

Е.Е. ФОМИНА, А.С. ЧЕСНОКОВА, Р.А. БАШИРОВ,  
С.А. РЫЖКИН, Л.Ф. ЗИГАНШИНА, Л.Е. САМОЙЛЕНКО

## РАДИОНУКЛИДНАЯ ЛИМФОСЦИНТИГРАФИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

**Ключевые слова:** лучевая диагностика, лимфосцинтиграфия, технеций-99m, лимфатическая недостаточность, флеболимфедема.

*В обзоре систематизированы современные представления и обоснована роль радионуклидной лимфосцинтиграфии в оценке лимфатического компонента при хронической венозной недостаточности нижних конечностей. На фоне ограничений анатомически ориентированных методик (ультразвуковой диагностики, магнитно-резонансной лимфоангиографии, флуоресцентной лимфографии с индоцианином зеленым) радионуклидная лимфосцинтиграфия обеспечивает воспроизводимую оценку лимфодренажа, выявляет ранние нарушения, разграничивает венозный и лимфатический вклад в развитие отеков и позволяет контролировать эффективность терапии. Особое внимание уделено препарату <sup>99m</sup>Tc-Нанотоп как широко используемому нанокolloидному радиофармпрепарату, обладающему оптимальными физико-химическими характеристиками для количественной радионуклидной лимфосцинтиграфии, а также вопросам сопоставимости результатов при использовании альтернативных препаратов. Систематизированы ключевые сцинтиграфические признаки лимфатической дисфункции и проанализирована их клиническая значимость. Интеграция радионуклидной лимфосцинтиграфии в алгоритмы обследования при хронической венозной недостаточности повышает точность верификации флеболимфедемы и поддерживает персонализированный выбор лечения.*

**Введение.** Хронические заболевания вен (ХЗВ) нижних конечностей относятся к числу наиболее распространенных форм сосудистой патологии и являются одной из ведущих причин развития выраженного отеочного синдрома, трофических нарушений и существенного снижения качества жизни пациентов [14]. Ведущим патофизиологическим звеном выступает персистирующая венозная гипертензия, инициирующая каскад микрососудистой дисфункции и воспалительно-индуцированных структурных изменений тканей. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что хроническая перегрузка лимфатического звена при ХЗВ способствует формированию вторичной лимфатической недостаточности, усугубляющей течение заболевания и повышающей риск развития трофических осложнений [5, 25].

Инструментальная и клиническая верификация участия лимфатической системы в формировании ХЗВ принципиальна для стратификации риска и персонализации лечения, тогда как рутинные анатомические методы визуализации остаются ограниченными в функциональной оценке лимфооттока [19]. На этом фоне радионуклидная лимфосцинтиграфия (РЛСГ) рассматривается как основной метод функциональной визуализации лимфатической системы, позволяющий выявлять субклиническую дисфункцию, разграничивать венозный и лимфатический вклад в отеочный синдром, а также объективно оценивать динамику терапии на основании полуколичественных показателей [25, 36].

Настоящий обзор обобщает клинико-диагностические возможности РЛСГ при хронической венозной недостаточности (ХВН) с акцентом на типичные лимфосцинтиграфические паттерны и применение радиофармпрепарата (РФП) <sup>99m</sup>Tc-Нанотоп.

Существующие обзоры, включая недавнюю фундаментальную работу К.В. Лобастова и соавт. (2024), подтверждают участие лимфатической системы в патогенезе ХЗВ. Однако большинство клинических руководств по флебологии по-прежнему фокусируются преимущественно на коррекции венозной гипертензии, тогда как алгоритмы функциональной оценки лимфатического компонента остаются недостаточно определенными. До сих пор неясно, каким категориям пациентов (помимо очевидных случаев С3–С6) показано целенаправленное исследование лимфотока и, главное, в каком формате его следует осуществлять – ограничиваясь качественной констатацией факта нарушения («да/нет») либо используя количественные и полуколичественные показатели.

Практическая значимость настоящего обзора состоит в устранении разрыва между описательной и количественной интерпретацией данных РЛСГ. В отличие от публикаций, преимущественно ограничивающихся констатацией факта лимфатической дисфункции, в обзоре систематизированы и критически проанализированы характерные лимфосцинтиграфические паттерны и, что принципиально, полуколичественные индексы лимфатического дренажа.

**Цель обзора** – систематизировать данные о диагностической эффективности радионуклидной лимфосцинтиграфии при хронической венозной недостаточности нижних конечностей, определить ее место в современном алгоритме обследования пациентов с ХЗВ и обозначить основные направления клинического применения метода. Отдельно рассмотрены возможности лимфотропного нанокolloида  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп при хронических заболеваниях вен и флеболимфедеме.

Поиск источников проводился в базах данных PubMed, Web of Science и eLIBRARY.RU с использованием ключевых слов и их сочетаний, относящихся к хронической венозной недостаточности, флеболимфедеме и РЛСГ, включая  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп: *lymphoscintigraphy*, *lymphatic dysfunction*, *lymphatic drainage*, *chronic venous insufficiency*, *phlebolymphe-dema*, *Nanotop*, *NanoHSA*, *human serum albumin nanocolloid*. Временные рамки охватывали период с 1988 по 2025 г., при этом поиск был актуализирован по состоянию на май 2025 г. В обзор были включены рецензируемые оригинальные исследования, обзорные статьи и клинические рекомендации по РЛСГ в контексте хронических венозных заболеваний и флеболимфедемы; исключались доклинические работы, единичные клинические случаи, тезисы конференций и нерецензируемые источники. Отдельно выполнялся целенаправленный отбор работ по применению  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотопа (лимфосцинтиграфия конечностей, биопсия сторожевых лимфатических узлов), результаты которых легли в основу разделов, посвященных выбору лимфотропного РФП и стандартизации протоколов.

**ХВН: распространенность и патофизиология.** ХЗВ нижних конечностей относятся к числу наиболее распространенных форм сосудистой патологии: их распространенность среди взрослого населения достигает 25–50%; чаще страдают женщины, а риск увеличивается с возрастом и при отягощенном семейном анамнезе [8–10, 41].

В основе патофизиологии ХЗВ лежит персистирующая венозная гипертензия, обусловленная клапанной несостоятельностью или обструкцией венозного оттока. В результате формируется микрососудистая дисфункция, проявляющаяся повышенной капиллярной фильтрацией, гипоксией тканей и хроническим воспалением [11, 14, 41]. Клиническое стадирование ХЗВ выполняют по шкале CEAP (C0–C6): отеки и трофические изменения становятся клинически значимыми на этапах C3–C6 [23].

Лимфатическая система на ранних этапах компенсирует избыточную фильтрацию при венозной гипертензии за счет увеличения лимфообразования и усиления сократительной активности лимфатических сосудов. Длительная перегрузка приводит к функциональной декомпенсации лимфатической системы: замедлению лимфотока, расширению коллекторов, несостоятельности клапанов и появлению дермального лимфатического рефлюкса [26, 28, 31, 34, 39]. Эти изменения отражают непрерывный спектр венозно-лимфатической дисфункции (флеболимфедемы): к венозному застою присоединяется самостоятельный лимфатический компонент отека. Флеболимфедема рассматривается как клинически значимая форма ХЗВ, что отражено в актуальных рекомендациях и обзорах [5, 20, 22, 31].

