

림프부종 평가를 위한 림프신티그라피: 대한핵의학회/대한림프부종학회 시행/판독 지침 2부

서울대학교병원 핵의학과¹, 울산의대 서울아산병원 핵의학과², 인하대학교병원 핵의학과³, 의정부 을지대학교병원 핵의학과⁴,
성균관대의대 삼성서울병원 핵의학과⁵

서민석^{1*}, 한상원^{2*}, 유민영³, 채선영⁴, 최준영⁵

Lymphoscintigraphy in Lymphedema: Procedure and Interpretation Guideline by the
Korean Society of Nuclear Medicine and Korean Society of Lymphedema Part II

Minseok Suh^{1*}, Sangwon Han^{2*}, Min Young Yoo³, Sun Young Chae⁴, Joon Young Choi⁵

¹Departments of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

²Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

³Department of Nuclear Medicine, Inha University, College of Medicine, Incheon, Republic of Korea

⁴Department of Nuclear Medicine, Uijeongbu Eulji Medical Center, Eulji University School of Medicine, Uijeongbu-si, Republic of Korea

⁵Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea

* These authors contributed equally to this work

Lymphoscintigraphy is a non-invasive nuclear medicine imaging technique widely utilized in diagnosing and assessing lymphedema by visualizing lymphatic function after subcutaneous injection of radiopharmaceuticals. Accurate interpretation of lymphoscintigraphy is essential, as it directly impacts clinical decision-making, patient prognosis prediction, and assessment of therapeutic response. However, variability in interpretation criteria and quantitative assessments among institutions has led to inconsistency in clinical application and challenges in treatment planning. To address these issues, the Korean Society of Nuclear Medicine and the Korean Society of Lymphedema have collaboratively developed a procedure and interpretation guideline, reflecting current clinical practices and the availability of ^{99m}Tc-phytate in the Republic of Korea. This guideline specifically focuses on the standardized qualitative and quantitative criteria for lymphoscintigraphic interpretation, outlines normal and abnormal imaging findings, and discusses interpretation standards according to clinical indication followed by previous Part I. Adoption of this guideline aims to improve the consistency of interpretations, facilitate more effective clinical management strategies, and ultimately enhance the quality of care provided to patients with lymphedema.

Key Words: Lymphoscintigraphy • Lymphedema • Guideline • Gamma Camera • ^{99m}Tc-phytate

▶ Received: April 14, 2025, ▶ Accepted: May 10, 2025

Address for correspondence: **Joon Young Choi**, MD, PhD

Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, 81 Irwon-ro,
Gangnam-gu, 06351 Seoul, Republic of Korea

Tel: +82-2-3410-2648, Fax: +82-2-3410-2639

E-mail: jynm.choi@samsung.com

서론

림프부종은 림프계 기능 장애로 인해 사지에 만성적인 부
종을 초래하는 질환으로, 조기 진단과 정확한 평가를 통한 적

절한 관리가 예후에 결정적인 영향을 미친다. 림프신티그라피는 방사성의약품을 피하주사하여 림프계로 이동하는 경로를 시각화하는 비침습적 핵의학 영상검사로 1970년대부터 암 환자의 림프절 전이 진단 목적으로 임상에서 활용되었으며, 이후 1980년대부터 림프부종의 진단과 중증도 평가, 치료 반응 평가 및 예후 예측에 널리 사용되고 있다[1].

림프신티그라피 판독은 검사 결과에 대한 정확한 해석과 임상적 의사 결정에 직접적으로 중요한 영향을 미친다. 그러나 기관 간에 판독의 표준화가 이루어지지 않아 영상 소견과 정량 분석법의 적용이 불일치하여, 환자 간 결과의 비교나 치료 전략 수립에 어려움이 있었다. 이에 대한핵의학회와 대한림프부종학회는 림프부종 평가를 위한 림프신티그라피의 표준화된 시행 및 판독 지침을 공동으로 제정하여 진료의 질을 향상시키고, 국내 현실에 맞는 실용적 지침을 제공하고자 하였다. 다만, 이 지침은 의료인의 전문적 판단을 제한하거나 의학적 결정을 강제하는 것이 아니며, 각 의료기관의 환경과 환자 상태에 따라 유연한 적용이 가능하도록 제정되었다.

이 지침에서는 지난 호에 출판된 지침 1부에 이어 림프신티그라피의 판독을 중심으로 영상의 정성적·정량적 평가 방법과 정상 및 이상 소견의 해석 기준에 대해 논하고자 한다.

본 론

1. 일반적 판독기준 및 판독 보고

사지 림프신티그라피의 영상판독은 지역 림프절, 주림프관 및 부행림프관(Collateral lymphatic vessel), 피부역류(Dermal backflow) 및 중간림프절 유무 등의 평가로 이루어진다. 림프절 및 림프관 섭취 정도는, 검사 당일의 콜로이드 입자 크기 분포, 검사 프로토콜, 개별 환자 요인, 등에 따라 다양하게 되므로 이상 유무 평가는 부종이 없는 정상 사지 영상과의 비교가 필요하다.

정상적인 사지 림프신티그라피에서는 근막위 주림프관과 지역림프절이 대칭적으로 관찰되어야 한다(Fig. 1). 일반적으로 하지 주림프관의 주행은 대복재정맥(Great saphenous vein)을 따르며 상지에서는 요측/척측피부정맥(Cephalic/basilic vein)의 주행을 따라 각각 서혜부 림프절 및 액와 림프절로 흘러간다. 지역 림프절 섭취가 감소하거나 관찰이 잘 안되

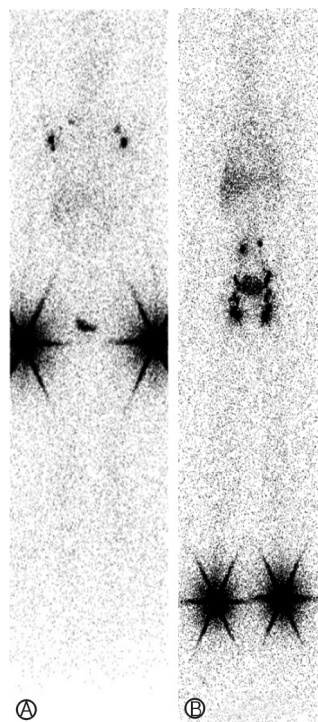


Fig. 1. Normal lymphoscintigraphy of the upper (A) and lower (B) extremities using ^{99m}Tc -phytate. Axillary or inguinal lymph nodes are symmetrically visualized without dermal backflow or lymph nodes related to the collateral lymphatics.

