



ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ ОТЕКАХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

С.В. САПЕЛКИН*, Т.В. АПХАНОВА**, О.В. ЮРОВА**, Л.Г. АГАСАРОВ**, О.В. ЯРОШЕНКО***

* ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ, ул. Большая Серпуховская, дом 27, г. Москва, 115093, Россия

** ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» МЗ РФ, ул. Новый Арбат, д. 32, г. Москва, 121099, Россия

*** ФГБУ «Объединенная больница и поликлиника УДП РФ», Мичуринский пр-т, д. 6, г. Москва, 119285, Россия

Аннотация. Визуализирующая методика лимфосцинтиграфии в настоящее время является «золотым стандартом» диагностики лимфатических отеков, однако отсутствие стандартного протокола проведения исследования и интерпретации результатов затрудняет широкое практическое применение данного метода в российской практике. **Цель исследования** – разработка клинических критериев диагностики при хронических лимфатических отеках нижних конечностей на основе морфофункциональных нарушений лимфатического транспорта, выявляемых при лимфосцинтиграфии. **Материалы и методы исследования.** Для визуализации лимфатического оттока из нижних конечностей применяли изотопную лимфосцинтиграфию по разработанному нами протоколу исследования с использованием меченого коллоидного изотопа технеция ($Tc-99m$) в дозе – 600 МБк и получением последовательной серии изображений обеих конечностей: ранних – через 20 минут после инъекции радиофармпрепарата и отсроченных – через 2 часа после инъекции с помощью гибридного ОФЭКТ-КТ томографа (*Siemens Symbia T16*, Германия). Проводили качественную и полуколичественную оценку лимфатического транспорта и морфофункциональных изменений лимфатических сосудов и лимфатических узлов нижних конечностей с расчетом транспортного индекса по методу *Kleinhaus* (1985 г.) для каждой конечности. **Результаты и их обсуждение.** Лимфосцинтиграфия проведена 160 пациентам с хроническим лимфатическим отеком нижних конечностей (320 конечностей). Определены показатели визуализации интактной лимфатической системы по данным лимфосцинтиграфии – это симметричная своевременная эвакуация и движение радиофармпрепарата в конечностях, визуализация лимфатических сосудов на всем протяжении конечности, ранняя визуализация регионарных лимфатических узлов: в пределах 15-20 минут. При качественной лимфосцинтиграфии выявлены следующие морфофункциональные нарушения лимфатической системы нижних конечностей: асимметричная визуализация регионарных лимфатических узлов и коллекторов; отсутствие визуализации регионарных лимфатических узлов и коллекторов, кожный обратный поток; прерывистые, расширенные за счет дилатации лимфатические коллекторы; коллатеральные лимфатические коллекторы; уменьшение числа регионарных лимфатических узлов; «депо» радиофармпрепарата в мягких тканях нижних конечностей. При полуколичественной оценке лимфатического транспорта рассчитаны средние показатели транспортного индекса при различных клинических формах хронических лимфатических отеков нижних конечностей: при классической лимфедеме транспортного индекса составил $31,08 \pm 1,56$ баллов, при флеболимфедеме – $18,69 \pm 1,31$ баллов, при липолимфедеме – $8,68 \pm 0,60$ баллов, при лимфедеме, связанной с лечением рака – $42,0 \pm 0,64$ баллов. Чувствительность качественной лимфосцинтиграфии в диагностике лимфедемы составляет 78,0%, количественной лимфосцинтиграфии – 100%. **Заключение.** Ценность методов визуализация лимфатического транспорта неопределима на этапе стратификации рисков прогрессирования отеков, планирования тактики ведения пациентов, построения корректных программ реабилитации и контроля за лимфатическими отеками. Построенная на основании выявленных дефектов контрастирования лимфатических узлов и лимфатических сосудов долгосрочная персонализированная программа реабилитации позволит предотвратить прогрессирование заболевания и развитие запущенных стадий, а также повысить эффективность лечения.

Ключевые слова: лимфедема, лимфосцинтиграфия, радиофармпрепарат, транспортный индекс, отеки, нижние конечности.

DIAGNOSTIC VALUE OF VISUALIZATION OF THE LYMPHATIC SYSTEM
WITH CHRONIC LYMPHATIC EDEMA OF THE LOWER EXTREMITIES

S.V. SAPELKIN*, T.V. APKHANOVA **, O.V. YUROVA **, L.G. AGASAROV **, O.V. YAROSHENKO ***

*FSBI "A.V. Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Bolshaya Serpukhovskaya Str., 27, Moscow, 115093, Russia

**FSBI "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novy Arbat str., 32, Moscow, 121099, Russia

***FSBI "United Hospital and Polyclinic of the UDP of the Russian Federation", Michurinsky Ave., 6, Moscow, 119285, Russia

Abstract. The imaging technique of lymphoscintigraphy is currently the "gold standard" for the diagnosis of lymphatic edema, however, the lack of a standard protocol for conducting the study and interpreting the results makes it difficult to widely apply this method in Russian practice. **The aim of the study** was to develop clinical diagnostic criteria for chronic lymphatic edema of the lower extremities based on morphofunctional disorders of lymphatic transport detected by lymphoscintigraphy. **Materials and methods of research.** To visualize the lymphatic outflow from the lower extremities, isotopic lymphoscintigraphy was used according to the research protocol developed by us using a labeled colloidal isotope of technetium (Tc-99m) at a dose of 600 MBq and obtaining a sequential series of images of both limbs: early – 20 minutes after injection of the radiopharmaceutical and delayed – 2 hours after injection using hybrid SPECT–CT scanner (Simens Symbia T16, Germany). A qualitative and semi-quantitative assessment of lymphatic transport and morphofunctional changes in lymphatic vessels and lymph nodes of the lower extremities was carried out with the calculation of the transport index using the Kleinhans method (1985) for each limb. **Results and their discussion.** Lymphoscintigraphy was performed in 160 patients with chronic lymphatic edema of the lower extremities (320 limbs). The indicators of visualization of the intact lymphatic system according to lymphoscintigraphy were determined – this is symmetrical timely evacuation and movement of radiopharmaceutical in the extremities, visualization of lymphatic vessels throughout the limb, early visualization of regional lymph nodes: within 15-20 minutes. Qualitative lymphoscintigraphy revealed the following morphofunctional disorders of the lymphatic system of the lower extremities: asymmetric visualization of regional lymph nodes and collectors; lack of visualization of regional lymph nodes and collectors, cutaneous backflow; intermittent, dilated lymphatic collectors; collateral lymphatic collectors; reduction in the number of regional lymph nodes; radiopharmaceutical depot in the soft tissues of the lower extremities. With a semi-quantitative assessment of lymphatic transport, the average indicators of the transport index were calculated for various clinical forms of chronic lymphatic edema of the lower extremities: with classical lymphedema, the transport index was 31.08 ± 1.56 points, with phlebolymphe-
dema – 18.69 ± 1.31 points, with lipolymphe-
dema – 8.68 ± 0.60 points, with lymphedema associated with cancer treatment - 42.0 ± 0.64 points. The sensitivity of qualitative lymphoscintigraphy in the diagnosis of lymphedema is 78.0%, quantitative lymphoscintigraphy is 100%. **Conclusion.** The value of the methods of visualization of lymphatic transport is invaluable at the stage of stratification of the risks of edema progression, planning of patient management tactics, building correct rehabilitation programs and monitoring of lymphatic edema. A long-term personalized rehabilitation program based on the identified defects in the contrast of lymph nodes and lymph vessels will prevent the progression of the disease and the development of advanced stages, as well as increase the effectiveness of treatment.

Keywords: lymphedema, lymphoscintigraphy, radiopharmaceutical, transport index, edema, lower extremities.