ХЗВ нижних конечностей представляют собой мультифакторное состояние, при котором венозная гипертензия и лимфатическая дисфункция взаимно усиливают отечный синдром и трофические нарушения. Учет обоих звеньев патогенеза принципиален для стратификации риска и выбора тактики терапии [5, 26, 28, 30].

**Взаимосвязь венозной и лимфатической систем при ХЗВ.** Венозная и лимфатическая системы нижних конечностей функционально и патогенетически сопряжены, образуя единый контур возврата интерстициальной жидкости. Стойкая венозная гипертензия ведет к увеличению капиллярной фильтрации, которое на ранних этапах компенсируется ростом образования лимфы и усилением сократительной активности лимфангионов.

Хроническая перегрузка истощает резервы лимфатической системы: развивается замедление лимфотока, дилатация лимфатических сосудов, недостаточность клапанного аппарата и снижение насосной функции лимфангионов [5, 26, 39]. Итогом становится вторичная лимфатическая недостаточность, при которой к венозному застою присоединяется самостоятельный лимфатический компонент отека [26]. Флеболимфедема формируется преимущественно по этому механизму и в международных руководствах рассматривается как форма вторичной лимфедемы [20, 21, 30].

Отдельным маркером декомпенсации лимфодренажа выступает дермальный лимфатический рефлюкс, отражающий выраженную лимфатическую недостаточность и ремоделирование поверхностной лимфатической сети [21, 34, 39]. Двухнаправленное взаимодействие венозного и лимфатического звеньев принципиально: нарушение лимфооттока ухудшает клиренс метаболитов и поддерживает воспалительный градиент в тканевом микроокружении, что способствует хронизации венозных трофических изменений [17, 27, 38].

**Методы оценки лимфатического оттока и роль лимфосцинтиграфии.** Дифференциальная оценка вклада венозного и лимфатического компонентов в формирование отечного синдрома при ХЗВ методологически сложна: клинические признаки перекрываются, а ранние (субклинические) нарушения лимфатического дренажа нередко остаются нераспознанными [31]. В клинической практике используются как морфологические, так и функциональные методы, однако их диагностическая ценность существенно различается [31, 39].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) остается рутинным методом визуализации венозного русла и позволяет лишь косвенно оценивать мягкотканый компонент отека. Однако лимфатические сосуды при этом, как правило, визуализируются только при их выраженной дилатации, а функциональная оценка лимфангиомоторики недоступна [34]. Таким образом, УЗИ недостаточно для ранней верификации лимфатического компонента отека [28, 31, 39].

Рентгеноконтрастная лимфография исторически была основным методом анатомической визуализации лимфатических коллекторов и зон обструкции с высоким пространственным разрешением. Метод не стал рутинным при ХЗВ из-за инвазивности, технологической сложности и риска осложнений [28, 31, 32]. Современные клинические рекомендации отдают приоритет менее инвазивным функциональным методикам оценки лимфатического звена [31].

Магнитно-резонансная лимфангиография отличается высокой тканевой контрастностью и позволяет визуализировать магистральные лимфатические коллекторы. Дополнительно методика дает оценку фиброзно-жировой перестройки тканей при лимфостазе [7, 28, 31, 39]. В клинической практике метод часто используется преимущественно для морфологической оценки. Кроме того, активно развиваются методики функциональной магнитно-резонансной лимфангиографии. Однако протоколы количественной верификации скорости и объема лимфотока при флеболимфедеме все еще находятся на этапе валидации и не имеют такой широкой стандартизации, как радионуклидные исследования. Это особенно критично при смешанном (венозно-лимфатическом) генезе отека, когда требуется стандартизированная функциональная оценка лимфатического дренажа [7, 28, 31, 39].

Флуоресцентная лимфография с индоцианином зеленым в ближнем инфракрасном диапазоне (ICG-NIRF) обеспечивает превосходную визуализацию поверхностной лимфатической сети в реальном времени и надежно выявляет дермальный лимфатический рефлюкс и зоны стаза. Несмотря на появление протоколов для количественной оценки (qICG), основные ограничения метода связаны с малой глубиной проникновения излучения, что делает недоступной оценку глубоких лимфатических коллекторов [7, 28, 31, 39]. Поэтому при ХЗВ флуоресцентная лимфография рассматривается как ценный инструмент для картирования поверхностных нарушений, но не для интегральной оценки магистрального лимфатического дренажа.

При этом ни магнитно-резонансная лимфангиография, ни флуоресцентная ICG-визуализация на данный момент не позволяют надежно и воспроизводимо количественно оценивать скорость и объем лимфотока, что ограничивает их использование для стратификации риска и динамического контроля эффективности терапии [7].

На этом фоне РЛСГ остается методом выбора для функциональной оценки лимфатической системы [37]. У пациентов с ХЗВ ее ключевые преимущества: высокая чувствительность именно к ранним изменениям магистрального лимфатического дренажа и возможность стандартизированной количественной оценки вклада лимфостаза в формирование отека (межсторонняя асимметрия, степень дисфункции) [20, 37]. Ограничения метода – зависимость результатов от техники инъекции, уровня физической активности и температуры кожных покровов – могут быть сведены к минимуму при строгой стандартизации протокола исследования [32]. В условиях, когда при ХЗВ лимфатический компонент нередко недооценивается преимущественно морфологическими подходами, РЛСГ выступает предпочтительным инструментом для раннего выявления лимфодренажной недостаточности, объективизации ее вклада в отечный синдром и стандартизированного динамического мониторинга эффективности терапии [20, 37].

**РЛСГ: от РФП до интерпретации результатов.** РЛСГ – неинвазивный функциональный метод визуализации лимфатической системы, при котором после внутрикожного введения лимфотропного РФП, меченного  $^{99m}\text{Tc}$ , регистрируют

его транспорт по лимфатическим сосудам и накопление в регионарных лимфатических узлах с помощью гамма-камеры. РЛСГ обоснованно рассматривается как один из ведущих функциональных методов оценки лимфодренажа [32]. Метод обеспечивает как качественную, так и количественную оценку лимфотока: сцинтиграммы одновременно отражают маршруты оттока (проходимость и вариативность коллекторов), визуализацию лимфоузлов, наличие коллатералей, дермального лимфатического рефлюкса и функциональные параметры (скорость миграции индикатора, время появления и степень фиксации в узлах, клиренс из места инъекции) [32, 33, 37].

В контексте настоящего обзора рассматривается лимфотропный РФП, используемый в клинической практике, –  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп.

РЛСГ объективизирует лимфатический компонент отека, позволяя отличать чисто венозный вариант от смешанного, что принципиально важно для верификации диагноза и выбора тактики лечения [11]. Визуализация дермального лимфатического рефлюкса, замедления лимфотранспорта или блока коллекторов служит основанием для стратификации риска трофических осложнений и прогнозирования течения заболевания.

При выборе РФП важно учитывать: 1) состав, так как он напрямую влияет на эффективность; 2) наличие показаний; 3) особенности приготовления РФП, от которых зависят характеристики полученного коллоида, в том числе размер частиц.