거나 지연되어 보이는 경우, 부행림프관 또는 피부역류의 관찰, 국소적인 림프관의 확장 및 섭취 증가, 림프계 이외로의 섭취 관찰 등이 비정상적인 소견이다. 하지의 발목 또는 슬와 림프절(Popliteal lymph node), 상지의 팔꿈치 림프절(Cubital lymph node) 등과 같은 중간 림프절은 측부순환에 의한 소견으로 비정상적인 소견이다. 다만, 측부순환에 의한 림프관 및 림프절이 정상적 변이로 보일 수 있어 임상증상과 함께 판독해야 한다. 아울러, 림프절 및 림프관 섭취 정도는, 검사 당일의 콜로이드 입자 크기 분포, 검사 프로토콜, 개별 환자 요인, 등에 따라 다양하게 되므로 이상 유무 평가는 부종이 없는 정상 사지 영상과의 비교가 필요하다. ^{99m}Tc -phytate 림프신티그라피에서는 지연영상에서 정상적으로 주림프관이 안 보이는 경우도 있는데, 이 경우는 주사 직후 영상이 주림프관의 기능을 파악하는 데 도움이 된다(Fig. 2). 림프신티그라피 판독 시 주의해야 할 추가적인 사항으로, 림프계에 활동성 염증이나 감염이 있는 경우를 들 수 있다. 이 경우 부종이 있는 상하지의 림프관이나 림프절에서 방사성 의약품의 섭취가 정상 쪽보다 증가할 수 있으므로, 임상적 상황과의 비교가 필요하다(Fig. 3).

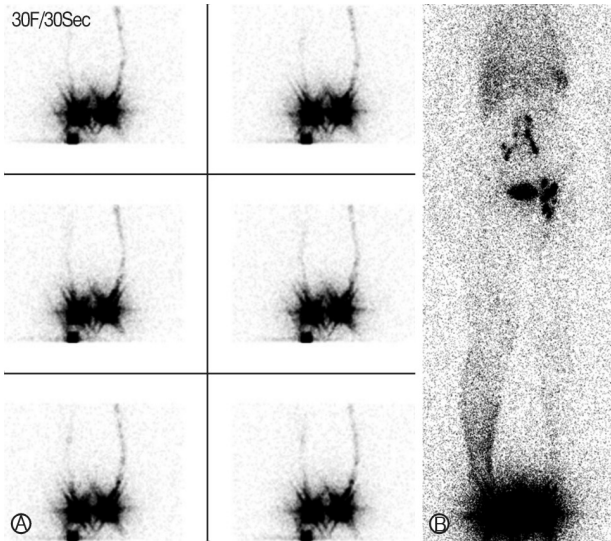


Fig. 2. Lymphoscintigraphy of the lower extremities using ^{99m}Tc -phytate in a patient with right lower limb lymphedema. The early dynamic images (A) clearly visualizes the main lymphatic vessels in both lower extremities, whereas these channels are poorly visualized in the delayed image (B).

영상판독은 기본적으로 피부역류의 유무 및 범위, 지역림프절의 섭취정도에 대한 내용은 필수적으로 포함되어야 하며, 비정상소견으로 확인할 수 있는 부행림프관 존재여부 및 중간림프절 존재여부 등을 서술해야 한다. 서술된 내용을 기반으로 림프부종의 중증도 평가, 또는 시술 전후의 호전여부평가는 각 센터 별로 사전에 논의된 방식으로 평가한다.

국내 27개 병원을 대상으로 시행한 설문조사결과에 따르면, 현재 모든 센터에서 피부역류의 존재를 보고하고 있으며, 림프절 섭취 여부도 대부분의 센터에서 보고하고 있다(96.3%). 피부역류의 위치 및 범위, 부행림프관의 위치 및 범위 또한 많은 센터에서 보고하고 있으며(70.4%), 이 밖에도 주림프관에 대한 기술, 슬와 또는 팔꿈치 림프절의 존재 등을 기술하고 있다.

2. 정량분석 방법

국내 27개 병원을 대상으로 시행한 설문조사에서, 정량분석을 시행하는 병원은 9개(33%) 병원으로 사지 섭취도(88.9%), 지역 림프절 섭취도(77.8%), 주사부위 제거율(77.8%) 순으로 측정 중이었으며, 이밖에 이동지표(22.2%)를 제공하는 센터도 있었다.

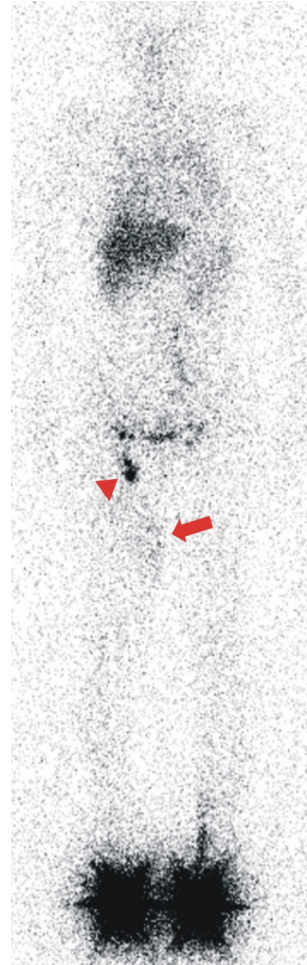


Fig. 3. Lymphoscintigraphy using ^{99m}Tc -phytate in a patient with right lower limb lymphedema. The patient had a recent episode of inflammation/infection in the right thigh. The image shows dermal backflow (arrow) in the right thigh along with increased uptake in the right inguinal lymph nodes (arrow head).

1) 사지 섭취도(% extremity uptake)

가장 많이 시행하고 있는 사지 섭취도는 일반적으로 일정 시간(1시간 또는 2시간 영상)의 사지부위 섭취계수를 초기영상에서의 주사부위 계수 또는 방사성의약품 투여량으로 나누어 구한 값으로 구하는 공식은 다음과 같다[2].

$$\text{Extremity uptake (\%)} = 100 \times (\text{extremity count at 1 h or 2 h}) / (\text{injection site count at 0 min})$$

사지 섭취도를 평가할 때 상지의 경우, 전면 영상에서 상완과 전완에 각각 사각형의 관심 영역을 설정하고, 하지의 경우 전면 영상에서 넓적다리와 종아리에 각각 사각형의 관심 영역을 설정한다(Fig. 4). 간단히 하려면 주사 부위와 지역 림프절(액와 또는 서혜부)을 제외하고 사지 전체에 사각형의 관심

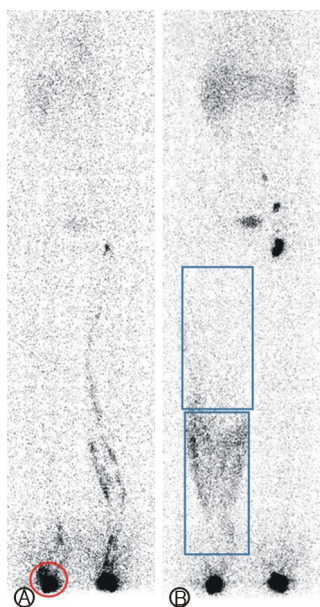


Fig. 4. Assessment of % extremity uptake. **(A)** Initial image: A region of interest (red circle) is drawn around the injection site to measure the initial injection site count. **(B)** Delayed image at 2 hours after the injection: Rectangular regions of interest (blue rectangles) are drawn over the extremities to measure extremity uptake counts. Extremity uptake is calculated by comparing the extremity counts with the initial injection site counts.