Введение. Лечение хронических лимфатических отеков нижних конечностей (ХЛОНК) или периферической лимфедемы представляет серьезную медицинскую и социально-экономическую проблему, обусловленную широкой распространенностью заболевания во всем мире [7, 11]. Новая патогенетическая концепция больше не рассматривает хронический лимфатический отек как простое состояние статичного отека пораженной конечности, обусловленного обструкцией лимфатического транспорта и лимфодренажа, как это определено в старой концепции ХЛОНК [8]. Современная парадигма ХЛОНК, основанная на ревизии закона Старлинга (гликокаликсной модели транскапиллярной фильтрации), при которой не происходит ожидаемой реабсорбции интерстициальной жидкости через венулы, и весь объем интерстициальная жидкость возвращается в кровоток через лимфатическую систему [9, 10], рассматривает лимфатические отеки в тесной связи с венозным оттоком (двойная система оттока) из нижних конечностей. В этой связи возрастает диагностическая ценность визуализации лимфатической системы нижних конечностей для определения выраженности лимфатической дисфункции и определения тактики дальнейшего лечения пациентов с различными формами ХЛОНК. Концепция «VAIL» (venous, arterial,

integumentary and lymphatic systems) рассматривает все отеки как лимфатические, в тесной взаимосвязи венозной, артериальной и лимфатической сосудистых систем. Дисфункция в одной системе приводит к дисфункции в других системах (может наблюдаться субклинический или манифестирующий отеки) [5].

Прогрессирование лимфатических отеков приводит к развитию слоновости и многочисленных осложнений, включающих бактериальную и грибковую инфекцию, дерматолипофиброз с хроническим воспалением, а также злокачественные новообразования (саркома Капоши; лимфангиосаркома). В этих случаях отмечаются долгосрочные физические и психологические трудности для пациентов, существенно снижающие качество жизни и трудоспособность [1, 11]. Ведение пациентов с ХЛОНК остается сложной задачей для врачей разных профилей. Но, в настоящее время существуют эффективные методы лечения хронических лимфатических отеков, которые могут быть реализованы после визуализации нарушений лимфатического оттока с помощью радиоизотопной *лимфосцинтиграфии* (ЛСГ).

Визуализирующая методика ЛСГ в настоящее время является «золотым стандартом» диагностики лимфатических отеков [4]. Метод ЛСГ отвечает таким требованиям, как неинвазивность, воспроизводимость и достоверность [12, 13]. Изотопная ЛСГ позволяет качественно и количественно оценить морфофункциональную структуру, а также уровень и объем поражения лимфатической системы конечностей. Отсутствие стандартного протокола проведения исследования и интерпретации результатов затрудняет широкое практическое применение данного метода в российской практике.

Существующие многочисленные методы консервативного лечения, в том числе, физиотерапевтические, как правило, применяются бессистемно и стихийно, без четких дифференцированных показаний, не учитывающих степень нарушения (наличие или отсутствие) дренажной функции регионарных лимфатических узлов, а также уровень и объем поражения лимфатических коллекторов нижних конечностей, что сопровождается отсутствием продолжительного стойкого эффекта и дискредитирует данные методы в глазах пациентов и специалистов.

Наряду с классической лимфедемой, по этиологии разделяющейся на первичную и вторичную формы, в клинической практике все чаще встречаются комбинированные формы ХЛОНК: *флеболимфедема* (ФЛЭ), *липолимфедема* (ЛЛЭ), а также лимфедема, связанная с радикальным лечением рака органов малого таза (*ЛСЛР/Cancer Related Lymphedema*). В основе каждой из комбинированных форм заложены специфические, патогенетически обусловленные механизмы развития и прогрессирования отеков, которые требуют детального изучения для разработки предикторов эффективности, на которые необходимо воздействовать в процессе лечения.

Цель исследования – разработка клинических критериев диагностики при хронических лимфатических отеках нижних конечностей на основе морфофункциональных нарушений лимфатического транспорта, выявляемых при лимфосцинтиграфии.

В задачи исследования входило:

1. Изучить особенности визуализации морфофункциональных изменений лимфатической системы нижних конечностей, выявляемых при различных формах и стадиях хронических лимфатических отеков нижних конечностей при помощи неинвазивного метода лучевой диагностики (изотопной лимфосцинтиграфии).

2. Разработать оптимальный алгоритм диагностики и лечения больных лимфедемой нижних конечностей в зависимости от вариантов морфофункциональных изменений лимфатической системы нижних конечностей при различных формах хронических лимфатических отеков нижних конечностей.

3. Изучить предикторы лимфатической недостаточности на основе анализа визуализации морфофункциональных изменений лимфатической системы нижних конечностей.

Материалы и методы исследования. Визуализацию лимфатического оттока из нижних конечностей проводили с использованием изотопной *лимфосцинтиграфии* (ЛСГ).

После внутрикожного введения меченного коллоидного изотопа технеция (*Tc-99m*) в дозе – 600 МБк в область первого межпальцевого промежутка обеих стоп проводили последовательную серию визуализации лимфатического транспорта *радиофармпрепарата* (РФП) с помощью гибридного ОФЭКТ-КТ томографа (*Siemens Symbia T16*, Германия) с получением изображений обеих конечностей: ранних – через 20 минут после инъекции и отсроченных – через 2 часа после инъекции. После получения первой серии изображений пациентам проводился стресс-метод с физической нагрузкой (ходьба, приседания, подъем по лестнице) для стимулирования транспорта РФП по лимфатическим коллекторам и накопления РФП в лимфатических узлах.

Изотоп *Tc-99m* характеризуется коротким периодом полураспада (6 часов) и почти полностью распадается в течение 24 часов, что обеспечивало низкую лучевую нагрузку.

Качественно оценивались трассирующее исчезновение РФП из места инъекции, накопление «депо» РФП в мягких тканях конечностей, визуализация лимфатических сосудов, накопление радиоизотопа в лимфатических узлах и их количество, последующее выведение РФП из лимфоузлов для качественной оценки лимфатического транспорта. Также проводилась полуколичественная оценка

лимфатической визуализации для оценки транспортной функции лимфатической системы с определением скорости эвакуации (клиренса) РФП из места введения до регионарных лимфоузлов и степени поглощения РФП регионарными лимфатическими узлами. Для этого рассчитывали *транспортный индекс* (ТИ) по методу *Kleinhans* (1985 г.) для каждой конечности, с расчетом пяти показателей по шкале от 0 до 9 баллов [6]. Время до *визуализации регионарных узлов* (*T*), *распределение РФП* (*D*), *транспортная кинетика* (*K*) и *визуализация лимфатических сосудов* (*V*) и *лимфатических узлов* (*N*) подсчитывались индивидуально по балльной шкале, указанной в табл. 1.

Таблица 1

Балльная оценка компонентов транспортного индекса (ТИ)

Компоненты ТИ	Баллы по шкале			
	0	3	5	9
Транспортная кинетика (<i>K</i>)	Без задержки	Средняя задержка	Экстр. задержка	Нет потока
Распределение РФП (<i>D</i>)	Нормальное	Частичный кожный ток	Диффузный кожный ток	Нет потока
Индекс времени <i>0,04T</i>	Время в минутах для появления регионарных лимфатических узлов (<i>T</i>), умноженное на 0,04			
Лимфатические узлы (интенсивность визуализации – <i>N</i>)	Нормальная	Видимы	Уменьшенная, едва видимы	Не видимы
Лимфатические сосуды (визуализация – <i>V</i>)	Нормальная	Видимы	Уменьшенная, едва видимы	Не видимы

Примечание: Нормальный ТИ <5,0 баллов. ТИ имеет диапазон от 0 до 45 баллов и высчитывался путем суммирования пяти компонентов по формуле: $TI = K + D + 0,04T + N + V$

ЛСГ проводилась на базе отделения радиоизотопной диагностики ФГБУ «Объединенная больница и поликлиника УДП РФ» (г. Москва).

Результаты и их обсуждение. ЛСГ проведена 160 пациентам с ХЛОНК (320 конечностей). Определены показатели визуализации интактной лимфатической системы по данным ЛСГ – это симметричная своевременная эвакуация и движение РФП в конечностях, визуализация *лимфатических сосудов* (ЛС) на всем протяжении конечности, ранняя визуализация регионарных *лимфатических узлов* (ЛУ): в пределах 15-20 минут. Визуализацию подколенных лимфатических узлов, наличие лимфовенозного шунтирования расценивали как проявление лимфатической дисфункции.

Морфофункциональные нарушения лимфатической системы нижних конечностей при качественной лимфосцинтиграфии. Морфофункциональные нарушения лимфатической системы нижних конечностей, выявленные при качественной ЛСГ, включали следующие характерные патологические изменения: асимметричная визуализация регионарных лимфатических узлов и коллекторов; отсутствие визуализации регионарных лимфатических узлов и коллекторов, кожный обратный поток; прерывистые, расширенные за счет дилатации лимфатические коллекторы; коллатеральные лимфатические коллекторы; уменьшение числа регионарных лимфатических узлов; «депо» РФП в мягких тканях нижних конечностей.