Диагностическая информативность РЛСГ определяется физико-химическими характеристиками лимфотропных коллоидов  $^{99m}\text{Tc}$ : размером частиц, коллоидной стабильностью и радиохимической чистотой. Для решаемых задач критичны селективный вход частиц в лимфатические капилляры, предсказуемый транспорт по коллекторам и адекватная задержка в регионарных узлах. Оптимальным для лимфотропных коллоидов считается диапазон размеров частиц порядка 10–80 нм; частицы свыше 100 нм медленно покидают место инъекции и могут занижать оценку скорости лимфотока [2, 37]. Рекомендуется поддерживать радиохимическую чистоту меченая  $> 95\%$ ; параметры  $^{99m}\text{Tc}$  ( $T_{1/2} = 6 \text{ ч}$ ; 140 кэВ) задают оптимальное энергетическое окно детекции [15, 31, 33]. Эти физико-химические характеристики принципиальны для получения воспроизводимых кинетических кривых и корректных полуколичественных индексов лимфодренажа (CI, LNI, TI и др.).

$^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп – лимфотропный РФП нового поколения, представляющий собой коллоид альбумина человека (HSA) с частицами в нанодиапазоне. После меченая технецием- $^{99m}$  образуется стабильная суспензия с высокой радиохимической чистотой и узким распределением частиц по размеру. Этот препарат специально разработан для непрямой лимфосцинтиграфии и картирования сторожевых лимфатических узлов (СЛУ).

Кроме того, препарат демонстрирует универсальность клинического применения. Он успешно используется как при лимфосцинтиграфии конечностей у пациентов с отеками синдромами различной этиологии (включая хронические заболевания вен, вторичный лимфостаз, флеболимфедему), так и при радионуклидной биопсии сторожевых узлов у пациентов с меланомой, раком молочной железы, онкогинекологическими и урологическими злокачественными новообразованиями [3, 6].

Следует также отметить совместимость  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотопа с гибридными визуализационными технологиями. На его основе успешно создаются комбинированные индикаторы (например, ICG– $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotop), сочетающие радиоактивный

и флуоресцентный сигналы, что повышает точность интраоперационной навигации при выполнении биопсии СЛУ и расширяет возможности мультимодальной визуализации [24]. Наконец, важным аргументом в пользу  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотопа является его доказанная валидность.

Нанотоп является единственным РФП, зарегистрированным в Российской Федерации для проведения лимфосцинтиграфии. Согласно п. 2.1.3 Инструкции по применению, раствор « $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп» предназначен для подкожного введения в целях подтверждения целостности лимфатической системы и дифференциальной диагностики венозной и лимфатической обструкции [4]. В связи с этим при планировании исследования диапазон размеров частиц следует увязывать с клинической задачей (ранняя функциональная скрининговая оценка в сравнении с детальным картированием выраженных нарушений) и фиксировать в протоколе (медианный размер/D50, активность, точка и глубина введения), а для мониторинга лечения и стратификации по тяжести желательнее последовательно использовать один и тот же РФП и идентичный протокол, чтобы избежать методически обусловленного смещения полуколичественных метрик (CI, LNI, TI, LTI) [30].

Интерпретация РЛСГ опирается на два взаимодополняющих уровня анализа: качественный – описательную оценку паттернов лимфооттока (ход коллекторов, визуализация и симметрия лимфоузлов, коллатерали, дермальный лимфатический рефлюкс) и количественный – расчет воспроизводимых метрик транспорта и накопления РФП (время достижения паховых узлов, клиренс из зон инъекций, индексы накопления и асимметрии, интегральные индексы транспорта). Совмещение этих подходов принципиально для дифференциации венозного и лимфатического вкладов в отечный синдром, стратификации риска и мониторинга ответа на терапию у пациентов с ХЗВ [26, 32, 36].

**Качественные признаки.** В норме визуализируются непрерывные симметричные пути лимфатических коллекторов с обеих сторон; РФП своевременно появляется и устойчиво фиксируется в нескольких паховых (иногда подвздошных) лимфоузлах, при этом к поздней фазе отмечается выраженное снижение активности в местах инъекций без признаков дермального лимфатического рефлюкса [32, 33]. К патологическим сцинтиграфическим паттернам относят стойкую задержку РФП в месте инъекции, обеднение и прерывистость лимфатических коллекторов с межсторонней асимметрией, дермальный лимфатический рефлюкс сетчатого или диффузного типа, формирование атипичных коллатералей, а также отсроченное, сниженное либо отсутствующее накопление РФП в паховых лимфоузлах. Эти признаки отражают спектр лимфодренажной недостаточности – от локальных нарушений транспорта до декомпенсации с кожным рефлюксом и блокадой проксимального оттока [13, 32]. Указанные признаки чаще выявляются у пациентов клинических классов С3–С6 по CEAP [23] и ассоциируются с выраженностью отека и риском трофических осложнений [25, 26, 34].

**Количественная оценка и ROI-подход.** Для воспроизводимого анализа используют стандартизованную разметку областей интереса (ROI): симметричные ROI в местах инъекций (правая и левая стопа), в паховых лимфоузлах (при множественных узлах – суммарная или поккадрово суммированная разметка), при необходимости – в подколенных и подвздошных узлах, а также фоновые ROI на мягких тканях бедра или голени для нормировки сигнала. Геометрию ROI сохраняют одинаковой во всех временных окнах, избегая «перетекания» активности между зонами [19, 29]. К ключевым метрикам относят: CI – чувствительный маркер

замедления лимфотранспорта; LNI – количественную характеристику накопления РФП в регионарных (чаще паховых) лимфоузлах; TI – интегральный показатель лимфотранспорта/проходимости коллекторов; AI – показатель межсторонней асимметрии; LTI/TIS – интегральные индексы, основанные на анализе кривых «узел/инъекция» с нормировкой на фон и время [13, 25, 29, 31, 35].

**Клиническая применимость индексов.** Снижение CI и LNI, удлинение TI, а также выраженная межсторонняя асимметрия количественных показателей ассоциированы с большей тяжестью клинических проявлений. Эти изменения отражают прогрессирующее нарастание лимфатической дисфункции по мере развития ХЗВ. Хотя стандартизация пороговых значений затруднена вследствие гетерогенности протоколов и используемых РФП, анализ ключевых исследований позволяет предложить ориентировочные диапазоны.

В исследованиях, валидирующих полуколичественный анализ, межсторонняя асимметрия (AI) >1,5–2,0, что соответствует разнице порядка 50–100%, часто используется как критерий одностороннего поражения [13, 19, 25, 29, 30]. При этом указанные пороговые значения следует расценивать как ориентировочные; они требуют калибровки в рамках локального протокола и валидации для конкретной популяции пациентов.

Устойчивый дермальный лимфатический рефлюкс — неблагоприятный прогностический признак, связан с длительно незаживающими венозными язвами и высоким риском их рецидива. Полуколичественные параметры лимфосцинтиграфии имеют прогностическую ценность в отношении трофических осложнений и служат ориентиром при выборе интенсивности противоотечной терапии [26, 31, 39, 40].