영역을 설정하여 섭취도를 평가할 수 있다. 사지 섭취도 자체는 여러 가지 요소에 영향을 받으므로, 단일 림프부종에서는 정상 측과 부종 측 사지의 섭취도 비율(Extremity uptake ratio)이 림프부종이 있는 사지의 섭취를 보다 객관적으로 반영하는 지표가 될 수 있다.

2) 지역 림프절 섭취도(Regional lymph node uptake)

지역 림프절 섭취도는 방사성의약품이 주사하고 일정시간에 지역림프절에 방사성의약품이 섭취되는 정도로, 공식은 다음과 같다[2].

$$\text{Regional lymph node uptake (\%)} = 100 \times (\text{ilioinguinal or axillary lymph node site count at 1 h or 2 h}) / (\text{injection site count at 0 min})$$

지역 림프절 섭취도를 평가할 때, 상지의 경우 좌우 액와 림프절에 타원형의 관심 영역을 설정하고, 하지의 경우 좌우 서혜 및 골반 림프절에 원형의 관심 영역을 설정한다(Fig. 5). 지역 림프절 섭취도는 여러 가지 요소에 영향을 받기 때문에, 단일 림프부종에서는 정상 측과 비교한 부종 측 림프절의 지역 림프절 섭취 비율(Lymph node uptake ratio)이 림프부종이 있는 사지의 지역 림프절 섭취를 보다 객관적으로 반영하는 지표가 될 수 있다.

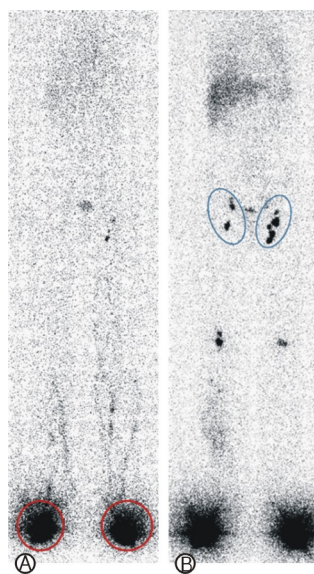


Fig. 5. Assessment of regional lymph node uptake. **(A)** Initial image: A region of interest (red circle) is drawn around the injection site to measure the initial injection site count. **(B)** Delayed image at 2 hours after the injection: Elliptical regions of interest (blue ellipses) are drawn over the regional lymph nodes to measure lymph node uptake counts. Regional lymph node uptake is calculated by comparing the lymph node counts with the initial injection site counts.

3) 주사부위 제거율(Injection site clearance)

주사부위 제거율은 방사성의약품이 주사된 부위에서 방사성 의약품이 빠져나가는 정도를 숫자로 표시해주는 지표이다. 일반적으로는 주사 직후의 주사부위 계수에서 일정시간(1시간 또는 2시간 영상)의 주사부위를 뺀 후 주사 직후의 주사부위 계수로 나누어 제거율을 구하지만, 연속적으로 찍은 영상을 분석하여 시간대별 제거율을 구할 수도 있다. 공식은 다음과 같다[2,3].

$$\text{Injection site clearance (\%)} = 100 \times (\text{injection site count at 0 min} - \text{injection site count at 1 h or 2 h}) / (\text{injection site count at 0 min})$$

마찬가지로, 주사부위 제거율은 여러 가지 요소에 영향을 받기 때문에, 단일 림프부종에서는 정상 측과 비교한 부종 측 주사부위 제거율 비율(Injection site clearance ratio)이 림프부종이 있는 사지의 주사부위 제거율을 더 객관적으로 반영하는 지표가 될 수 있다.

4) 이동지표(Transport index)

이동지표는 림프의 운반 속도, 방사성 추적자의 분포, 림프절 시각화 시간, 림프절 및 림프관의 시각화 여부 등 5가지 지표로 구성된 점수체계로 다수의 연구에서 사용되고 있다[4].

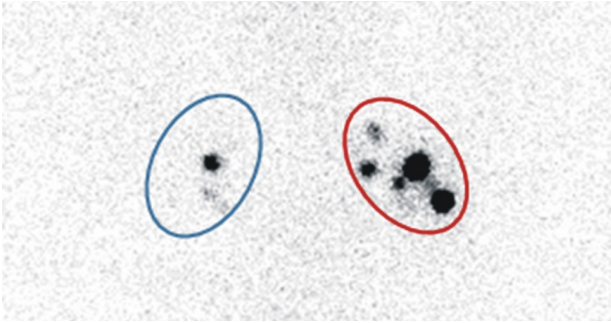


Fig. 6. Assessment of quantitative asymmetry index. Identical-sized regions of interest are drawn over the regional lymph nodes on both sides. The radiotracer uptake in the affected side (blue ellipse) is compared to that of the unaffected side (red ellipse) to calculate the asymmetry index.

그러나, ^{99m}Tc -phytate를 이용한 림프신티그라피는 조직 내에서 콜로이드 형성 시 다양한 크기의 입자가 생성되어 방사성 추적자가 일정하지 않은 이동 속도를 보일 수 있어, ^{99m}Tc -phytate를 이용한 림프신티그라피에서는 이 지표의 임상적 유용성이 알려진 바가 없다.

5) 정량비대칭 지수(Quantitative asymmetry index, QAI)

림프절과 양측사지의 섭취를 비교 평가할 수 있는 방법으로 정량비대칭 지수가 있다. 이는 양측 지역 림프절 과, 사지 부위의 동일한 크기의 관심영역을 그려서 각 부위의 비 환부 대비 환부의 방사성의약품 섭취량을 계산하는 것으로 공식은 다음과 같다(Fig. 6)[5,6].

$$QAI = \frac{\text{gamma count in ROI of affected side}}{\text{gamma count in ROI of unaffected side}}$$

다만, 주사된 방사성 의약품의 양이 양쪽에서 유의하게 다른 경우, 이로 인해 정량 지표에 바이어스가 생길 수 있으므로 주의가 필요하다.

3. 임상 적응증별 판독기준

1) 부종의 감별진단 및 림프부종 진단/중증도 평가

림프신티그라피는 사지부종의 감별진단에 높은 정확도를

가진다. 영상소견 및 정량지표를 바탕으로 림프부종과 다른 원인의 부종을 감별 진단하는데 있어 림프신티그라피의 민감도는 73-96%, 특이도는 96-100%로 보고됐다[7-10]. 림프부종과 감별해야 할 질환 가운데 지방부종(lipedema)과 정맥 기능 부전은 일반적으로 정상 림프신티그라피 소견을 보인다. 정맥 기능 부전에 의한 부종에서는, 급성기에는 보상성으로 림프 흐름이 증가하지만 시간이 경과하면 림프 흐름의 저류와 림프부종이 함께 발생할 수 있으며 림프신티그라피의 이상 소견이 나타날 수 있어 추가적인 검사 및 임상소견을 종합적으로 고려해야 한다[11]. 림프신티그라피의 정성적 평가에서 피부역류와 지역 림프절의 비대칭이 림프부종과 다른 원인을 감별하는데 있어 가장 중요한 영상 소견이다[10]. 부형림프관과 중간 림프절의 존재는 드물게 정상측에서도 나타날 수 있으므로, 임상 소견과 비교하여 판단이 필요하다. 정상 사지와 비교한 지역림프절 섭취 정도, 방사성의약품의 림프절 운송 시간 등의 정량 지표를 활용하면 진단 정확도를 높일 수 있다. 일차성 림프부종과 이차성 림프부종을 감별할 수 있는 림프신티그라피 영상소견 및 정량지표는 없다[4,7].