Асимметричная визуализация регионарных лимфатических узлов и коллекторов характеризовалась несимметричной односторонней несколько замедленной эвакуацией РФП из места инъекции в большей степени на стороне поражения; неравномерным плохо визуализирующимся просветом ЛС с неравномерным, местами суженным фрагментарным просветом; слабым заполнением ЛС и менее интенсивным накоплением РФП в регионарных ЛУ (рис. 1).

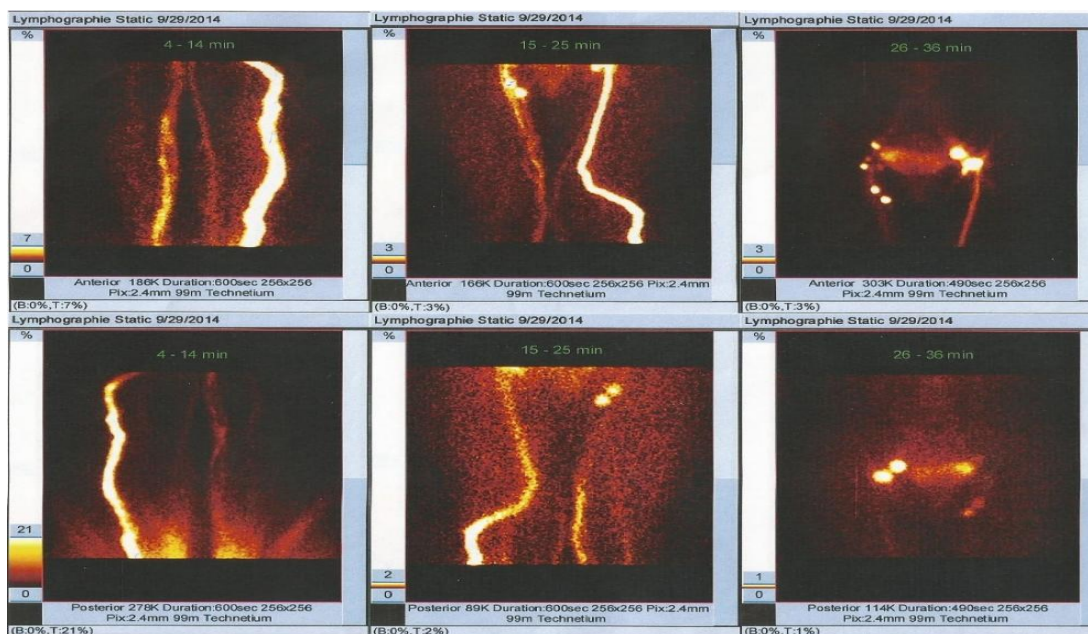


Рис. 1. Ассиметричная визуализация регионарных лимфатических узлов. Пациентка Ц., 49 лет: Отмечается несколько замедленная эвакуация РФП, в большей степени слева; на левой голени эвакуация РФП проходила по лимфатическим сосудам вдоль МПВ с последующим перетоком на уровне нижней трети бедра в ЛС вдоль глубоких вен; слева отмечен неравномерный слабо визуализирующийся просвет ЛС вдоль БПВ; справа визуализировались ЛС вдоль БПВ с неравномерным фрагментарным просветом, местами суженным; слабое заполнение ЛС вдоль глубоких вен; нормальная визуализация бедренных ЛУ справа (через 15 минут), паховых ЛУ с обеих сторон, более интенсивнее слева

Отсутствие визуализации регионарных лимфатических узлов и коллекторов проявлялось отсутствием визуализации паховых, бедренных и /или позвздошных групп ЛУ на стороне поражения при ранней визуализации (21 минута) и на отсроченных изображениях (через 2 часа после введения РФП) (рис. 2-4).

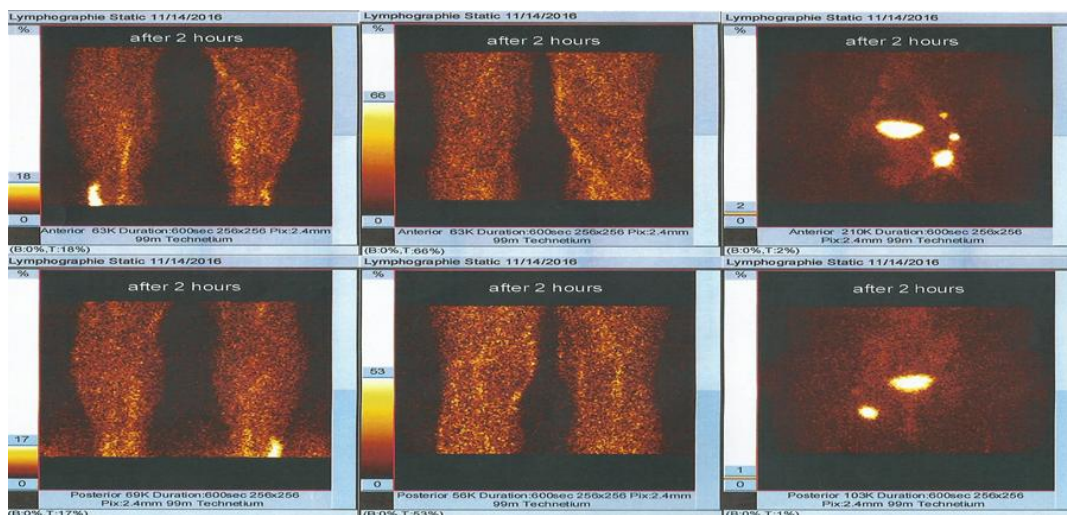


Рис. 2. Отсутствие визуализации регионарных лимфатических узлов и коллекторов. Пациент М., 38 лет: замедленная эвакуация РФП после инъекции РФП с обеих сторон, более выраженная справа; визуализация ЛС с неравномерным просветом, местами резко суженным, вдоль БПВ и глубоких вен голени и бедер, преимущественно справа; отсутствие визуализации бедренных групп ЛУ с обеих сторон к 21 минуте; через 2 часа после введения РФП на отсроченных изображениях отмечена диффузная задержка РФП в мягких тканях обеих нижних конечностей, более выраженная на уровне нижней трети правой голени в области латеральной поверхности, визуализация бедренных и паховых ЛУ слева, отсутствие визуализации паховых и бедренных ЛУ справа

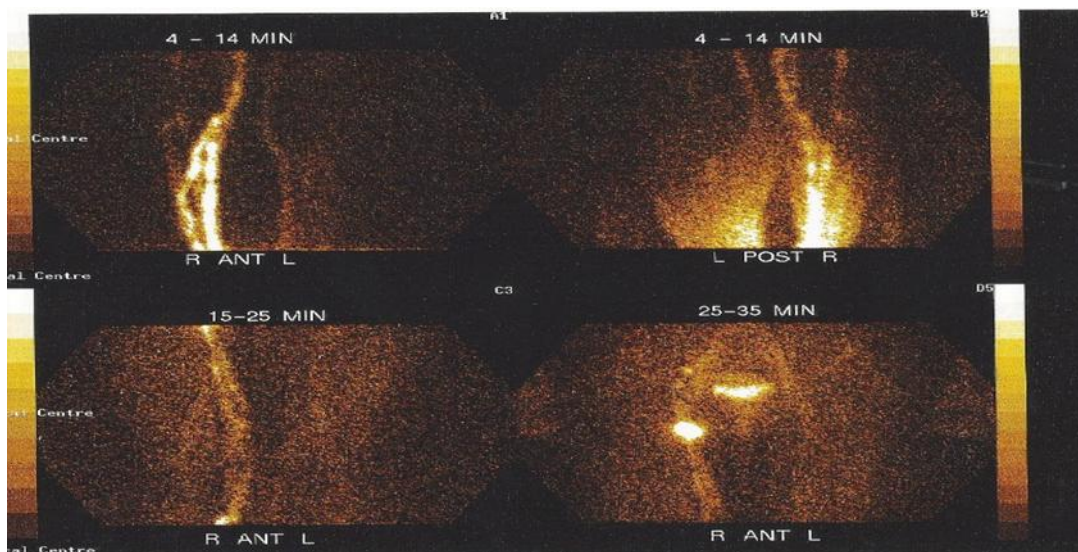


Рис. 3. Пациентка К., 19 лет: справа отмечена несколько замедленная эвакуация РФП, по ЛС вдоль БПВ, с неравномерным просветом; слева резко замедленная эвакуация РФП, на голени резко суженный слабо визуализирующийся ЛС с резко суженным просветом, отсутствие визуализации ЛС на бедре слева, отсутствие визуализации бедренных и подвздошных ЛУ слева, справа визуализировались бедренные и паховые ЛУ