**Диагностическое значение лимфосцинтиграфии при ХВН.** РЛСГ позволяет объективно верифицировать лимфатическую дисфункцию у пациентов с ХЗВ и отеком синдромом, особенно в клинических классах С3–С6 по CEAP [26]. На качественном уровне РЛСГ выявляет дермальный лимфатический рефлюкс и замедление лимфотранспорта; фиксируются обеднение и гипофиксация паховых лимфоузлов вплоть до их авизуализации, а также формирование коллатеральных путей лимфооттока [5, 7, 37].

Подтверждение лимфатического компонента отека по данным РЛСГ, как правило, приводит к пересмотру тактики ведения [5]. При сохраненном лимфотоке и минимальном вкладе лимфатического звена приоритетом остается коррекция венозной патологии, тогда как при доказанной лимфодренажной недостаточности требуются интенсификация противоотечной терапии и расширение комплекса консервативных мероприятий. Междисциплинарные рекомендации и обзорные публикации подчеркивают дифференциально-диагностическую нишу РЛСГ в алгоритме обследования пациентов с ХЗВ [31].

Дермальный лимфатический рефлюкс рассматривают как маркер выраженной лимфодренажной недостаточности; он ассоциирован с неблагоприятным течением заболевания [39]. Обобщенные данные по РЛСГ подтверждают прогностическую значимость полуколичественных профилей: они используются для оценки риска трофических осложнений и выбора необходимой интенсивности противоотечной терапии [31, 40].

Верификация лимфатического компонента отека по данным РЛСГ нередко приводит к изменению лечебной стратегии. Коррекция осуществляется с помощью декомпрессионно-дренажных методов: мануального или аппаратного лимфодренажа, дозированной физической активности и других элементов комплексной противоотечной терапии [5, 26]. РЛСГ используют для мониторинга:

оценивают динамику CI, LNI, AI и TI на фоне компрессии, устранения венозного рефлюкса или реабилитационных программ. Количественные метрики обеспечивают сопоставимость исследований во времени и позволяют объективно зафиксировать улучшение лимфотранспорта либо отсутствие положительной динамики [13, 20, 29, 37]. В спорных клинических ситуациях добавление ОФЭКТ/КТ повышает уверенность при принятии решений, в частности при планировании целенаправленного воздействия на предполагаемую зону блока лимфооттока [12, 16, 40].

**Клинико-диагностические сценарии, когда РЛСГ целесообразна:**

1. По результатам УЗИ лимфатический компонент требует уточнения (верификации). Пациент с ХЗВ клинических классов С3–С4 (персистирующий отек) при отсутствии по данным УЗИ признаков венозной обструкции или гемодинамически значимого рефлюкса. В этой ситуации РЛСГ позволяет подтвердить или исключить флелюлимфедему и тем самым обосновать необходимость включения лимфотропной терапии в лечебный план [20, 31, 37].

2. Резистентный к терапии отек после коррекции венозного рефлюкса. Сохранение клинически значимого отека (С3–С5) в течение 8–12 недель после эндовенозного вмешательства при адекватно устраненном венозном рефлюксе. РЛСГ используется для уточнения степени лимфатической дисфункции и коррекции программы компрессионной терапии и реабилитационных мероприятий [13, 26, 27].

3. Определение тактики противоотечной терапии. При наличии выраженного дермального лимфатического рефлюкса и сниженных полуколичественных показателей (CI, LNI) данные РЛСГ служат основанием для раннего усиления противоотечных мероприятий и более тщательного динамического наблюдения [19, 31, 40].

4. Подозрение на смешанный генез отека при клинико-ультразвуковом несоответствии. Отечный синдром непропорционален выраженности венозного рефлюкса по данным УЗИ. В подобных случаях РЛСГ помогает решить задачу дифференциальной диагностики и количественно оценить вклад лимфатического компонента [31].

**Обсуждение.** Совокупность проанализированных данных подтверждает, что лимфатическая дисфункция при ХЗВ является не второстепенным сопутствующим фактором, а патогенетически значимым компонентом, усиливающим отечный синдром и риск трофических осложнений [1, 5, 20, 26, 31]. РЛСГ обладает высоким диагностическим потенциалом для верификации количественной оценки лимфатической дисфункции [13, 26, 37]. Метод позволяет визуализировать патофизиологические паттерны – дермальный рефлюкс, замедление транспорта [24] и рассчитать полуколичественные индексы [19, 29, 40], недоступные рутинным анатомическим методам [7, 13, 37].

Однако, несмотря на очевидную диагностическую ценность, ключевой проблемой остается значительный разрыв между исследовательской информативностью РЛСГ и ее реальным местом в клинической практике. На сегодняшний день РЛСГ не включена в большинство стандартных международных рекомендаций по ведению пациентов с ХЗВ и остается методом, применяемым преимущественно в спорных случаях или в рамках научной работы [19, 31].

На наш взгляд, этот парадокс обусловлен несколькими важнейшими проблемами, требующими решения.

Во-первых, отсутствует стандартизация проведения исследования. Как показывает анализ литературы, клинические протоколы не унифицированы: различаются точки и глубина введения РФП, тип и активность препарата, наличие

и характер физической нагрузки, а также алгоритмы расчета полуколичественных индексов [15, 29, 40]. Эта неоднородность практически исключает межцентровую сопоставимость данных и, что особенно важно, не позволяет установить единые пороговые значения для стратификации риска. Без консенсуса относительно того, что считать нормой, субклинической дисфункцией или декомпенсацией, РЛСГ в восприятии практикующего флеболога уступает в объективности более доступному ультразвуковому сканированию, несмотря на неполноту последнего.

Во-вторых, до сих пор не существует убедительных данных о влиянии тактики ведения, основанной на результатах РЛСГ, на устойчивые клинические исходы. Большинство исследований доказывают диагностическую точность метода (способность выявлять дисфункцию), но не его клиническую эффективность [14, 19, 25, 29, 40].

Для обоснования включения РЛСГ в клинические рекомендации необходимы не описательные серии наблюдений, а проспективные сравнительные исследования. Они должны показать, улучшают ли ранняя диагностика лимфатического компонента с помощью РЛСГ и последующая интенсификация терапии результаты по сравнению со стандартной тактикой, основанной только на клинических данных и ультразвуковом дуплексном сканировании. В таких исследованиях ключевыми конечными точками должны быть не промежуточные инструментальные показатели, а клинически значимые исходы: сроки заживления венозных язв, частота рецидивов трофических нарушений, динамика объективно измеряемого объема конечности и показатели качества жизни.

У пациентов с лимфедемой нижних конечностей данные лимфосцинтиграфии связаны с исходами лимфовенозных анастомозов, что указывает на возможную прогностическую ценность данного метода [18].

В-третьих, необходимо критически оценивать не только организационные, но и внутренние методологические ограничения РЛСГ. К ним относят высокую физиологическую вариабельность, неоднозначность интерпретации замедления транспорта и ограниченные возможности оценки глубокой лимфатической системы.

На сегодняшний день наибольший массив данных по лимфосцинтиграфии конечностей, включая оценку лимфостаза и флеболимфедемы, накоплен именно для  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотопа. В исследованиях с его использованием описаны и валидированы основные полуколичественные индексы. Дополнительным аргументом в пользу  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотопа является широкий опыт его применения в биопсии сторожевых лимфатических узлов при раке молочной железы, меланоме и онкогинекологических заболеваниях; стабильность кинетики лимфотранспорта и узловой фиксации в этих моделях делает данный препарат удобной «платформой» для стандартизированной количественной РЛСГ, в том числе при ХЗВ.

