water-Soluble Contrast Medium. *J Vasc Interv Radiol.* 2022;33(11):1440–1443. PMID: 35970504 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.08.012>
 36. Kim SW, Hur S, Kim SY, Cho JY, Kwak C, Kim HS, et al. The Efficacy of Lymph Node Embolization Using N-Butyl Cyanoacrylate Compared to Ethanol Sclerotherapy in the Management of Symptomatic Lymphorrhea after Pelvic Surgery. *J Vasc Interv Radiol.* 2019;30(2):195–202.e1. PMID: 30717950 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2018.09.038>
 37. Kuetting D, Schild HH, Pieper CC. In Vitro Evaluation of the Polymerization Properties of N-Butyl Cyanoacrylate and Iodized Oil Mixtures for Lymphatic Interventions. *J Vasc Interv Radiol.* 2019;30(1):110–117. PMID: 30527658 <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2018.07.028>
 38. Chovanec V, Drugda J, Lojik M, Vodárek P, Žák P, Hanke I, et al. Chylothorax treatment with thoracic duct embolization. *Rozhl Chir.* 2022;101(12):607–611. PMID: 36759208 <https://doi.org/10.33699/PIS.2022.101.12.607-611>
 39. Majdalany BS, Saad WA, Chick JFB, Khaja MS, Cooper KJ, Srinivasa RN. Pediatric lymphangiography, thoracic duct embolization and thoracic duct disruption: a single-institution experience in 11 children with chylothorax. *Pediatr Radiol.* 2018;48(2):235–240. PMID: 28956103 <https://doi.org/10.1007/s00247-017-3988-5>
 40. Stecker MS, Fan CM. Lymphangiography for Thoracic Duct Interventions. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2016;19(4):277–285. PMID: 27993323 <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.010>
 41. Biko DM, Dori Y, Savoca M, Krishnamurthy G, Smith CL, Laje P, et al. Pediatric pulmonary lymphatic flow Disorders: Diagnosis and management. *Paediatr Respir Rev.* 2020;36:2–7. PMID: 31884062 <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2019.11.002>
 42. Liu NF, Yan ZX, Wu XF. Classification of lymphatic-system malformations in primary lymphoedema based on MR lymphangiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2012;44(3):345–349. PMID: 22831870 <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2012.06.019>
 43. Turkbey B, Kobayashi H, Hoyt RF Jr, Choyke PL, Nakajima T, Griffiths GL, et al. Magnetic resonance lymphography of the thoracic duct after interstitial injection of gadofosveset trisodium: a pilot dosing study in a porcine model. *Lymphat Res Biol.* 2014;12(1):32–36. PMID: 24502282 <https://doi.org/10.1089/lrb.2013.0029>
 44. Mitsumori LM, McDonald ES, Wilson GJ, Neligan PC, Minoshima S, Maki JH. MR lymphangiography: How i do it. *J Magn Reson Imaging.* 2015;42(6):1465–1477. PMID: 25906741 <https://doi.org/10.1002/jmri.24887>
 45. Dori Y, Zviman MM, Itkin M. Dynamic contrast-enhanced MR lymphangiography: feasibility study in swine. *Radiology.* 2014;273(2):410–416. PMID: 24988434 <https://doi.org/10.1148/radiol.14132616>
 46. Brownell JN, Biko DM, Mamula P, Krishnamurthy G, Escobar F, Srinivasan A, et al. Dynamic Contrast Magnetic Resonance Lymphangiography Localizes Lymphatic Leak to the Duodenum in Protein-Losing Enteropathy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2022;74(1):38–45. PMID: 34406998 <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000003287>
 47. Birkhäuser FD, Studer UE, Froehlich JM, Triantafyllou M, Bains LJ, Petralia G, et al. Combined ultrasmall superparamagnetic particles of iron oxide-enhanced and diffusion-weighted magnetic resonance imaging facilitates detection of metastases in normal-sized pelvic lymph nodes of patients with bladder and prostate cancer. *Eur Urol.* 2013;64(6):953–960. PMID: 23916692 <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2013.07.032>
 48. Heesakkers RA, Jager GJ, Hövels AM, de Hoop B, van den Bosch HC, Raat F, et al. Prostate cancer: detection of lymph node metastases outside the routine surgical area with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology.* 2009;251(2):408–414. PMID: 19401573 <https://doi.org/10.1148/radiol.2512071018>
 49. Heesakkers RA, Hövels AM, Jager GJ, van den Bosch HC, Witjes JA, Raat HP, et al. MRI with a lymph-node-specific contrast agent as an alternative to CT scan and lymph-node dissection in patients with prostate cancer: a prospective multicohort study. *Lancet Oncol.* 2008;9(9):850–856. PMID: 18708295 [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(08\)70203-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(08)70203-1)
 50. Turkbey B, Czarniecki M, Shih JH, Harmon SA, Agarwal PK, Apolo AB, et al. Ferumoxylol-Enhanced MR Lymphography for Detection of Metastatic Lymph Nodes in Genitourinary Malignancies: A Prospective Study. *AJR Am J Roentgenol.* 2020;214(1):105–113. PMID: 31613660 <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21264>