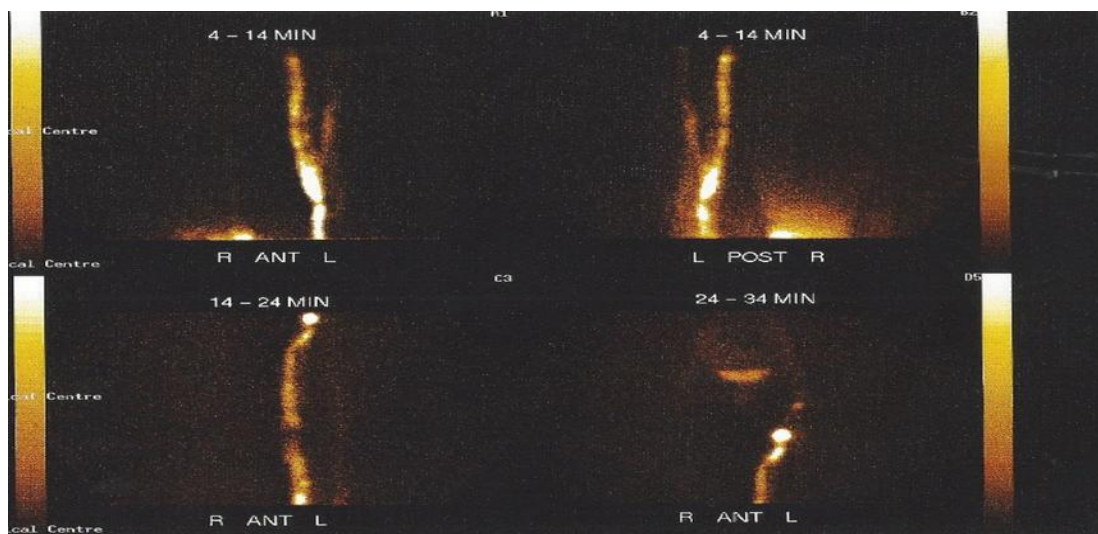


Рис. 4. Пациентка С., 40 лет: Справа замедленная диффузная эвакуация РФП, отсутствие визуализации ЛС, обратный кожный поток на уровне нижней трети голени.

Кожный обратный поток был обусловлен малыми коллатеральными лимфатическими сосудами (*Dermal Backflow (DBF)*) и может рассматриваться как лимфатический рефлюкс, обусловленный недостаточностью лимфатических клапанов (рис. 5).

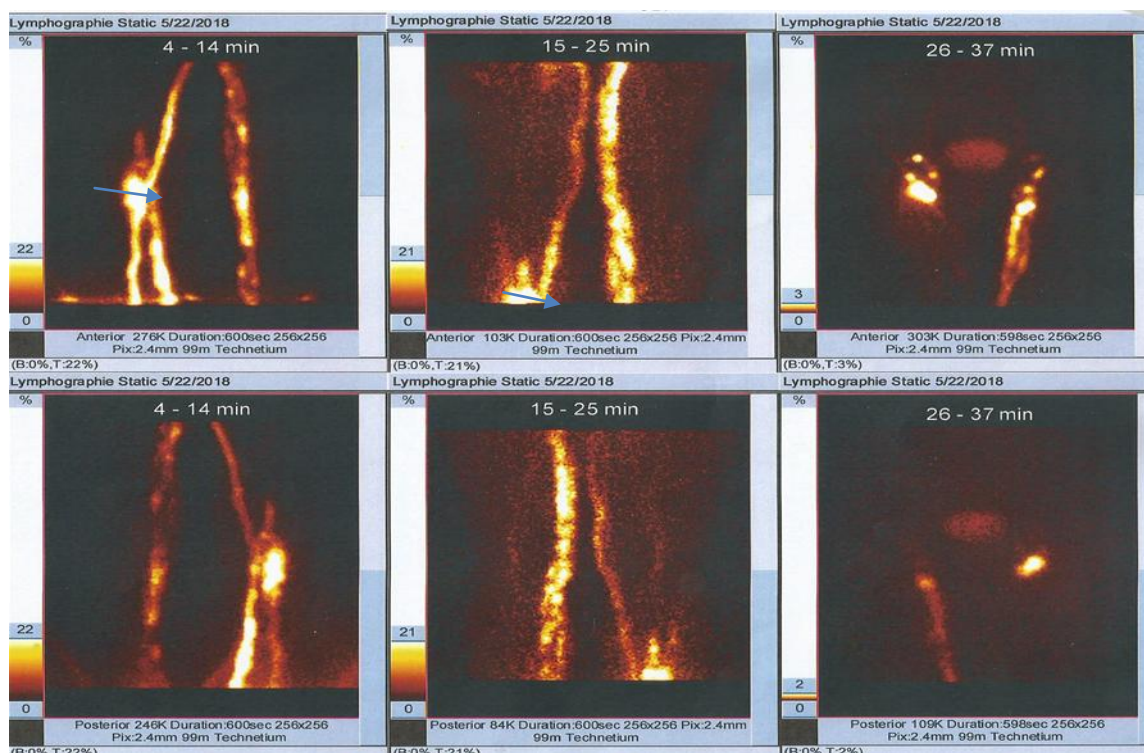


Рис. 5. Кожный обратный ток. Пациентка Б., 36 лет: отмечается своевременная ассиметричная эвакуация РФП с обеих сторон, по ЛС вдоль БПВ; просвет ЛС на обеих нижних конечностях неравномерный, фрагментированный; визуализация бедренных и паховых групп ЛУ, интенсивнее справа к 15 минуте; обратный кожный ток на уровне верхней трети голени справа и в области стопы слева

Прерывистые, расширенные за счет дилатации лимфатические коллекторы характеризовались на ранних и отсроченных изображениях как ЛС, расположенные вдоль БПВ на уровне голени и бедра с неравномерным, фрагментированным просветом со своевременной эвакуация РФП и сетью подкожных ЛС на уровне голени (рис. 6).

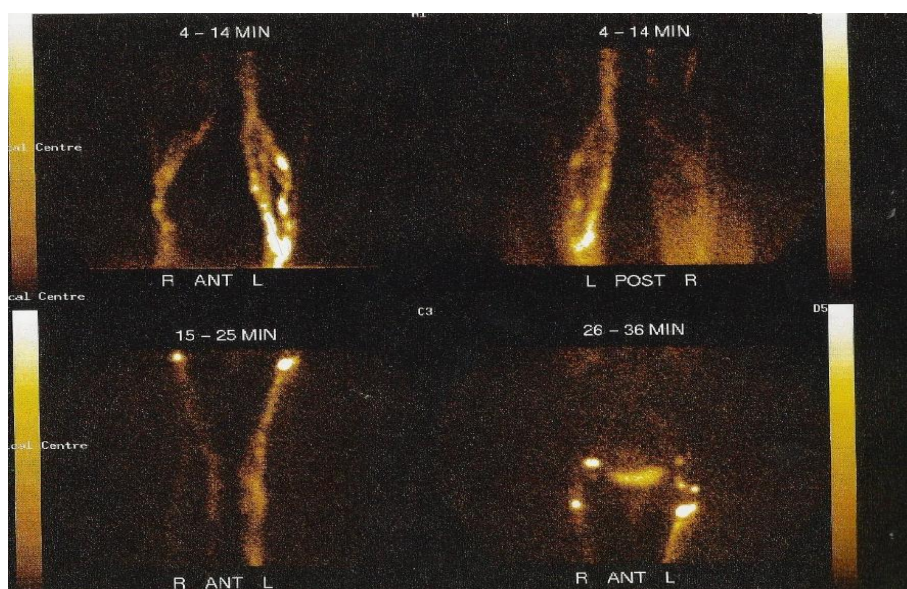


Рис. 6. Прерывистые и расширенные за счет дилатации лимфатические коллекторы лимфатические коллекторы Пациентка К., 57 лет: отмечается несколько замедленная эвакуация РФП справа по ЛС вдоль БПВ на уровне голени и бедра с неравномерным, фрагментированным просветом; слева своевременная эвакуация РФП по ЛС вдоль БПВ, на уровне голени сеть подкожных ЛС; DBF (стрелка) на уровне нижней трети правой голени; просвет ЛС неравномерный, местами суженный

Коллатеральные лимфатические коллекторы визуализировались на ранних изображениях на фоне своевременной эвакуации РФП, при этом визуализировались ЛС как вдоль БПВ, так вдоль МПВ, далее на бедре с перетоком в основные лимфатические коллекторы вдоль БПВ (рис. 7).