В то же время прямые сравнительные исследования различных лимфотропных РФП именно в когортах пациентов с ХЗВ и флеболимфедемой отсутствуют, что не позволяет обосновать клиническое превосходство какого-либо из препаратов. На практике  $^{99m}\text{Tc}$ -Нанотоп фактически выполняет роль «референсного стандарта», на основе которого сформированы существующие пороговые значения CI, LNI, TIN и других индексов. Задача будущих работ — либо продемонстрировать эквивалентность  $^{99m}\text{Tc}$ -Сентискана по количественным параметрам, либо скорректировать референсные пороги под особенности его кинетики. Такой подход представляется принципиально важным для корректной

интерпретации результатов и сопоставимости данных между центрами. Также важно помнить о юридической стороне применения РФП для РЛСГ: на сегодняшний день <sup>99m</sup>Tc-Нанотоп является единственным РФП, зарегистрированным в Российской Федерации для проведения лимфосцинтиграфии.

**Выводы.** ХЗВ у значительной части пациентов сопровождается вторичной лимфатической дисфункцией – флеболимфедемой, которая выступает патогенетическим компонентом, влияющим на выраженность отеочного синдрома и частоту трофических осложнений. РЛСГ является функциональным методом оценки лимфатического дренажа, обеспечивающим объективную верификацию лимфатического компонента отека и дополняющим анатомически ориентированные и поверхностные методики визуализации. Совокупность качественных и полуколичественных показателей РЛСГ позволяет дифференцировать венозный и смешанный генез отека, оценивать риск трофических нарушений и проводить динамическую оценку эффективности терапии, прежде всего у пациентов клинических классов С3–С6 по CEAP.

Стандартизация протокола РЛСГ и выработка единых подходов к количественному анализу представляются необходимыми условиями для межцентровой сопоставимости данных и применения метода как инструмента стратификации риска. Дальнейшие исследования целесообразно направить на многоцентровую валидацию и уточнение пороговых значений основных полуколичественных индексов, что позволит формализовать место РЛСГ в клинических алгоритмах ведения пациентов с ХЗВ.

#### Литература

1. Диагностика лимфедемы конечностей / П.Н. Мышенцев, С.А. Сушков, С.Е. Каторкин, С.И. Демидов // Флебология. 2017. Т. 11, № 4. С. 228–237. DOI: 10.17116/flebo2017114228-236.
2. Инструкция по медицинскому применению набора «Нанотоп 0,5 мг для приготовления радиофармпрепарата <sup>99m</sup>Tc-Нанотоп» (ПУ № РЗН 2014/1389 от 14.08.2023) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rotor-pharmaka.de/wp-content/uploads/2025/01/SmPC-NanoHSAMRP-RU-rus-02\\_A4.pdf](https://www.rotor-pharmaka.de/wp-content/uploads/2025/01/SmPC-NanoHSAMRP-RU-rus-02_A4.pdf) (дата обращения: 12.01.2026).
3. Непрямая радионуклидная лимфосцинтиграфия в оценке лимфостаза верхних конечностей после лечения рака молочной железы / Е.А. Николаева, С.А. Шаповалов, Е.С. Копосова и др. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2025. Т. 70, № 4. С. 87–95. DOI: 10.33266/1024-6177-2025-70-4-87-95.
4. Особенности радионуклидной диагностики сигнальных лимфатических узлов у больных раком молочной железы с помощью нового отечественного радиофармпрепарата на основе оксида алюминия, меченного <sup>99m</sup>Tc / А.А. Медведева, В.И. Чернов, Р.В. Зельчан и др. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67, № 4. С. 74–79. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-74-79.
5. Флеболимфедема: современные представления и возможности коррекции / К.В. Лобастов, М.Ю. Каплина (Демехова), Ю.А. Кононова и др. // Флебология. 2024. Т. 18, № 4. С. 339–350. DOI: 10.17116/flebo202418041339.
6. Шевчук А.С., Князев Р.И. Биопсия сторожевых лимфатических узлов при онкогинекологических заболеваниях с применением лимфотропного радиофармпрепарата <sup>99m</sup>Tc-Нанотоп. Новосибирск: СибАК, 2025. 48 с.
7. Aron A., Zavaleta C. Current and developing lymphatic imaging approaches for elucidation of functional mechanisms and disease progression. *Molecular Imaging and Biology*, 2024, vol. 26, pp. 1–16. DOI: 10.1007/s11307-023-01827-4.
8. Attaran R.R., Carr J.G. Chronic Venous Disease of the Lower Extremities: A State-of-the Art Review. *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions*, 2023, vol. 2(1), 100538. DOI: 10.1016/j.jscvi.2022.100538.
9. Babaei M., Afrooghe A., Rafati A. et al. Prevalence and associated factors of chronic venous disease among the modern Iranian urban population. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2023, vol. 11(6), pp. 1098–1106. DOI: 10.1016/j.jvs.2023.06.005.
10. Beebe-Dimmer J.L., Pfeifer J.R., Engle J.S., Schottenfeld D. The epidemiology of chronic venous insufficiency and varicose veins. *Annals of Epidemiology*, 2005, vol. 15(3), pp. 175–184. DOI: 10.1016/j.annepidem.2004.05.015.