림프신티그라피는 임상병기와 별도로 림프부종의 기능적 중증도를 제시할 수 있다. 림프부종의 기능적 중증도는 환자의 진단, 치료 계획 수립 및 예후 평가에 활용될 수 있다. 다양한 분류체계가 보고되어 있으며 일반적으로 지역림프절 섭취 유무, 피부역류 유무와 범위를 기준으로 중증도를 분류한다. Lee 등은 220명의 만성 림프부종 환자에서 림프절 섭취 여부, 피부역류, 주림프관, 부형림프관의 관찰, 주사 부위에서 방사성의약품이 제거되는 정도를 기준으로 림프신티그라피 4단계 등급 체계를 제시했다(Table 1)[12]. 초기 진단에서 부종, 피부 변화, 패혈증, 일상 활동 제한, 삶의 질을 바탕으로 분류한 4단계 임상 중증도와 비교 평가하였을 때 비교적 높은 일치율을 보였다. 55명(25%)의 환자에서 임상 중증도에 비해 림프신티그라피의 등급이 높게 평가됐는데 이 중 26명은 4년간의 경과관찰 기간 중 림프부종의 진행 및 악화 소견으로 최종 임상 중증도가 높게 평가돼 림프부종의 진행을 예측하는 데 활용 가능하다.

Cheng 등은 서혜부/액와 림프절 섭취여부를 바탕으로 우선 3단계로 분류하고, 선형적 림프관의 관찰, 피부역류 소견에 기초하여 7단계로 세분화하여 림프신티그라피 분류법

Table 1. Staging system by Lee and Bergan

Stage	Lymph node uptake	Dermal backflow	Collateral lymphatics	Main lymphatics	Radiotracer clearance	Subclassification
1	Decreased	No visualization	Visualized	Decreased	Decreased lymphatic transport	-
2	Decreased to none	Present	Decreased visualization	Poorly to no visualization	Greater decrease	IIA: Dermal backflow involves $\leq$ half of the limb IIB: Dermal backflow involves $>$ half of the limb
3	Absent	Present	Poor visualization	No visualization	No clearance	-
4	Absent	Poorly to no visualization	No visualization	No visualization	No clearance	-

Minimum two or more lymphoscintigraphy findings for staging

Table 2. Taiwan lymphoscintigraphy staging

Stage	Lymph node (LN) uptake	Dermal backflow	Lymphatic vessels
L-0	Prominent uptake in proximal LN	None	Linear pattern from distal to proximal regions
P-1	Decreased uptake in proximal LN or presence of intermediate LN (e.g., cubital or popliteal nodes)	None	Linear pattern in distal region
P-2	Decreased uptake in proximal LN or presence of intermediate LN	Proximal or distal part of the limb	Dilated linear pattern in distal region
P-3	Decreased uptake in proximal LN or presence of intermediate LN	Entire limb	Diffusely dilated
T-4	None	Distal part of the limb	Dilated or absent
T-5	None	Entire limb	Dilated or absent
T-6	None	None	None

(Taiwan lymphoscintigraphy staging)을 제시했다(Table 2) [13]. 해당 분류체계는 사지 둘레 차이, CT 기반 체적 차이, 붓와직염, 증상 지속 기간 등의 임상소견과 림프관의 경화 정도와 유의한 상관관계가 있었다[13-15].

Mikami 등은 유방암 수술 후 발생하는 상지 림프부종을 겪는 78명의 환자들을 대상으로 한 연구에서 피부역류의 위치에 따라 다섯 가지 주요 유형(Type I-V)을 분류하고 림프절의 시각화 시간에 따라 세 가지 하위 유형(Subtype E, L, O)으로 분류하였다[16]. 이 분류는 국제림프학회의 임상 단계와 연관되어 있으며, 특히 유형 II-V에서 관찰되는 피부역류는 림프-정맥 문합술의 치료 옵션을 고려할 때 중요한 지표로 나타났다. 더불어, 심각한 림프부종 유형(IV와 V)에서는 문합 가능한 림프관 위치가 제한적임을 확인했다.

다만, 방사성의약품, 림프부종 위치 등의 문제로 상지에서

림프신티그래피상 심한 중증도(Lee & Bergan의 단계 4, Taiwan lymphoscintigraphy staging T-6)를 보이지만 임상적으로는 손부위의 경미한 부종만 있는 경우가 있어 중증도 평가에 유의해야 하며, 이 경우 손 보다 근위부에 주사하여 얻은 림프신티그래피가 보다 정확한 상지 전체의 기능적 중증도 평가에 도움이 될 수 있다.

대표적인 중증도를 보여주는 림프신티그래피 영상들은 Figure 7, 8와 같다.

설문 결과, 국내 27개 기관 중 33%가 림프부종의 중증도를 영상 기반으로 평가하고 있어 국내에서는 중증도 평가가 제한적으로 이루어지고 있다. 방사성의약품 관점에서 보면, 국내에서는 ^{99m}Tc -phytate만 사용 가능하다. Cheng의 연구는 ^{99m}Tc -phytate를 사용하여 국내 임상 상황에 쉽게 적용할 수 있지만, Lee & Bergan은 antimony sulfur colloid를, Mikami

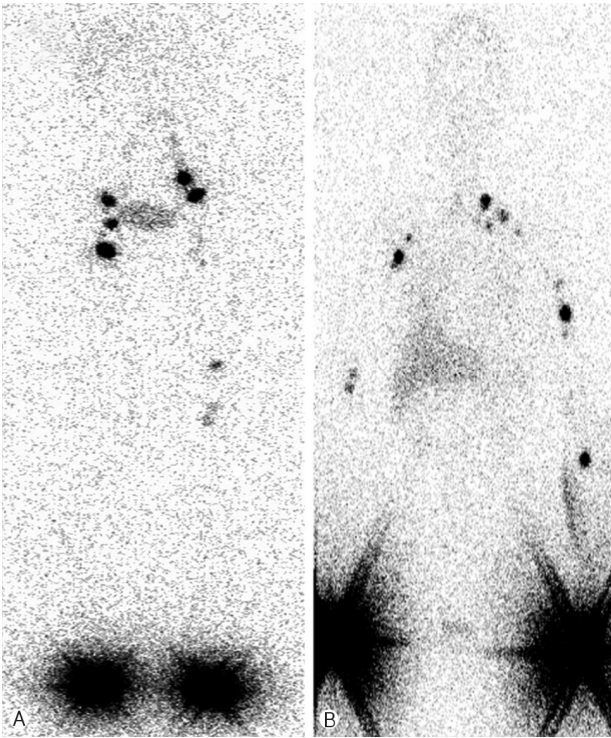


Fig. 7. Lymphoscintigraphy in patients with lower and upper extremity lymphedema. (A) Lymphoscintigraphy in a patient with left lower extremity lymphedema shows decreased uptake in the regional lymph nodes and visualization of intermediate lymph nodes without prominent dermal backflow (Lee & Bergan Stage 1; Taiwan lymphoscintigraphy staging P-1). (B) Lymphoscintigraphy in a patient with left upper extremity lymphedema shows dermal backflow in the left forearm, decreased uptake in the left axillary lymph nodes, and collateral lymph node uptake in the left forearm (Lee & Bergan Stage 2; Taiwan lymphoscintigraphy staging P-2).