 51. Crescenzi R, Donahue PMC, Hartley KG, Desai AA, Scott AO, Braxton V, et al. Lymphedema evaluation using noninvasive 3T MR lymphangiography. *J Magn Reson Imaging.* 2017;46(5):1349–1360. PMID: 28245075 <https://doi.org/10.1002/jmri.25670>
 52. 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. PMID: 25826439 <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549133>
 53. Forte AJ, Boczar D, Huayllani MT, Avila FR, Guliyeva G, Lu X, et al. Use of magnetic resonance imaging lymphangiography for preoperative planning in lymphedema surgery: A systematic review. *Microsurgery.* 2021;41(4):384–390. PMID: 33710683 <https://doi.org/10.1002/micr.30731>
 54. Lee E, Biko DM, Sherk W, Masch WR, Ladino-Torres M, Agarwal PP. Understanding Lymphatic Anatomy and Abnormalities at Imaging. *Radiographics.* 2022;42(2):487–505. PMID: 35179984 <https://doi.org/10.1148/rg.210104>
 55. Salehi BP, Sibley RC, Friedman R, Kim G, Singhal D, Loening AM, et al. MRI of Lymphedema. *J Magn Reson Imaging.* 2023;57(4):977–991. PMID: 36271779 <https://doi.org/10.1002/jmri.28496>
 56. Mihara M, Hara H, Araki J, Kikuchi K, Narushima M, Yamamoto T, et al. Indocyanine green (ICG) lymphography is superior to lymphoscintigraphy for diagnostic imaging of early lymphedema of the upper limbs. *PLoS One.* 2012;7(6):e38182. PMID: 22675520 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058182>
 57. Jørgensen MG, Toyserkani NM, Hansen FCG, Thomsen JB, Sørensen JA. Prospective Validation of Indocyanine Green Lymphangiography Staging of Breast Cancer-Related Lymphedema. *Cancers (Basel).* 2021;13(7):1540. PMID: 33810570 <https://doi.org/10.3390/cancers13071540>
 58. Pons G, Clavero JA, Alomar X, Rodríguez-Bauza E, Tom LK, Masia J. Preoperative planning of lymphaticovenous anastomosis: The use of magnetic resonance lymphangiography as a complement to indocyanine green lymphography. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2019;72(6):884–891. PMID: 30944074 <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.02.024>
 59. Guerrini S, Gentili F, Mazzei FG, Gennaro P, Volterrani L, Mazzei MA. Magnetic resonance lymphangiography: with or without contrast? *Diagn Interv Radiol.* 2020;26(6):587–595. PMID: 33032980 <https://doi.org/10.5152/dir.2020.19482>
 60. Kajita H, Oh A, Urano M, Takemaru M, Imanishi N, Otaki M, et al. Photoacoustic lymphangiography. *J Surg Oncol.* 2020;121(1):48–50. PMID: 31165483 <https://doi.org/10.1002/jso.25575>
 61. Suzuki Y, Kajita H, Oh A, Urano M, Watanabe S, Sakuma H, et al. Photoacoustic lymphangiography exhibits advantages over near-infrared fluorescence lymphangiography as a diagnostic tool in patients with lymphedema. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2022;10(2):454–462.e1. PMID: 34352419 <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.07.012>
 62. Watanabe S, Kajita H, Suzuki Y, Urano M, Otaki M, Sakuma H, et al. Photoacoustic lymphangiography is a possible alternative for lymphedema staging. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2022;10(6):1318–1324.e2. PMID: 35995329 <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2022.07.012>
 63. Sukhbaatar A, Mori S, Sugiura T, Kodama T. Docetaxel administered through a novel lymphatic drug delivery system (LDDS) improved treatment outcomes for lymph node metastasis. *Biomed Pharmacother.* 2024;171:116085. PMID: 38171241 <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.116085>
 64. Sukhbaatar A, Mori S, Kodama T. Intranodal delivery of modified docetaxel: Innovative therapeutic method to inhibit tumor cell growth in lymph nodes. *Cancer Sci.* 2022;113(4):1125–1139. PMID: 35100484 <https://doi.org/10.1111/cas.15283>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Разумовский Вадим Сергеевич** ассистент кафедры госпитальной хирургии № 2 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0001-7802-4588>, ernieball9@mail.ru;
 40%: разработка концепции, подготовка текста, визуализация
- Тарабрин Евгений Александрович** доктор медицинских наук, заведующий кафедрой госпитальной хирургии № 2 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0002-1847-711X>, tarabrin_e_a@staff.sechenov.ru;
 25%: оценка и редактирование текста, консультации
- Муравьев Сергей Юрьевич** доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии № 2 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0002-1493-0351>, muravev_s_yu@staff.sechenov.ru;
 20%: оценка и редактирование текста
- Берикханов Зелимхан Гези-Махмаевич** кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии № 2 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0002-4335-3987>, berikkhanov_z_g@staff.sechenov.ru;
 10%: консультации
- Коносевич Дарья Олеговна** студентка 6-го курса лечебного факультета, группа 701-12 ИКМ ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0009-0004-3964-6519>, kono03.dar@yandex.ru;
 5%: визуализация