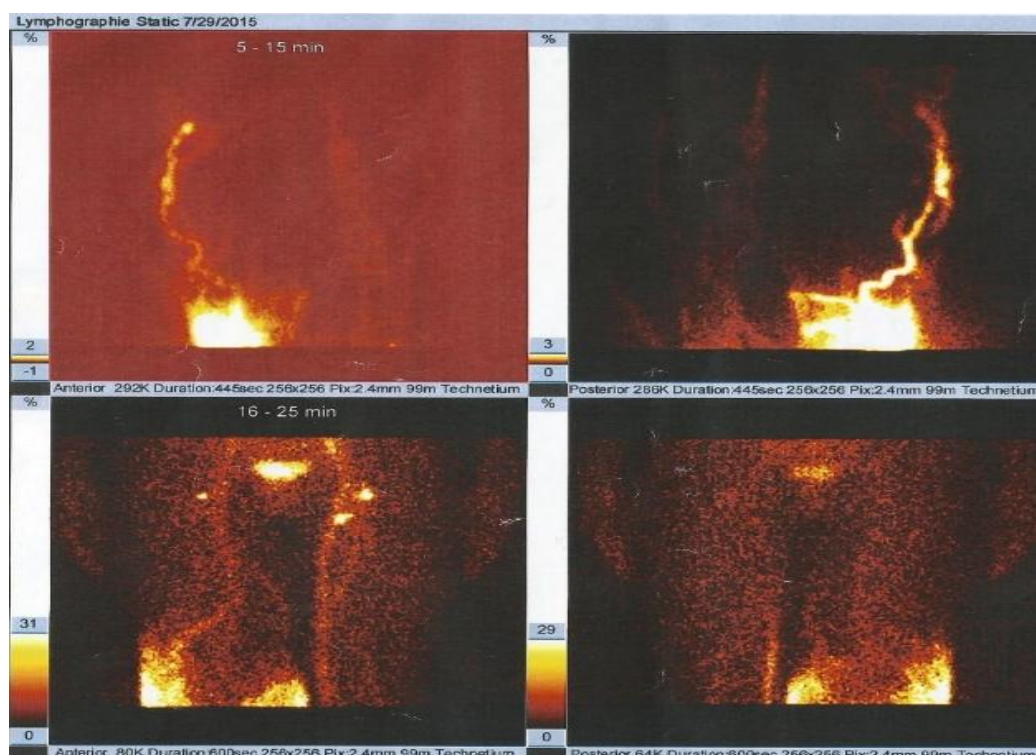


Рис. 7. Коллатеральные лимфатические коллекторы. Пациентка К., 62 года: отмечена своевременная эвакуация РФП, слева по ЛС как вдоль БПВ, так вдоль МПВ, далее вдоль БПВ на бедре; справа обширное «депо» РФП в мягких тканях нижней трети голени; просвет ЛС неравномерный, местами сужен

Уменьшение числа регионарных лимфатических узлов проявлялось недостаточно выраженной визуализацией и количеством паховых, бедренных и подвздошных групп ЛС, менее интенсивно выраженной на стороне поражения, отсутствием визуализации одной из групп регионарных ЛУ (рис. 8).

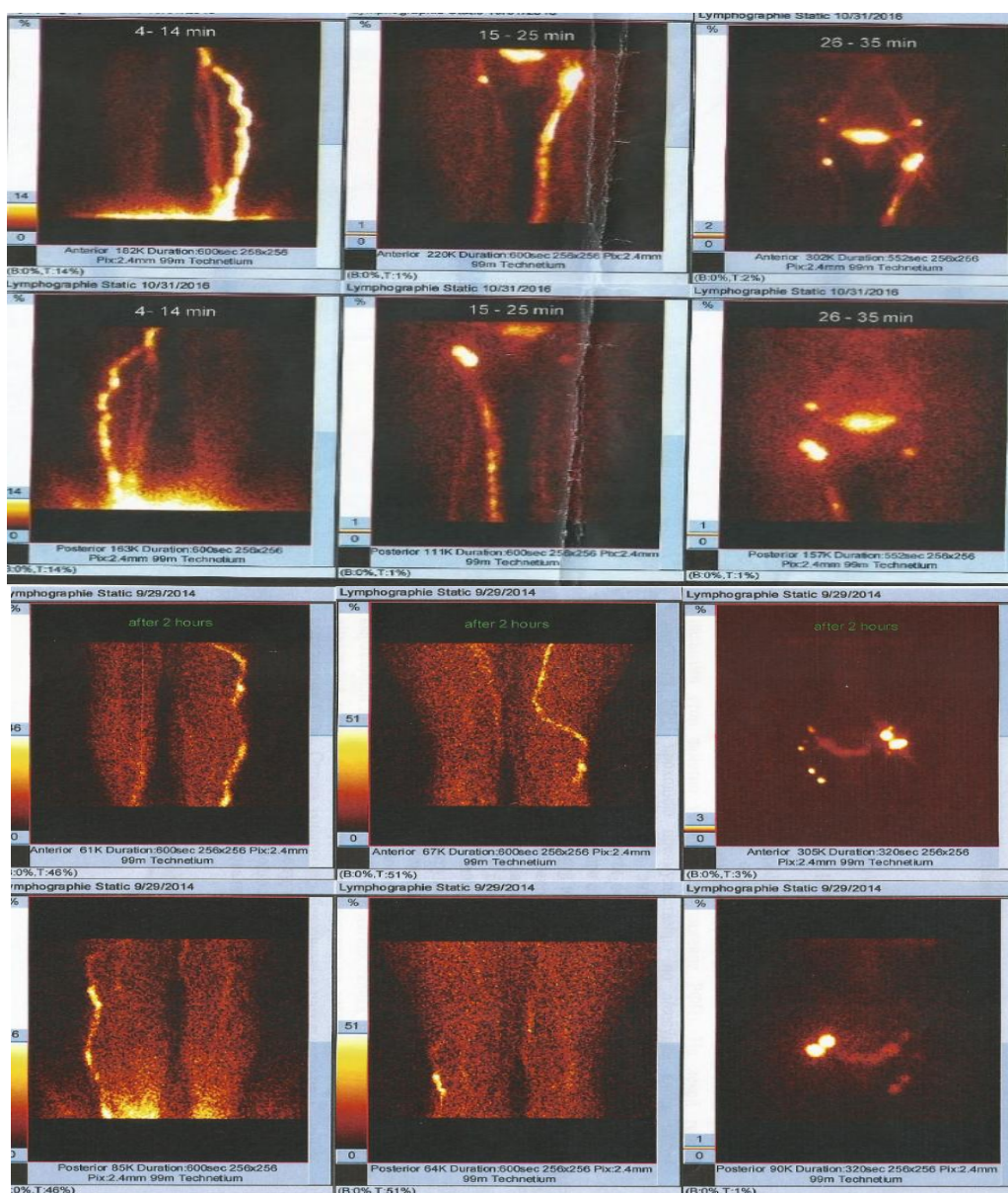


Рис. 8. Уменьшение числа регионарных лимфатических узлов. Пациентка Ж., 50 лет: отмечается слабая визуализация ЛС справа на уровне голени и бедра, слева визуализируются ЛС в проекции МПВ с перетоком на уровне верхней трети голени в ЛС вдоль БПВ на бедре; своевременная визуализация паховых и бедренных ЛУ, более интенсивная слева, отсутствие визуализации подвздошных ЛУ с обеих сторон

Депозит РФП в мягких тканях нижних конечностей проявлялось в диффузном накоплении РФП в мягких тканях дистальных и проксимальных отделов конечностей, выявляемом при отсроченной визуализации (через 2 часа после введения РФП) и свидетельствовало об отсутствии лимфодренажа по ЛС и ЛУ (рис. 9).