11. Boisseau M.R. Mechanisms of onset of chronic venous insufficiency (CVI). *Phlebology*, 2003, no. 41, pp. 161–167.
12. Bourgeois P., Leduc O. Value of one additional injection at the root of the limb in the lymphoscintigraphic evaluation and management of primary and secondary lower-limb lymphedemas. *PLoS One*, 2021, vol. 16(7), e0253900. DOI: 10.1371/journal.pone.0253900.
13. Dalia R., Martins G., Barbosa R. et al. Qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in the evaluation of lower limbs lymphedema. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2005, vol. 48, pp. 159–162. DOI: 10.1590/S1516-89132005000700023.
14. Eberhardt R.T., Raffetto J.D. Chronic venous insufficiency. *Circulation*, 2014, vol. 130(4), pp. 333–346. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006898.
15. Ebrahim M., Savitcheva I., Axelsson R. Reliability of a Scoring System for Qualitative Evaluation of Lymphoscintigraphy of the Lower Extremities. *J. Nucl. Med. Technol.*, 2017, vol. 45(3), pp. 219–224. DOI: 10.2967/jnmt.116.185710.
16. Fujiyoshi T., Mikami T., Hashimoto K. et al. Pathological Changes in the Lymphatic System of Patients with Secondary Lower Limb Lymphedema Based on Single Photon-Emission Computed Tomography/Computed Tomography/Lymphoscintigraphy Images. *Lymphatic Research and Biology*, 2022, vol. 20(2), pp. 144–152. DOI: 10.1089/lrb.2021.0040.
17. Gupta R., Mathijs E., Hart J. et al. May-Thurner Syndrome and Lymphedema Reconstruction. Plastic and Reconstructive Surgery – *Global Open*, 2022, vol. 10(6), e4377. DOI: 10.1097/GOX.0000000000004377.
18. Han E.J., Moon J.W., Son J.M. et al. Predicting the Outcome of Lymphovenous Anastomosis for Lower Extremity Lymphedema through Lymphoscintigraphy. *International Journal of Medical Sciences*, 2025, vol. 22(13), pp. 3174–3181. DOI: 10.7150/ijms.111506.
19. Kim P., Lee J., Lim O. et al. Quantitative Lymphoscintigraphy to Predict the Possibility of Lymphedema Development After Breast Cancer Surgery: Retrospective Clinical Study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2017, vol. 41(6), pp. 1065–1075. DOI: 10.5535/arm.2017.41.6.1065.
20. Lee B.B. et al. IUA–ISVI consensus for diagnosis guideline of chronic lymphedema of the limbs. *International Angiology*, 2015, vol. 34(4), pp. 311–332.
21. Lee B.B., Laredo J. Contemporary role of lymphoscintigraphy: we can no longer afford to ignore! *Phlebology: The Journal of Venous Disease*, 2011, vol. 26(5), pp. 177–178. DOI: 10.1258/phleb.2011.011e01.
22. Lee B.B. Phlebolympedema: Neglected Outcome of Combined Venous and Lymphatic Insufficiency. *Vasc Specialist Int.*, 2020, vol. 36(1), pp. 1–3. DOI: 10.5758/vsi.2020.36.1.1.
23. Lurie F., Passman M., Meisner M. et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2020, vol. 8(3), pp. 342–352. DOI: 10.1016/j.jvsv.2019.12.075.
24. Manca G., Trimboli P., Sadeghi R. et al. Novel experience in hybrid tracers: Clinical evaluation of feasibility and efficacy in using ICG-99mTc Nanotop for sentinel node procedure in breast cancer patients. *Clin. Nucl. Med.*, 2021, vol. 46(4), pp. e181–e187. DOI: 10.1097/RLU.00000000000003478.
25. McMeekin H.J., Peters A.M., Burniston M.T., Vadrucci M. Quantitative lymphoscintigraphy of the lower limbs for the diagnosis of phlebolympoedema. *Nuclear Medicine Communications*, 2023, vol. 44(12), pp. 1080–1086. DOI: 10.1097/MNM.0000000000001769.
26. Mortimer P.S., Pearson I.C. Lymphatic function in severe chronic venous insufficiency. *Phlebology*, 2004, no. 44, pp. 253–257.
27. Mortimer P.S., Rockson S.G. New developments in clinical aspects of lymphatic disease. *Journal of Clinical Investigation*, 2014, vol. 124(3), pp. 915–921. DOI: 10.1172/JCI171608.
28. Nagy B.I., Mohos B., Tzou C.J. Imaging Modalities for Evaluating Lymphedema. *Medicina (Kaunas)*, 2023, vol. 59(11), Art. 2016. DOI: 10.3390/medicina59112016.
29. Nganga E.C., Makhdomi K. Comparison of quantitative analysis to qualitative analysis for interpretation of lower-limb lymphoscintigraphy. *World Journal of Nuclear Medicine*, 2019, vol. 18(1), pp. 36–41. DOI: 10.4103/wjnm.WJNM\_17\_18.
30. Nuri T., Yamamoto T., Yoshimatsu H. et al. Lymphoscintigraphy for prediction of effect of lymphaticovenular anastomosis for treatment of secondary lower limb lymphedema. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2022, vol. 10(5), pp. 1079–1086.e2.
31. O'Donnell T.F. Jr., Rasmussen J.C., Sevick-Muraca E.M. New diagnostic modalities in the evaluation of lymphedema. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2017, vol. 5(2), pp. 261–273. DOI: 10.1016/j.jvsv.2016.10.083.
32. Pappalardo M., Cheng M.H. Lymphoscintigraphy for the diagnosis of extremity lymphedema: Current controversies regarding protocol, interpretation, and clinical application. *J. Surg. Oncol.*, 2020, vol. 121(1), pp. 37–47. DOI: 10.1002/jso.25526.
33. Ranzenberger L.R., Pai R.B. Lymphoscintigraphy [Электронный ресурс] // In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563213/> (Accessed Date: 2025, Nov. 14).

34. Rasmussen J.C., Sevick-Muraca E.M., Aldrich M.B. et al. Degradation of lymphatic anatomy and function in early venous insufficiency. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2021, vol. 9(3), pp. 720–730.e2. DOI: 10.1016/j.jvsv.2020.09.007.
35. Sampathirao N., Indirani M., Manokaran G. et al. Assessment of lymphedema with lymphoscintigraphy: Can nodal quantification help? *Lymphology*, 2021, vol. 54, pp. 92–105. DOI: 10.2458/lymph.4730.
36. Sansilvestri-Morel P. et al. Imbalance in the synthesis of collagen types in varicose veins. *Journal of Vascular Research*, 2001, vol. 38, pp. 560–568. DOI: 10.1159/000051092.
37. Szuba A. et al. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema. *Journal of Nuclear Medicine*, 2003, vol. 44(1), pp. 43–57.
38. van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T. et al. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clinical Anatomy*, 2022, vol. 35(6), pp. 701–710. DOI: 10.1002/ca.23867.
39. Vargo M., Aldrich M., Donahue P. et al. Current diagnostic and quantitative techniques in the field of lymphedema management: a critical review. *Medical Oncology*, 2024, vol. 41, Art. 241. DOI: 10.1007/s12032-024-02472-9.
40. Weissleder H., Weissleder R. Lymphedema: evaluation of qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in 238 patients. *Radiology*, 1988, vol. 167(3), pp. 729–735. DOI: 10.1148/radiology.167.3.3363131.
41. Zöller B., Ji J., Sundquist J., Sundquist K. Family history and risk of hospital treatment for varicose veins in Sweden. *British Journal of Surgery*, 2012, vol. 99(7), pp. 948–953. DOI: 10.1002/bjs.8779.

---

**ФОМИНА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА** – доктор медицинских наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, Казань (eefomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0667-6127>).

**ЧЕСНОКОВА АННА СЕРГЕЕВНА** – ординатор, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина, Россия, Москва (anatchesnockowa@yandex.ru).

**БАШИРОВ РУСТЕМ АЛЕКОВИЧ** – ассистент кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, Москва; ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, Казанский государственный медицинский университет, Россия, Казань (bashirov6939@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0128-5605>).

**РЫЖКИН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ** – доктор медицинских наук, член-корреспондент, Академия наук Республики Татарстан, Россия, Казань; заведующий кафедрой радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, Москва; профессор кафедры общей гигиены, Казанский государственный медицинский университет; профессор кафедры медицинской физики, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань (rsa777@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2595-353X>).

**ЗИГАНШИНА ЛИЛИЯ ФАРИДОВНА** – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, Казанский государственный медицинский университет, Россия, Казань (zig.lilia@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-2744-6219>).

**САМОЙЛЕНКО ЛЮДМИЛА ЕВГЕНЬЕВНА** – доктор медицинских наук, профессор кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, Москва (lesamoilenko@gmail.com).