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Diagnosics and Visualization of The Lymphatic System in Clinical Practice

V.S. Razumovsky , E.A. Tarabrin, S.Yu. Muravyov, Z.G.M. Berikkhanov, D.O. Konosevich

Department of Hospital Surgery No. 2
 I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University)
 Bolshaya Pirogovskaya Str. 2, bldg. 4, Moscow, Russian Federation 119435

✉ **Contacts:** Vadim S. Razumovsky, Assistant of the Department of Hospital Surgery No. 2, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University).
 Email: ernieball9@mail.ru

ABSTRACT For decades, imaging of the lymphatic system was limited to lymphoscintigraphy and transvascular lymphangiography with X-ray. These methods do not provide information on the state of the central large lymphatic collectors and vessels.

Obtaining images of the central link of the lymphatic pathways using radiographic examination has become possible due to the introduction of a contrast agent through a lymphatic vessel in the foot. The pronounced variant anatomy of the distal lymphatic bed and the technical difficulties in isolating such a vessel in a surgical wound make it difficult to perform these methods.

Intranodal contrast injection combined with magnetic resonance imaging (MRI) has led to the development of dynamic contrast-enhanced MR lymphangiography, which provides exceptional imaging capabilities for the central lymphatic system.

Due to the physical properties, primarily the viscosity of the oil-based contrast agent, visualization of the central lymphatic system may be inadequate without MRI. The issue of developing a reliable method for delivering the drug to the lymphatic system also remains relevant, which requires a surgical approach to the task. The role of lymphangiography as a diagnostic and therapeutic method has not yet been determined. A large number of patients with chylothorax and chyloperitoneum (up to 4% in thoracic interventions) of both iatrogenic and idiopathic etiology (up to 14%) make lymphangiography a promising method in treatment and diagnosis for the purpose of planning access and volume of surgery when conservative treatment is ineffective.

Keywords: lymphangiography, diagnostics, lymphology, lymphatic system, intranodal drug administration

For citation Razumovsky VS, Tarabrin EA, Muravyov SYu, Berikkhanov ZGM, Konosevich DO. Diagnosics and Visualization of The Lymphatic System in Clinical Practice. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2025;14(2):406–415. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-2-406-415> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Affiliations

- Vadim S. Razumovsky Assistant of the Department of Hospital Surgery No. 2, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University);
<https://orcid.org/0000-0001-7802-4588>, ernieball9@mail.ru;
 40%, concept development, text preparation, visualization
- Evgeny A. Tarabrin Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Hospital Surgery No. 2, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University);
<https://orcid.org/0000-0002-1847-711X>, tarabrin_e_a@staff.sechenov.ru;
 25%, evaluation and editing of text, consultations
- Sergey Yu. Muravyov Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Hospital Surgery No. 2, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University);
<https://orcid.org/0000-0002-1493-0351>, muravev_s_yu@staff.sechenov.ru;
 20%, evaluation and editing of text

Zelimkhan G.M. Berikkhanov	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Hospital Surgery No. 2., I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University); https://orcid.org/0000-0002-4335-3987 , berikkhanov_z_g@staff.sechenov.ru; 10%, consultation
Darya O. Konosevich	6th-grade Student, Faculty of Medicine, Group 701-12 ICM, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University); https://orcid.org/0009-0004-3964-6519 , kono03.dar@yandex.ru; 5%, visualization

Received on 01.10.2024

Review completed on 12.03.2025

Accepted on 24.03.2025

Поступила в редакцию 01.10.2024

Рецензирование завершено 12.03.2025

Принята к печати 24.03.2025