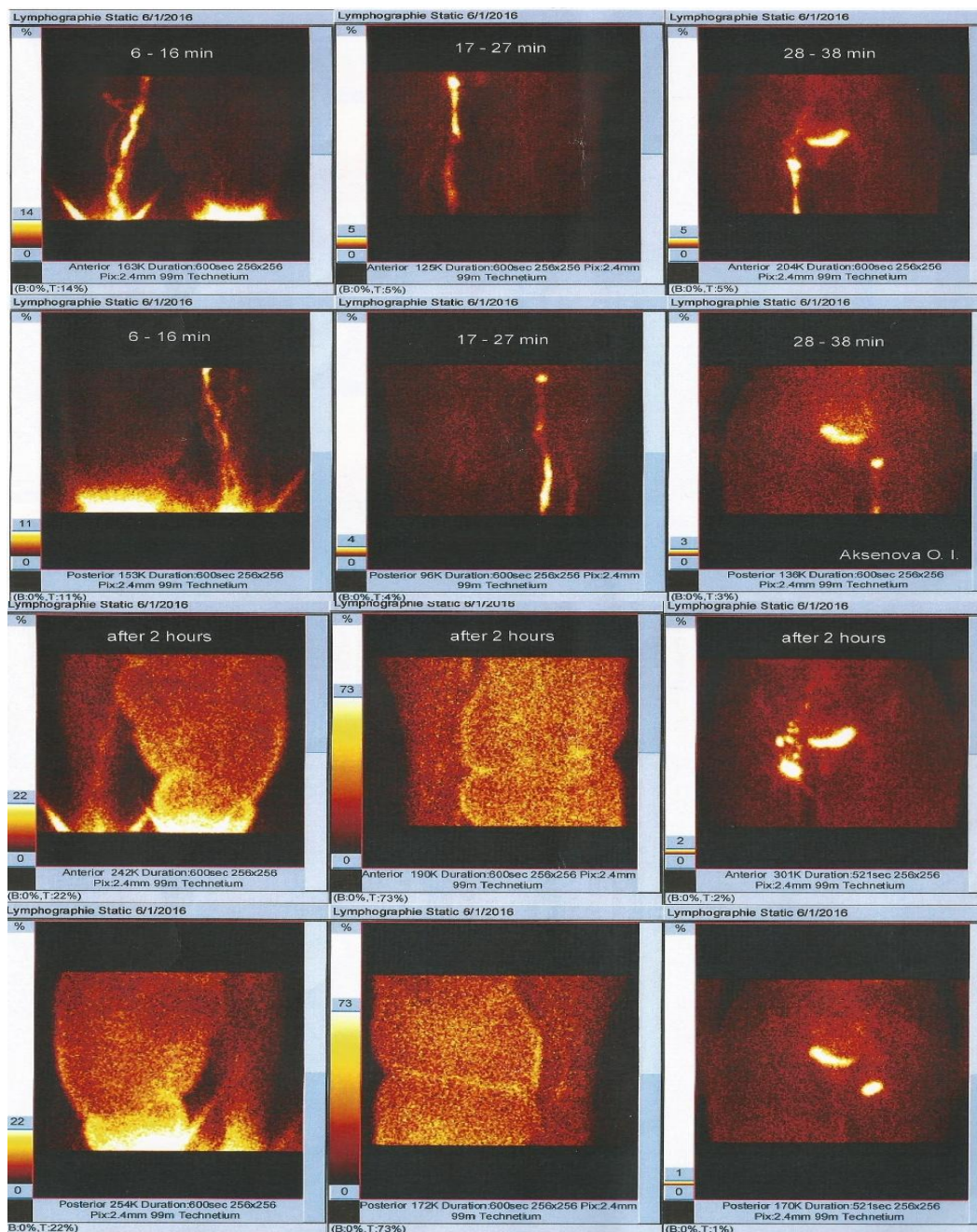


Рис. 9. Диффузное накопление РФП в мягких тканях конечностей. Пациентка А., 50 лет: Справа определяется эвакуация РФП по ЛС вдоль БПВ, визуализация бедренных ЛУ к 17 минуте. Слева диффузное накопление РФП в проксимальных отделах конечности, отсутствие визуализации ЛС и ЛУ

По результатам исследования ЛСГ первичная лимфедема выявлена у 77 пациентов (48,13 %), из них:

- аплазия л/узлов – 42 больных (26,2%);
- аплазия л/коллекторов – 21 больных (13,1%);
- гиперплазия л/коллекторов (аномальные л/узлы) – 14 больных (8,7%);
- ретроградный кожный ток-12 (15,6%).

Вторичная лимфедема диагностирована у 83 пациентов (51,87 %), из них:

- флеболимфедема (в том числе после флебэктомии, реконструктивных операций на клапанах глубоких вен, ЭВЛО) – 21 пациент (13,1%);
- состояние после оперативного лечения по поводу рака шейки или тела матки и рака простаты с последующей лучевой терапией – 27 больных (16,9%);

– другие причины лимфатической обструкции (травмы, лимфангиты, укусы насекомых, инфекционные лимфадениты (выявленная контаминация возбудителями хламидиоза, лямблиоза, Эпштейн-Бар) – 35 (21,87%) (табл. 2).

Таблица 2

Распределение пациентов по причине развития отеков

Патологические проявления при ЛСГ	Кол-во больных (n=160) (%)
Первичная ЛЭ	77 (48,13)
аплазия л/узлов	42 (26,25)
аплазия л/коллекторов	21 (13,1)
гиперплазия л/коллекторов	14 (8,7)
Вторичная ЛЭ	83 (51,87)
Флеболимфедема	21 (13,1)
После лучевой терапии Сг (диссекция, фиброз л/у)	27 (16,9)
Посттравматическая (травма, воспаление, фиброз л/у)	35 (21,87)

Таким образом, ЛСГ позволяет определить первичный или вторичный генез классической лимфедемы (этиологию лимфедемы).

Оценка показателей полуколичественной лимфосцинтиграфии. При оценке полуколичественных показателей ЛСГ мы разработали критерии визуализации, позволяющие определить форму отека, стратифицировать риск и предикторы прогрессирования заболевания.

При полуколичественном анализе лимфатической визуализации был рассчитан *транспортный индекс* (ТИ) для каждой конечности с отеком (табл. 3).

Нормальная ЛСГ-картина на 60 бессимптомных конечностях определялась как симметричная своевременная эвакуация и перемещение РФП в конечностях, визуализация лимфатических коллекторов по всей конечности, ранняя визуализация регионарных лимфатических узлов: в течение 15-20 минут. Скорость распространения РФП составляла менее 20 минут. Установлено среднее значение ТИ для конечностей без отеков – 4,2±0,66 балла. Скорость распространения РФП в норме составила 15-20 минут.

Таблица 3

Оценка полуколичественных показателей ЛСГ при различных формах хронических лимфатических отеков (методика Kleinhaus, 1985 г.)