---

Elena E. FOMINA, Anna S. CHESNOKOVA, Rustem A. BASHIROV,  
Sergey A. RYZHKIN, Lilia F. ZIGANSHINA, Lyudmila E. SAMOYLENKO

#### RADIONUCLIDE LYMPHOSCINTIGRAPHY IN MODERN DIAGNOSIS OF CHRONIC VENOUS INSUFFICIENCY

**Key words:** radiation diagnostics, lymphoscintigraphy, technetium-99m, lymphatic insufficiency; phlebolympedema.

The review systematizes modern concepts and substantiates the role of radionuclide lymphoscintigraphy in assessing the lymphatic component in chronic venous insufficiency of the lower extremities. Given the limitations of anatomically oriented techniques (ultrasound diagnostics, magnetic resonance lymphangiography, and indocyanine green fluorescence lymphography),

radionuclide lymphoscintigraphy provides a reproducible assessment of lymphatic drainage, detects early abnormalities, distinguishes between venous and lymphatic contributions to the development of edemas, and enables to monitor the effect of therapy. Special attention is paid to the preparation  $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotope as a widely used nanocolloidal radiopharmaceutical with optimal physico-chemical characteristics for quantitative radionuclide lymphoscintigraphy, as well as issues of results comparability when using alternative preparations. The key scintigraphic signs of lymphatic dysfunction are systematized and their clinical significance is analyzed. Integration of radionuclide lymphoscintigraphy into examination algorithms for chronic venous insufficiency increases the accuracy of phlebolymphe-dema verification and supports personalized treatment choice.

## References

1. Myshentsev P.N., Sushkov S.A., Katorkin S.E., Demidov S.I. *Diagnostika limfedemy konechnostei* [Diagnostics of lower limb lymphedema]. *Flebologiya*, 2017, vol. 11, no. 4, pp. 228–237. DOI: 10.17116/flebo2017114228-236.
2. *Instruktsiya po meditsinskomu primeniyu nabora "Nanotop 0.5 mg dlya prigotovleniya radiofarmpreparata  $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotop"* [Instructions for medical use of the kit "Nanotop 0.5 mg for the preparation of the radiopharmaceutical  $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotop"]. (RU No. RZN 2014/1389 dated 2023, Aug. 14). Available at: [https://www.rotop-pharmaka.de/wp-content/uploads/2025/01/SmPC-NanoHSAMRP-RU-rus-02\\_A4.pdf](https://www.rotop-pharmaka.de/wp-content/uploads/2025/01/SmPC-NanoHSAMRP-RU-rus-02_A4.pdf) (Accessed Date: 2026, Jan. 12).
3. Nikolaeva E.A., Shapovalov S.A., Kuposova E.S. et al. *Nepryamaya radionuklidnaya limfostsintigrafiya v otsenke limfostaza verkhnikh konechnostei posle lecheniya raka molochnoi zhelezy* [Indirect radionuclide lymphoscintigraphy in the assessment of upper limb lymphostasis after breast cancer treatment]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost*, 2025, vol. 70, no. 4, pp. 87–95. DOI: 10.33266/1024-6177-2025-70-4-87-95.
4. Medvedeva A.A., Chernov V.I., Zel'chan R.V. et al. *Osobennosti radionuklidnoi diagnostiki signal'nykh limfaticeskikh uzlov u bol'nykh rakom molochnoi zhelezy s pomoshch'yu novogo otechestvennogo radiofarmpreparata na osnove oksida alyuminiya, mechnogo  $^{99m}\text{Tc}$*  [Peculiarities of radionuclide diagnosis of sentinel lymph nodes in breast cancer patients using a new domestic radiopharmaceutical based on  $^{99m}\text{Tc}$ -labeled gamma-aluminum oxide]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost*, 2022, vol. 67, no. 4, pp. 74–79. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-74-79.
5. Lobastov K.V., Kaplina (Demekhova) M.Yu., Kononova Yu.A. et al. *Flebolimfedema: sovremennye predstavleniya i vozmozhnosti korrektsii* [Phlebolymphe-dema: modern concepts and possibilities for correction]. *Flebologiya*, 2024, vol. 18, no. 4, pp. 339–350. DOI: 10.17116/flebo202418041339.
6. Shevchuk A.S., Knyazev R.I. *Biopsiya storozhevykh limfaticeskikh uzlov pri onkoginekologicheskikh zabolevaniyakh s primeneniem limfotropnogo radiofarmpreparata  $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotop* [Sentinel lymph node biopsy in gynecologic oncology using the lymphotropic radiopharmaceutical  $^{99m}\text{Tc}$ -Nanotop]. Novosibirsk, SibAK Publ., 2025, 48 p.
7. Aron A., Zavaleta C. Current and developing lymphatic imaging approaches for elucidation of functional mechanisms and disease progression. *Molecular Imaging and Biology*, 2024, vol. 26, pp. 1–16. DOI: 10.1007/s11307-023-01827-4.
8. Attaran R.R., Carr J.G. Chronic Venous Disease of the Lower Extremities: A State-of-the Art Review. *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions*, 2023, vol. 2(1), 100538. DOI: 10.1016/j.jscai.2022.100538.
9. Babaei M., Afrooghe A., Rafati A. et al. Prevalence and associated factors of chronic venous disease among the modern Iranian urban population. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2023, vol. 11(6), pp. 1098–1106.e10. DOI: 10.1016/j.jvsv.2023.06.005.
10. Beebe-Dimmer J.L., Pfeifer J.R., Engle J.S., Schottenfeld D. The epidemiology of chronic venous insufficiency and varicose veins. *Annals of Epidemiology*, 2005, vol. 15(3), pp. 175–184. DOI: 10.1016/j.annepidem.2004.05.015.
11. Boisseau M.R. Mechanisms of onset of chronic venous insufficiency (CVI). *Phlebology*, 2003, no. 41, pp. 161–167.
12. Bourgeois P., Leduc O. Value of one additional injection at the root of the limb in the lymphoscintigraphic evaluation and management of primary and secondary lower-limb lymphedemas. *PLoS One*, 2021, vol. 16(7), e0253900. DOI: 10.1371/journal.pone.0253900.
13. Dalia R., Martins G., Barbosa R. et al. Qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in the evaluation of lower limbs lymphedema. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2005, vol. 48, pp. 159–162. DOI: 10.1590/S1516-89132005000700023.
14. Eberhardt R.T., Raffetto J.D. Chronic venous insufficiency. *Circulation*, 2014, vol. 130(4), pp. 333–346. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006898.