는 human serum albumin을 사용하여 국내에서는 적용이 어렵다. 특히 Lee & Bergan의 방법은 주림프관 및 부행림프관의 식별 여부가 주요 구분점인데, phytate는 비균질성으로 인해 이를 반영하는 데 제한적일 수 있다. 적응증 관점에서 보면, Lee의 연구는 복합물리치료와 비교적 연관성이 높아 림프부종의 치료 계획 수립에 유용하며, Mikami의 연구는 수술 대상자를 선별하는 데 유용하여 림프-정맥 문합술과 같은 수술적 치료의 적응증을 판단하는 데 도움이 된다. 종합하여, Cheng 연구의 중증도 분류법이 방사성의약품 사용 측면에서 국내 환경에 적합하므로 쉽게 임상 현장에 적용할 수 있으며, 임상 적응증에 따라 Lee와 Mikami의 분류법도

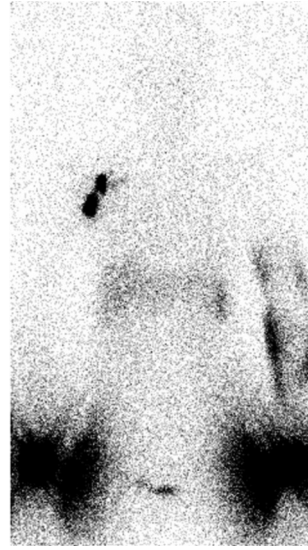


Fig. 8. Lymphoscintigraphy showing no uptake in regional lymph nodes and diffuse dermal backflow in a patient with left upper extremity lymphedema (Lee & Bergan Stage 3; Taiwan lymphoscintigraphy staging T-5).

고려할 수 있다.

2) 물리치료반응 평가 및 예후 예측

현재, 림프부종의 치료는 주로 복합림프물리치료(Complex decongestive therapy)와 같은 비수술적치료가 시행되고 있다. 비수술적 치료 전후 림프신티그라피의 역할은 크게 1) 치료 전후 예후 예측과 2) 치료 후 림프 기능 개선 평가로 나뉜다. 복합림프물리치료는 2주 이상의 치료기간이 필요하므로, 치료 전 반응 예측이 중요하다. 림프신티그라피를 통한 물리치료반응 및 추적관찰 평가 연구는 Table 3에 요약 기술되어 있다.

Kim 등은 육안적으로 평가한 액와부 림프절 섭취의 존재가 유방암 치료 후 발생한 상지림프부종 환자에서 복합림프물리치료 후 좋은 예후를 예측하는 유의한 인자라고 보고하였다[17]. 이와 유사하게, 유방암 치료 후 발생한 상지림프부종 환자에서 치료 전 림프신티그라피 상 정상측과 비교하여 환측 액와부 림프절 섭취를 정량적으로 측정한 지표(QAI)가 높을수록 치료효과가 좋았다[18].

부인암 치료 후 하지림프부종 환자의 치료 전 림프신티그라피로 예후를 예측한 연구는 서로 상반된 결과를 보였다. Kim 등은 정상측 대비 환측 서혜부 림프절 섭취(Inguinal lymph node uptake ratio)는 낮을수록, 정상 측 대비 환측의 피부역류를 나타내는 사지섭취(Extremity uptake ratio)는 높

Table 3. Summary of studies evaluating response to physical therapy and prognosis prediction using lymphoscintigraphy

Author	Patient No.	Primary/Secondary	Extremity	Radiopharmaceutical	Physical Therapy	Findings
Cavezzi[39]	8	Primary/Secondary	Lower	^{99m}Tc -Nanocol	Compression stockings, Electrical therapy	Post-treatment increase in lymph node uptake, radiotracer transport, and reduction in dermal backflow.
Gothard[40]	21	Secondary	Upper	^{99m}Tc -Nanocol	Hyperbaric oxygen therapy	Increased radiotracer clearance after treatment.
Hwang[25]	19	Secondary	Upper/Lower	^{99m}Tc -ASC	Complex decongestive therapy	Increased lymphatic vessel/node uptake and decreased dermal backflow after treatment.
Kim[18]	18	Secondary	Upper	^{99m}Tc -phytate	Complex decongestive therapy	Higher pre-treatment axillary lymph node uptake was associated with greater volume reduction.
Kim[19]	158	Secondary	Lower	^{99m}Tc -phytate	Complex decongestive therapy	Lower pre-treatment inguinal lymph node uptake and higher extremity uptake (dermal backflow) were associated with greater volume reduction.
Kim[17]	80	Secondary	Upper	^{99m}Tc -phytate	Complex decongestive therapy	Presence of axillary lymph node uptake predicted favorable response.
Yoo[20]	152	Secondary	Lower	^{99m}Tc -tin colloid	Complex decongestive therapy	Severe dermal backflow was associated with poor treatment response.
Kim[24]	14	Secondary	Upper	-	Stellate ganglion block	Smaller extent of dermal backflow and its reduction over time predicted higher treatment effectiveness.
Seo[23]	81	Secondary	Lower	^{99m}Tc -ASC	Complex decongestive therapy or Stellate ganglion block	Absence of axillary lymph node uptake, limited dermal backflow, and lymphatic uptake confined to the forearm predicted better response to stellate ganglion block.
Jung[21]	24	Primary/Secondary	Upper/Lower	^{99m}Tc -ASC	Complex decongestive therapy	post-massage improvements (reduced dermal backflow, increased lymphatic vessel/node uptake) were associated to greater volume reduction after treatment.
Choi[41]	50	Primary/Secondary	Lower	^{99m}Tc -ASC	Complex decongestive therapy $\pm$ Lymphovenous anastomosis	Presence of inguinal lymph node uptake and main lymphatic vessel uptake was associated with lower incidence of cellulitis.
Hwang[42]	22	Primary/Secondary	Upper/Lower	^{99m}Tc -ASC	Complex decongestive therapy	No significant correlation between clinical improvement and post-treatment changes in dermal backflow or lymph node/vessel uptake.