Количественные показатели ЛСГ	Форма ХЛОНК			
	Лимфедема (n=75)	Флеболимфедема (n=30)	Липолимфедема (n=30)	Лимфедема, связанная с лечением рака (n=25)
Скорость эвакуации РФП	>15-20 мин.	<20 мин.	<20 мин.	>2 часов
Накопление РФП в регионарных ЛУ	25%-74%	75% - 100%	>50%	0-10%
Выведение РФП через 2 часа	Частичное или затруднено	Частичное или полное	Полное	Полностью отсутствует
«Депозит» РФП в дистальных отделах конечности	Незначительное или выраженное	Незначительные следы РФП	Незначительные следы РФП	Значительно выраженное
ТИ, баллы (M±SD)	31,08±1,56	18,69±1,31	8,68±0,60	42,0±0,64

Примечание: M – среднее значение, SD – стандартное отклонение; РФП – радиофармпрепарат; ФЛЭ –; ЛЛЭ –; ЛСЛР/CRL-; ЛУ – лимфатический узел; ТИ – транспортный индекс

ЛСГ-показатели при лимфедеме нижних конечностей. У 75 пациентов с классической лимфедемой нижних конечностей при анализе результатов ЛСГ установлено замедление скорости эвакуации РФП более 20 минут, снижение процентного накопления РФП в ЛУ от 25% до 74%, через 2 часа после нагрузочного стресс-теста отмечалось незначительное или выраженное, в зависимости от стадии отека, «депо» РФП в дистальных отделах конечности, при анализе морфологических изменений выявлялись различные аномалии визуализации ЛУ и ЛС (гипоплазия, аплазия, гиперплазия,

фрагментированные лимфатические коллекторы в виде «четок» и «бус»). Средний показатель ТИ составил $31,08 \pm 1,56$ баллов.

ЛСГ-показатели при флеболимфедеме нижних конечностей. Особенности визуализации у 30 пациентов с ФЛЭ являлась нормальная или незначительно замедленная скорость эвакуации РФП более 20 минут, нормальное или незначительно сниженное процентное накопление РФП в л/узлах от 75% до 100%, через 2 часа после нагрузочного стресс-теста наблюдалось невыраженное «депо» РФП в дистальных отделах конечности; обратный кожный поток, визуализация регионарных ЛУ выявляла функционирующие паховые, бедренные и подвздошные ЛУ, хорошо накапливающие РФП, при визуализации ЛС выявлялось наличие многочисленных лимфовенозных шунтов, т.е., шунтирование лимфы в глубокие вены голени и бедра на уровне верхней трети голени и подколенной ямки, гипертрофированные, расширенные лимфатические коллекторы, располагающиеся в проекции БПВ и МПВ, с множеством коллатералей и притоков. Средний показатель ТИ составил $18,69 \pm 1,31$ баллов.

ЛСГ-показатели при липолимфедеме нижних конечностей. При лимфатической визуализации у 30 пациентов с ЛЛЭ определялись нормальная скорость эвакуации РФП – до 20 минут, нормальное количество лимфатических узлов (ЛУ) и лимфатических сосудов (ЛС), регионарные ЛУ хорошо или умеренно накапливали РФП, отсутствовало «депо» РФП в дистальных отделах конечностей через 2 часа после стресс-метода с физической нагрузкой; транспортный индекс (ТИS), определяемый по методике Kleinhaus, составил $8,68 \pm 0,60$ баллов.

ЛСГ-показатели при ЛСЛР/CRL. У пациентов с ЛСЛР/CRL полностью отсутствовала визуализация регионарных ЛУ или отмечалось резкое снижение количества функционирующих ЛУ, была затруднена визуализация ЛС, при досмотре через 2 часа после стресс-теста с физической нагрузкой в месте инъекции присутствовало ярко выраженное диффузное «депо» РФП, а также диффузная задержка РФП в виде «депо» в мягких тканях проксимальных и дистальных отделов конечностей; отмечался также обратный кожный ток, ТИ составил – $42,0 \pm 0,64$ баллов (рис. 10).

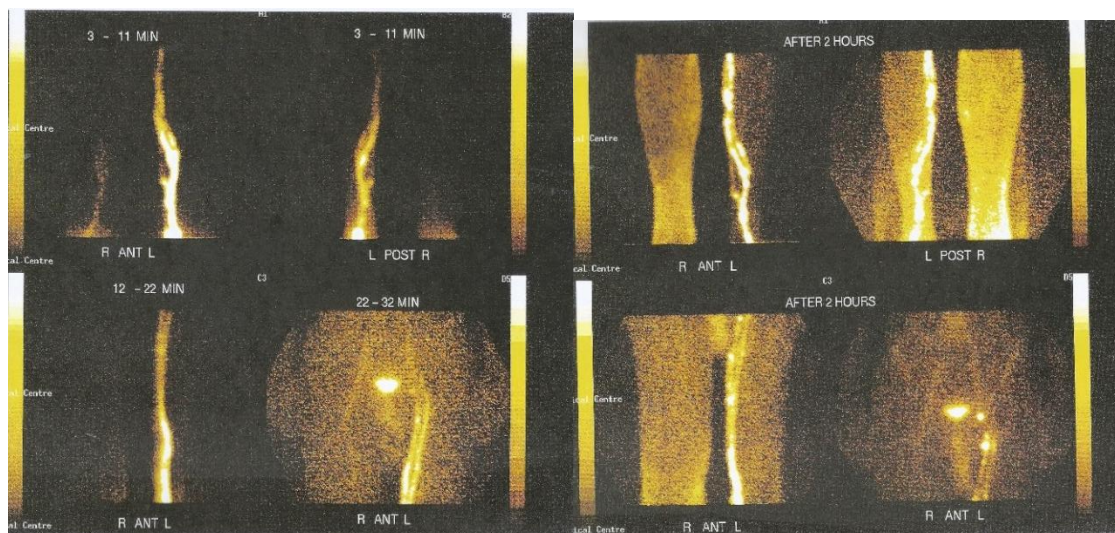


Рис. 10. Пациент Г., 62 г. с ЛСЛР, II-III ст., перенесший 2 года назад операцию простатэктомии по поводу рака предстательной железы 2 ст., с последующей лучевой терапией и химиотерапией. Визуализируются диффузное распределение РФП в заинтересованной конечности, отсутствие визуализации регионарных ЛУ и ЛС на стороне отека, обратный кожный ток

Таким образом, визуализация лимфатической системы с помощью изотопной ЛСГ с целью диагностики и последующей персонализации консервативного лечения и реабилитации пациентов с ХЛОНК и должна быть рекомендована в качестве первого диагностического метода.

Для обеспечения высокого качества изображений и их правильной интерпретации необходимо придерживаться правильной техники проведения исследования в соответствии с разработанным протоколом исследования [2].

Целью качественной лимфосцинтиграфии является визуализация морфологии лимфатической системы. Наличие любых нарушений регионарного лимфатического дренажа и лимфатического транспорта должно учитываться при назначении индивидуальных персонализированных комплексных программ реабилитации для достижения эффективного лечения.

Количественная лимфосцинтиграфия используется для измерения скорости лимфатического потока и может быть чувствительным способом диагностики лимфатической дисфункции. Выявленные на ранних стадиях ХЛОНК нарушения лимфатического транспорта в виде задержки визуализации регио-

нарных ЛУ более 20 минут, повышение ТИ >4,5 баллов могут рассматриваться как предикторы развития и прогрессирования лимфатического отека конечности и позволяют проводить раннюю диагностику начальных субклинических стадий лимфатических отеков при отсутствии манифестирующих клинических проявлений отеков.

Количественная ЛСГ позволяет четко определиться с установлением клинического диагноза: при начальных стадиях (I-II ст.) ХЛОНК – отмечается снижение скорости РФП до 20 - 30 минут, некоторое снижение визуализации лимфатических узлов и коллекторов, но при этом через 2 часа наблюдается полноценная визуализация регионарных ЛУ с хорошим накоплением РФП в регионарных ЛУ (более 45% и выше) на фоне полной эвакуации РФП из конечности (отсутствия «депо РФП»). При продвинутой стадии ХЛОНК (III ст.) – отмечается значительное снижение скорости РФП более 40 минут, значительное снижение визуализации (числа, просвета лимфатических коллекторов), при этом через 2 часа после стресс-метода с физической нагрузкой определяется снижение накопления РФП в регионарных ЛУ от 10% до 20%, на фоне частичной эвакуации РФП из конечности (проксимальные «депо» РФП). При IV стадии ХЛОНК (слононогий) визуализация ЛУ и ЛС полностью отсутствует, при досмотре через 2 часа после стресс-теста с физической нагрузкой наблюдается выраженная диффузная задержка РФП в месте введения, а также распределение РФП в виде диффузного «депо» в мягких тканях дистальных и проксимальных отделов конечностей.

Проведенный сравнительный анализ визуализации подтвердил высокие чувствительность и специфичность ЛСГ для диагностики ХЛОНК. Чувствительность качественной лимфосцинтиграфии в диагностике лимфедемы составляет 78,0%, количественной лимфосцинтиграфии – 100% (табл. 4).