15. Ebrahim M., Savitcheva I., Axelsson R. Reliability of a scoring system for qualitative evaluation of lymphoscintigraphy of the lower extremities. *J. Nucl. Med. Technol.*, 2017, vol. 45(3), pp. 219–224. DOI: 10.2967/jnmt.116.185710.
16. Fujiyoshi T., Mikami T., Hashimoto K. et al. Pathological changes in the lymphatic system of patients with secondary lower limb lymphedema based on single photon-emission computed tomography/computed tomography/lymphoscintigraphy images. *Lymphatic Research and Biology*, 2022, vol. 20(2), pp. 144–152. DOI: 10.1089/lrb.2021.0040.
17. Gupta R., Mathijs E., Hart J. et al. May-Thurner syndrome and lymphedema reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*, 2022, vol. 10(6), e4377. DOI: 10.1097/GOX.00000000000004377.
18. Han E.J., Moon J.W., Son J.M. et al. Predicting the outcome of lymphovenous anastomosis for lower extremity lymphedema through lymphoscintigraphy. *International Journal of Medical Sciences*, 2025, vol. 22(13), pp. 3174–3181. DOI: 10.7150/ijms.111506.
19. Kim P., Lee J., Lim O. et al. Quantitative lymphoscintigraphy to predict the possibility of lymphedema development after breast cancer surgery: retrospective clinical study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2017, vol. 41(6), pp. 1065–1075. DOI: 10.5535/arm.2017.41.6.1065.
20. Lee B.B. et al. IUA–ISVI consensus for diagnosis guideline of chronic lymphedema of the limbs. *International Angiology*, 2015, vol. 34(4), pp. 311–332.
21. Lee B.B., Laredo J. Contemporary role of lymphoscintigraphy: we can no longer afford to ignore! *Phlebology: The Journal of Venous Disease*, 2011, vol. 26(5), pp. 177–178. DOI: 10.1258/phleb.2011.0111e01.
22. Lee B.B. Phlebolympheidema: neglected outcome of combined venous and lymphatic insufficiency. *Vasc Specialist Int.*, 2020, vol. 36(1), pp. 1–3. DOI: 10.5758/vsi.2020.36.1.1.
23. Lurie F., Passman M., Meisner M. et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2020, vol. 8(3), pp. 342–352. DOI: 10.1016/j.jvsv.2019.12.075.
24. Manca G., Trimboli P., Sadeghi R. et al. Novel experience in hybrid tracers: clinical evaluation of feasibility and efficacy in using ICG-99mTc Nanotop for sentinel node procedure in breast cancer patients. *Clin. Nucl. Med.*, 2021, vol. 46(4), pp. e181–e187. DOI: 10.1097/RLU.00000000000003478.
25. McMeekin H.J., Peters A.M., Burniston M.T., Vadrucci M. Quantitative lymphoscintigraphy of the lower limbs for the diagnosis of phlebolympheidema. *Nuclear Medicine Communications*, 2023, vol. 44(12), pp. 1080–1086. DOI: 10.1097/MNM.00000000000001769.
26. Mortimer P.S., Pearson I.C. Lymphatic function in severe chronic venous insufficiency. *Phlebology*, 2004, no. 44, pp. 253–257.
27. Mortimer P.S., Rockson S.G. New developments in clinical aspects of lymphatic disease. *Journal of Clinical Investigation*, 2014, vol. 124(3), pp. 915–921. DOI: 10.1172/JCI71608.
28. Nagy B.I., Mohos B., Tzou C.J. Imaging modalities for evaluating lymphedema. *Medicina (Kaunas)*, 2023, vol. 59(11), art. 2016. DOI: 10.3390/medicina59112016.
29. Nganga E.C., Makhdomi K. Comparison of quantitative analysis to qualitative analysis for interpretation of lower-limb lymphoscintigraphy. *World Journal of Nuclear Medicine*, 2019, vol. 18(1), pp. 36–41. DOI: 10.4103/wjnm.WJNM\_17\_18.
30. Nuri T., Yamamoto T., Yoshimatsu H. et al. Lymphoscintigraphy for prediction of effect of lymphaticovenular anastomosis for treatment of secondary lower limb lymphedema. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2022, vol. 10(5), pp. 1079–1086.e2.
31. O'Donnell T.F. Jr., Rasmussen J.C., Sevick-Muraca E.M. New diagnostic modalities in the evaluation of lymphedema. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2017, vol. 5(2), pp. 261–273. DOI: 10.1016/j.jvsv.2016.10.083.
32. Pappalardo M., Cheng M.H. Lymphoscintigraphy for the diagnosis of extremity lymphedema: current controversies regarding protocol, interpretation, and clinical application. *J. Surg. Oncol.*, 2020, vol. 121(1), pp. 37–47. DOI: 10.1002/jso.25526.
33. Ranzenberger L.R., Pai R.B. Lymphoscintigraphy. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL), StatPearls Publishing, 2025. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563213/> (Accessed: 2025, Nov. 14).
34. Rasmussen J.C., Sevick-Muraca E.M., Aldrich M.B. et al. Degradation of lymphatic anatomy and function in early venous insufficiency. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, 2021, vol. 9(3), pp. 720–730.e2. DOI: 10.1016/j.jvsv.2020.09.007.
35. Sampathirao N., Indirani M., Manokaran G. et al. Assessment of lymphedema with lymphoscintigraphy: can nodal quantification help? *Lymphology*, 2021, vol. 54, pp. 92–105. DOI: 10.2458/lymph.4730.
36. Sansilvestri-Morel P. et al. Imbalance in the synthesis of collagen types in varicose veins. *Journal of Vascular Research*, 2001, vol. 38, pp. 560–568. DOI: 10.1159/000051092.

37. Szuba A. et al. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema. *Journal of Nuclear Medicine*, 2003, vol. 44(1), pp. 43–57.

38. van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T. et al. The lymphatic system throughout history: from hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clinical Anatomy*, 2022, vol. 35(6), pp. 701–710. DOI: 10.1002/ca.23867.

39. Vargo M., Aldrich M., Donahue P. et al. Current diagnostic and quantitative techniques in the field of lymphedema management: a critical review. *Medical Oncology*, 2024, vol. 41, art. 241. DOI: 10.1007/s12032-024-02472-9.

40. Weissleder H., Weissleder R. Lymphedema: evaluation of qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in 238 patients. *Radiology*, 1988, vol. 167(3), pp. 729–735. DOI: 10.1148/radiology.167.3.3363131.

41. Zöller B., Ji J., Sundquist J., Sundquist K. Family history and risk of hospital treatment for varicose veins in Sweden. *British Journal of Surgery*, 2012, vol. 99(7), pp. 948–953. DOI: 10.1002/bjs.8779.

---

**ELENA E. FOMINA – Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Ultrasound Diagnostics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Russia, Kazan (eefomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0667-6127>).**

**ANNA S. CHESNOKOVA – Resident Physician, N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Russia, Moscow (anatchesnockowa@yandex.ru).**

**RUSTEM A. BASHIROV – Assistant Professor, Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov; Assistant Lecturer, Department of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Russia, Kazan (bashirov6939@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0128-5605>).**

**SERGEY A. RYZHKIN – Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member, Tatarstan Academy of Sciences, Russia, Kazan; Head of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Russia, Moscow; Professor, Department of General Hygiene, Kazan State Medical University, Russia, Kazan; Professor, Department of Medical Physics, Institute of Physics, Kazan (Volga Region) Federal University (rsa777@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2595-353X>).**

**LILIA F. ZIGANSHINA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Russia, Kazan (zig.lilia@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-2744-6219>).**

**LYUDMILA E. SAMOYLENKO – Doctor of Medical Sciences, Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Russia, Moscow (lesamoylenko@gmail.com).**

---

**Формат цитирования:** Радионуклидная лимфосцинтиграфия в современной диагностике хронической венозной недостаточности [Электронный ресурс] / Е.Е. Фомина, А.С. Чеснокова, Р.А. Баширов и др. // Acta medica Eurasica. 2026. № 1. С. 76–90. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2026/1/8>. DOI: 10.47026/2413-4864-2026-1-76-90.