ASC = antimony sulfur colloid

을수록 복합림프물리치료 후 부종감소가 컸다고 보고하였다 [19]. 반대로, Yoo 등은 부인암 치료 후 발생한 하지림프부종 환자에서 치료 전 림프신티그라피 상 육안적으로 평가한 피부 역류가 심한 경우, 치료 효과가 좋지 않았으며, 서혜부 림프절 섭취 유무는 치료 효과와 관계가 없었다고 보고하였다[20]. 치료 전 림프신티그라피에서 주사 후 1시간째 영상과 이후 30분 간 도수림프마사지를 하고 얻은 2시간째 영상을 비교했을 때,

도수림프마사지 후 림프신티그라피 소견이 호전된 경우 복합 림프물리치료 후 부종부피 감소가 더 큰 경향을 보였다는 보고가 있다[21].

성상신경절 차단술(Stellate ganglion block)은 물리치료에 잘 반응하지 않는 환자에게 유망한 치료대안으로 평가받고 있다[22]. 치료 전 림프신티그라피 소견을 바탕으로 림프부종에 대한 최적의 비수술적 치료방법을 선택할 수 있다. Seo 등

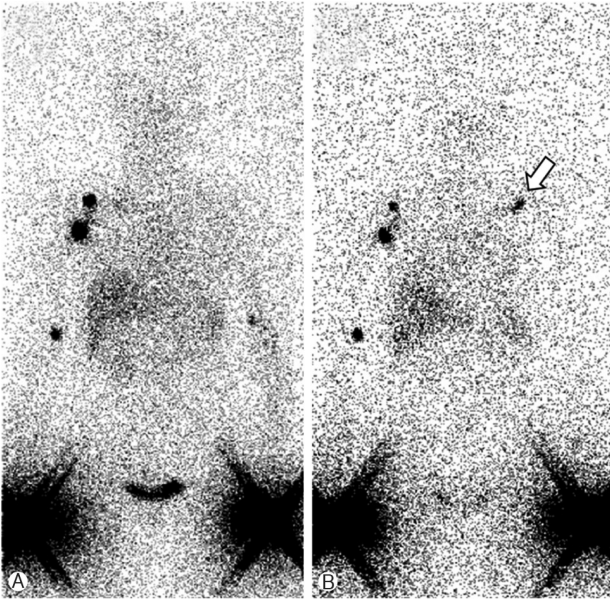


Fig. 9. Lymphoscintigraphy before (A) and after (B) complex decongestive therapy. Post-treatment image (B) shows newly visualized lymph node uptake in the left axillary region (arrow) compared to the pre-treatment image (A).

은 상지림프부종 환자의 치료 전 림프신티그라피에서 액와림프절 섭취가 보이지 않고, 피부역류의 범위가 작으며, 림프관 섭취가 전완부에 국한되는 경우 정상신경절 차단술의 효과가 복합림프물리치료에 비해 유의하게 높다고 보고하였다[23]. Kim 등은 치료 전 림프신티그라피에서 피부역류의 범위가 작고, 피부역류가 시간이 지남에 따라 감소되는 경우 정상신경절 차단술의 효과가 크다고 보고하였다[24].

복합림프물리치료 후 주로 사지둘레를 측정하며 치료효과를 판정하고 있지만 이는 림프순환의 호전을 직접적으로 반영하지 않기 때문에, 림프신티그라피를 이용하여 림프순환 변화를 직접적으로 평가한 연구들이 있다. Hwang 등은 복합림프물리치료 후 3개월째 시행한 림프신티그라피에서 피부역류 감소, 림프관 및 림프절의 섭취 증가 등의 호전 소견을 약 80%의 환자에서 확인하였다(Fig. 9)[25].

현재 국내 여건을 고려할 때, ^{99m}Tc -phytate를 이용한 연구에서 제시한 결과를 기반으로 치료 전 림프신티그라피에서 상지에서는, 환측 액와부 림프절의 정성적인 섭취[17]와 더불어 정상측 대비 환측의 액와부 림프절의 높은 정량적인 섭취[18]가, 국내 임상에 적용가능한 복합림프물리치료 후 좋은 치료

반응 및 예후를 예측하는 인자로 생각된다. 그러나, 하지에서는 환측 피부역류의 중증도가 클수록, 치료효과 및 예후가 좋다는 보고[19]와 좋지 않다는 보고[20]가 서로 상반되고 있어 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

림프신티그라피상 기능호전을 나타내는 일반적인 소견으로는 피부역류 감소, 주림프관 또는 및 근위부(상지: 액와부, 하지: 서혜부) 림프절의 섭취 증가 등을 들 수 있다. 그러나, ^{99m}Tc -phytate 림프신티그라피 특성상 보이는 림프관/림프절 섭취의 변동성으로 주의를 요하며, 정상측과의 정량적인 비교가 기능호전 판단에 도움이 될 수 있다. 또한, 매우 심한 림프부종(Lee & Bergan의 단계 4, Taiwan lymphoscintigraphy staging T-6)에서는 오히려 피부역류 증가가 기능 개선의 지표일 수 있다.

3) 림프부종 수술 전후 평가

림프관과 정맥을 직접 연결하는 림프정맥 문합술(Lymphovenous anastomosis), 환측사지에 정상림프절을 이식하는 혈관화 림프절 이식술(Vascularized lymph node transfer) 등 수술적 치료는 림프부종 환자들에게 효과적인 치료로 고려되고 있다. 수술 전 림프신티그라피를 통해 림프부종 수술 후 효과를 예측할 수 있다. 림프신티그라피를 통한 수술전후 평가 연구는 Table 4에 요약 기술되어 있다.

Kim 등은 수술 전 림프신티그라피에서 상하지의 피부역류의 범위가 크고 림프관 섭취가 사지 전체에 보이는 경우 림프정맥 문합술 후 3-6개월 추적관찰에서 사지 부피감소가 컸다고 보고하였다[26]. Kwon 등은 하지림프부종 환자에서 수술 전 림프신티그라피에서 피부역류의 범위가 크고, 정상측 대비 환측 사지의 정량섭취가 높을수록 림프정맥 문합술 후 3개월, 1년째 추적관찰에서 사지 부피감소가 컸으나, 서혜부 림프절 섭취와는 관계가 없었다[2]. Chiewvit 등은 림프정맥 문합술 전 림프신티그라피에서 림프관 확장 및 피부역류의 존재가 수술 후 임상 결과의 개선을 예측하는 유의한 인자임을 보고하였다[27].