Таблица 4

Чувствительность и специфичность для качественной, количественной и комбинированной ЛСГ

Вид лимфосцинтиграфии	Чувствительность	Специфичность
Качественная	78,0%	100%
Количественная	98,0%	83,75%
Комбинированная	88,0%	91,87%

Ценность методов визуализация лимфатического транспорта неопределима на этапе стратификации рисков прогрессирования отеков, планирования тактики ведения пациентов, построения корректных программ реабилитации и контроля за лимфатическими отеками.

Построенная на основании выявленных дефектов контрастирования ЛУ и ЛС долгосрочная персонализированная программа реабилитации позволит предотвратить прогрессирование заболевания и развитие запущенных стадий, а также повысить эффективность лечения.

Заключение. Таким образом, ценность ЛСГ заключается в том, что данный метод, позволяющий в режиме реального времени за счет четких изображений оценить морфофункциональные нарушения и лимфатический транспорт в динамике лимфатического потока, является функциональным и динамическим методом визуализации. Индекс *лимфатического транспорта* (ТИ) позволяет проводить полуколичественную оценку переноса периферических лимфатических радиоактивных индикаторов. Отсроченная визуализация демонстрирует захват лимфатических узлов, характеризующий их функциональную компетентность. Тем не менее, ЛСГ недооценена клиницистами в качестве независимого теста или в качестве дополнения к анамнестическим данным пациента и физикальному обследованию.

Диагностическая ценность ЛСГ при ХЛОНК экспоненциально возрастает в сочетании с магнитно-резонансной томографией/мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и дуплексным ультразвуковым исследованием [3]. Тройная оценка визуализации не только повышает диагностику лимфатической дисфункции, но также позволяет оценить поражение артериальной и венозной систем и обеспечивает основу для последующей терапии.

Литература

1. Покровский А.В., Абакумов М.М., Алиев М.М. Клиническая ангиология. Руководство для врачей: в 2 томах. Том 2. Москва: Изд-во «Медицина», 2004. 163 с.
2. Apkhanova T., Sapelkin S., Konchugova T., Kulchitskaya D., Yaroshenko O. The role of visualization of the lymphatic system in the diagnostics and treatment of the lower limb lymphedema // Phlebology. 2019. № 34 (Issue 2). P. 132–135.
3. Endicott K., Laredo J., Lee BB. Combined Clinical and Laboratory (Lymphoscintigraphic) Staging. In: Lee BB., Rockson S., Bergan J. Lymphedema. Springer, 2018. 165 p.
4. Executive Committee of the International Society of Lymphology. The diagnosis and treatment of peripheral lymphedema: 2020 Consensus Document of the International Society of Lymphology // Lymphology. 2020. №53(1). P. 3–19.

5. Hettrick H., Aviles F. All edema is lymphedema: progressing lymphedema and wound management to an integrated model of care // *Wound Management & Prevention*. 2022. № 68(1). P. 8–15.
6. Kleinhans E., Baumeister R.G., Hahn D., Siuda S., Büll U., Moser E. Evaluation of transport kinetics in lymphoscintigraphy: follow-up study in patients with transplanted lymphatic vessels // *Eur. J. Nucl. Med.* 1985. №10(7-8). P. 349–352. DOI: 10.1007/BF00251310.
7. Lee B.B., Bergan J.J. New clinical and laboratory staging systems to improve management of chronic lymphedema // *Lymphology*. 2005. № 38(3). P. 122–129.
8. Lee B.B. State of art in lymphedema management: part 1 // *Phlebology*. 2018. № 25(2). P. 164.
9. Levick J.R., Michel C.C. Microvascular fluid exchange and the revised Starling principle // *Cardiovasc. Res.* 2010. № 87. P. 198–210.
10. Mortimer P.S., Rockson S.G. New developments in clinical aspects of lymphatic disease // *J. Clin. Invest.* 2014. № 124. P. 915–921.
11. Rockson S.G. Current concepts and future directions in the diagnosis and management of lymphatic vascular disease // *Vasc. Med.* 2010. № 15(3). P. 223–231. DOI: 10.1177/1358863X10364553.
12. Scarsbrook A.F., Ganeshan A., Bradley K.M. Pearls and pitfalls of radionuclide imaging of the lymphatic system. Part 2: evaluation of extremity lymphoedema // *Br. J. Radiol.* 2007. № 80(951). P. 219–226. DOI: 10.1259/bjr/68256780.
13. Szuba A., Shin W.S., Strauss H.W., Rockson S. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema // *Journal of Nuclear Medicine*. 2003. № 44(1). P. 43–57.

References

1. Pokrovskij AV, Abakumov MM, Aliev MM. *Klinicheskaja angiologija [Clinical angiology. A guide for doctors]*. Rukovodstvo dlja vrachej: v 2 tomah. Tom 2. Moscow: Izd-vo «Medicina»; 2004. Russian.
2. Apkhanova T, Sapelkin S, Konchugova T, Kulchitskaya D, Yaroshenko O. The role of visualization of the lymphatic system in the diagnostics and treatment of the lower limb lymphedema. *Phlebology*. 2019;34:132-5.
3. Endicott K, Laredo J, Lee BB. Combined Clinical and Laboratory (Lymphoscintigraphic) Staging. In: Lee BB., Rockson S., Bergan J. *Lymphedema*. Springer; 2018.
4. Executive Committee of the International Society of Lymphology. The diagnosis and treatment of peripheral lymphedema: 2020 Consensus Document of the International Society of Lymphology. *Lymphology*. 2020;53(1):3-19.
5. Hettrick H, Aviles F. All edema is lymphedema: progressing lymphedema and wound management to an integrated model of care. *Wound Management & Prevention*. 2022;68(1):8-15.
6. Kleinhans E, Baumeister RG, Hahn D, Siuda S, Büll U, Moser E. Evaluation of transport kinetics in lymphoscintigraphy: follow-up study in patients with transplanted lymphatic vessels. *Eur. J. Nucl. Med.* 1985;10(7-8):349-52. DOI: 10.1007/BF00251310.
7. Lee BB, Bergan JJ. New clinical and laboratory staging systems to improve management of chronic lymphedema. *Lymphology*. 2005;38(3):122-9.
8. Lee BB. State of art in lymphedema management: part 1. *Phlebology*. 2018;25(2):164.
9. Levick JR, Michel CC. Microvascular fluid exchange and the revised Starling principle. *Cardiovasc. Res.* 2010;87:198-210.
10. Mortimer PS, Rockson SG. New developments in clinical aspects of lymphatic disease. *J. Clin. Invest.* 2014;124:915-21.
11. Rockson SG. Current concepts and future directions in the diagnosis and management of lymphatic vascular disease. *Vasc. Med.* 2010;15(3):223-31. DOI: 10.1177/1358863X10364553.
12. Scarsbrook AF, Ganeshan A, Bradley KM. Pearls and pitfalls of radionuclide imaging of the lymphatic system. Part 2: evaluation of extremity lymphoedema. *Br. J. Radiol.* 2007;80(951):219-26. DOI: 10.1259/bjr/68256780.
13. Szuba A, Shin WS, Strauss HW, Rockson S. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema. *Journal of Nuclear Medicine*. 2003;44(1):43-57.

Библиографическая ссылка:

Сапелкин С.В., Апханова Т.В., Юрова О.В., Агасаров Л.Г., Ярошенко О.В. Диагностическая ценность визуализации лимфатической системы при хронических лимфатических отеках нижних конечностей // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2022. №5. Публикация 3-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-5/3-2.pdf> (дата обращения: 19.09.2022). DOI: 10.24412/2075-4094-2022-5-3-2. EDN STFJBN*

Bibliographic reference:

Sapelkin SV, Apkhanova TV, Yurova OV, Agasarov LG, Yaroshenko OV. Diagnosticheskaja cennost' vizualizacii limfaticheskoj sistemy pri hronicheskikh limfaticeskikh otekah nizhnih konechnostej [Diagnostic value of visualization of the lymphatic system with chronic lymphatic edema of the lower extremities]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2022 [cited 2022 Sep 19];5 [about 14 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-5/3-2.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-5-3-2. EDN STFJBN

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-5/e2022-5.pdf>

**идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после выгрузки полной версии журнала в eLIBRARY