Maegawa 등은 하지 림프부종의 림프신티그라피 패턴을 5가지로 분류하였고, 서혜부림프절이 보이지 않으면서 피부역류가 전체 하지에 걸쳐 광범위하게 보이는 경우(Type III)가 림프정맥 문합술에 가장 적합하다고 제안하였다[28]. 이어

Table 4. Summary of lymphoscintigraphy studies for pre- and postoperative evaluation of lymphedema

Author	Patient No.	Primary/ Secondary	Extremity	Radiopharmaceutical	Surgery	Findings
Boccardo[34]	101	Secondary	Upper/Lower	-	Lymphovenous anastomosis	Decrease in transport index after surgery
Broyles[37]	84	Secondary	Lower	99mTc-sulfur colloid	Vascularized lymph node transfer	SPECT/CT mapping for selective inguinal lymph node harvesting prevented donor-site lymphedema.
Chiewwit[27]	80	-	Upper/Lower	99mTc-dextran	Lymphovenous anastomosis	Preoperative lymphatic dilation and dermal back-flow predicted postoperative improvement.
Damstra[43]	10	Secondary	Upper	99mTc-Nanocoll	Lymphovenous anastomosis	No improvement in transport index after surgery
Dionyssiou[3]	41	Secondary	Upper	99mTc-Nanocoll	Vascularized lymph node transfer	SPECT/CT-guided selective inguinal lymph node harvesting prevented donor-site lymphedema.
Hara[32]	56	Primary/ Secondary	Upper/Lower	99mTc-HSA	Lymphovenous anastomosis	Improvement in Maegawa classification correlated significantly with clinical improvement.
Iimura[31]	12	-	Upper	99mTc-phytate	Lymphovenous anastomosis	Postoperative improvements in liver/blood and inguinal lymph node/blood ratios. Dermal back-flow reduced in 10/12 patients.
Kim[26]	133	Primary/ Secondary	Upper/Lower	99mTc-phytate	Lymphovenous anastomosis	Larger extent of dermal backflow and diffuse lymphatic uptake were associated with greater reduction of edema.
Kwon[2]	17	Primary/ Secondary	Lower	99mTc-tin colloid/phytate	Lymphovenous anastomosis	Larger extent of dermal backflow and higher extremity uptake ratio were associated with greater reduction of edema.
Liu[33]	30	Secondary	Upper	99mTc-Nanocoll	Vascularized lymph node transfer	Improvement in lymph node uptake and tracer transport was observed in 11/30 patients, all showing clinical improvement.
Mihara[29]	84	-	Lower	99mTc labeled albumin	Lymphovenous anastomosis	Maegawa Type III and V showed significant edema reduction after surgery; Type I showed no improvement.
Mikami[16]	20	-	Upper	99mTc-HSA	Lymphovenous anastomosis	Edema reduction varied by Maegawa classification: I (0.7%), II (-9.7%), III (-11.5%), IV (-2.5%), V (0.5%).
Nuri[44]	81	Secondary	Lower	-	Lymphovenous anastomosis	Lymphatic uptake extending to proximal regions predicted greater reduction of edema compared to uptake limited to the ankle.
Weiss[35]	177	Secondary	Upper	99mTc-HSA	Autologous lymph node transfer	Improvements in transport index correlated significantly with volume reduction.
Kleinhans[36]	23	-	Upper/Lower	99mTc-stannous sulfur colloids	Autologous lymph node transfer	Improvements in transport index correlated significantly with volume reduction.
Liu[38]	30	Secondary	Upper	99mTc-Nanocoll	Vascularized lymph node transfer	Normal transport index in donor lower limb after selective inguinal lymph node harvesting.

HSA = human serum albumin

Mihara 등은 Maegawa 분류의 type III 및 V에 해당하는 경우 림프정맥 문합술 후 부종이 유의하게 감소하였다고 보고하였다[29]. 같은 그룹에서 Mikami 등은 상지 림프부종 환자에

서 위에 제시한 5가지 림프신티그래피 패턴을 적용하였고, 림프관의 섭취나 피부역류가 상완까지 관찰되는 경우(Type II 혹은 III)가 림프정맥 문합술 후 부종감소가 다른 타입에 비해

켰다고 보고하였다[16]. Pappalardo 등은 림프절/림프관 섭취가 보이지 않고 피부역류만 관찰되는 심한 림프신티그라피 소견을 보일 경우, 림프정맥 문합술보다는 림프절 이식술, 지방 흡입술, 부피감축술 등이 적합하다고 제안하였다[30].

수술 후 림프순환의 개선을 평가하는데 있어서 림프신티그라피가 유용하다는 보고들이 있다. 림프신티그라피를 통해 하지 림프정맥 문합술 후 피부역류의 감소와 서혜부 림프절 섭취의 증가를 확인할 수 있으며[31], Maegawa 분류 상 호전된 경우 임상적 호전 비율이 높음을 확인하였다[32]. 림프정맥 문합술 및 림프절 이식술 후 림프순환 속도의 개선 및 이식된 림프절의 섭취를 확인할 수 있으며[33,34], 림프이식술 후 림프흐름 지수의 개선이 사지부피의 개선과 유의한 상관관계가 있음이 보고되었다[35,36].

림프절 이식술 후 이식받은 사지의 림프부종은 호전되나 림프절을 공여한 정상 사지에서 새로운 림프부종이 발생할 우려가 있다. 수술 전 SPECT/CT를 통한 림프절 매핑을 통해 선택적 림프절 채취를 통해 공여 측 사지의 림프부종 발생 우려를 줄일 수 있다[3,37]. 또한 수술 후 사지 둘레 측정 등의 임상적 평가와 더불어 림프신티그라피 추적을 통해 림프절 공여측 사지의 림프부종 발생여부를 평가할 수 있다[38].

현재 ^{99m}Tc -phytate가 주로 사용되고 있는 국내 여건을 고려할 때, Kim[26], Kwon[2] 등이 제시한 수술 전 림프신티그라피 상의 피부역류의 범위가 크고, 환측 림프관 섭취가 사지 전체에 보이거나, 정상측 대비 환측의 사지 섭취율이 높은 경우가, 임상판독에 적용가능한 수술 후 부종감소에 대한 좋은 예측인자로 생각된다. 수술 후 림프신티그라피 상 피부역류 감소, 림프절 섭취증가의 확인을 통해 림프순환의 기능 개선을 평가할 수 있다. 그러나 마찬가지로, 림프절 섭취와 피부역류가 없거나 미약한 매우 심한 림프부종에서는 오히려 피부역류가 새롭게 나타나거나 증가하는 것이 림프순환 개선의 지표가 될 수 있음을 유의해야 한다.

결론

림프신티그라피는 림프부종의 정확한 진단 및 중증도 평가 뿐 아니라, 치료 전 예후 예측과 치료 후 림프 기능의 개선을 평가하는 데 중요한 역할을 한다. 대한핵의학회와 대한림프부종학회의 공동 지침은 국내 임상 현실을 반영한 표준화된 판

독기준 및 정량 평가법을 제시하여, 의료 현장에서의 일관된 적용을 돕고 림프부종 환자의 치료계획 수립과 예후 향상에 실질적인 도움을 줄 것으로 기대된다. 특히 본 지침에서는 국내에서 유일하게 사용할 수 있는 ^{99m}Tc -phytate의 특성을 반영한 판독기준을 제시하여, 림프신티그라피 판독 및 임상 활용성을 높이고자 하였다. 향후 보다 많은 국내 기관에서 림프신티그라피를 적극 활용하고, 제안된 표준화된 판독 및 정량 지표를 통해 림프부종 환자들에게 보다 일관되고 질 높은 의료 서비스를 제공함으로써 환자의 삶의 질 향상과 예후 개선에 기여하기를 기대한다.

Acknowledgments

This guideline has been prepared based on the current medical evidence and has been tailored to the situation in the Republic of Korea based on the opinions and suggestions of authors and members belonging to the Korean Society of Nuclear Medicine and the Korean Society of Lymphedema. It was approved by the Board of the Korean Society of Nuclear Medicine on February 5, 2025, and by the Board of the Korean Society of Lymphedema on January 24, 2025. We would like to express our sincere gratitude to the members of the Korean Society of Nuclear Medicine and the Korean Society of Lymphedema for providing valuable feedback and materials in the preparation of this guideline, as well as to the representatives of the Nuclear Medicine departments from 27 hospitals who participated in the survey. Authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1. Korean Society of Lymphedema. Clinical practice guideline for lymphedema following cancer treatment. 2015 <http://www.kslymph.or.kr/file/151204.pdf> Accessed January 1, 2022.
2. Kwon HR, Hwang JH, Mun GH, Hyun SH, Moon SH, Lee KH, et al. Predictive role of lymphoscintigraphy undergoing lymphovenous anastomosis in patients with lower extremity lymphedema: a preliminary study. *BMC Med Imaging* 2021;21:188.
3. Dionyssiou D, Demiri E, Sarafis A, Goula CO, Tsimponis

- A, Arsos G. Functional lymphatic reconstruction with the "Selected Lymph Node" technique guided by a SPECT-CT lymphoscintigraphy. *J Surg Oncol* 2019;120:911-918.
4. Cambria RA, Gloviczki P, Naessens JM, Wahner HW. Noninvasive evaluation of the lymphatic system with lymphoscintigraphy: a prospective, semiquantitative analysis in 386 extremities. *J Vasc Surg* 1993;18:773-782.
5. Yoo J-N, Cheong Y-S, Min Y-S, Lee S-W, Park HY, Jung T-DJ. *Ann Rehabil Med*. Validity of quantitative lymphoscintigraphy as a lymphedema assessment tool for patients with breast cancer 2015;39:931.
6. Szuba A, Strauss W, Sirsikar S, Rockson SJNmc. Quantitative radionuclide lymphoscintigraphy predicts outcome of manual lymphatic therapy in breast cancer-related lymphedema of the upper extremity 2002;23:1171-1175.
7. Gloviczki P, Calcagno D, Schirger A, Pairolero PC, Cherry KJ, Hallett JW, et al. Noninvasive evaluation of the swollen extremity: experiences with 190 lymphoscintigraphic examinations. *J Vasc Surg* 1989;9:683-689; discussion 690.
8. Hassanein AH, Maclellan RA, Grant FD, Greene AK. Diagnostic Accuracy of Lymphoscintigraphy for Lymphedema and Analysis of False-Negative Tests. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2017;5:e1396.
9. Ter SE, Alavi A, Kim CK, Merli G. Lymphoscintigraphy. A reliable test for the diagnosis of lymphedema. *Clin Nucl Med* 1993;18:646-654.
10. Infante JR, Garcia L, Laguna P, Duran C, Rayo JI, Serrano J, et al. Lymphoscintigraphy for differential diagnosis of peripheral edema: diagnostic yield of different scintigraphic patterns. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol* 2012;31:237-242.
11. Larcos G, Wahner HW. Lymphoscintigraphic abnormalities in venous thrombosis. *J Nucl Med* 1991;32:2144-2148.
12. Lee BB, Bergan JJ. New clinical and laboratory staging systems to improve management of chronic lymphedema. *Lymphology* 2005;38:122-129.
13. Cheng MH, Pappalardo M, Lin C, Kuo CF, Lin CY, Chung KC. Validity of the Novel Taiwan Lymphoscintigraphy Staging and Correlation of Cheng Lymphedema Grading for Unilateral Extremity Lymphedema. *Ann Surg* 2018;268:513-525.
14. Lin YS, Liu CJ. Predictors of severity of lymphosclerosis in extremity lymphedema. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord* 2022;10:721-727 e722.
15. Pappalardo M, Lin C, Ho OA, Kuo CF, Lin CY, Cheng MH. Staging and clinical correlations of lymphoscintigraphy for unilateral gynecological cancer-related lymphedema. *J Surg Oncol* 2020;121:422-434.
16. Mikami T, Hosono M, Yabuki Y, Yamamoto Y, Yasumura K, Sawada H, et al. Classification of lymphoscintigraphy and relevance to surgical indication for lymphaticovenous anastomosis in upper limb lymphedema. *Lymphology* 2011;44:155-167.
17. Kim YH, Hwang JH, Bae JH, Choi JY. Predictive value of lymphoscintigraphy in patients with breast cancer-related lymphedema undergoing complex decongestive therapy. *Breast Cancer Res Treat* 2019;173:735-741.
18. Kim J, Jeon JY, Chae SY, Kwon S, Kim HJ, Yoo MR, et al. Prognostic Factors of Quantitative Lymphoscintigraphic Findings in Patients with Breast Cancer-Related Lymphedema. *Lymphat Res Biol* 2020;18:400-405.
19. Kim YB, Hwang JH, Kim TW, Chang HJ, Lee SG. Would complex decongestive therapy reveal long term effect and lymphoscintigraphy predict the outcome of lower-limb lymphedema related to gynecologic cancer treatment? *Gynecol Oncol* 2012;127:638-642.
20. Yoo J, Choi JY, Hwang JH, Kim DI, Kim YW, Choe YS, et al. Prognostic value of lymphoscintigraphy in patients with gynecological cancer-related lymphedema. *J Surg Oncol* 2014;109:760-763.
21. Jung JY, Hwang JH, Kim DH, Kim HS, Jung SH, Lee PK, et al. Predicting the Effect of Complex Physical Therapy: Utility of Manual Lymph Drainage Performed on Lymphoscintigraphy. *J Korean Acad Rehab Med* 2004;28:78-82.
22. Forte AJ, Boczar D, Huayllani MT, Lu X, McLaughlin SA. Sympathetic Nerve Block in Lymphedema Treatment: A Systematic Review. *Cureus* 2019;11:e5700.
23. Seo KS, Suh M, Hong S, Cheon GJ, Lee SU, Jung GP. The New Possibility of Lymphoscintigraphy to Guide a Clinical Treatment for Lymphedema in Patient With Breast Cancer. *Clin Nucl Med* 2019;44:179-185.
24. Kim HR, Kim K, Kim HG, Lim CY, Chun SW, Seo KS. Predicting the Effect of Stellate Ganglion Block on the Lymphoscintigraphic Findings for Lymphedema in Post-Mastectomy Patients. *J Korean Acad Rehabil Med* 2011;35:214-223.
25. Hwang JH, Kwon JY, Lee KW, Choi JY, Kim BT, Lee BB, et al. Changes in lymphatic function after complex physical therapy for lymphedema. *Lymphology* 1999;32:15-21.
26. Kim HO, Woo KJ, Kim BS, Kang SY, Moon BS, Yoon HJ. Lymphoscintigraphic Findings as Indicators of Lymphaticovenous Anastomosis Outcome in Patients With Extremity Lymphedema: A Retrospective Cohort Study. *Clin Nucl Med* 2021;46:549-555.
27. Chiewvit S, Kummerdnakta S. Lymphoscintigraphic Findings That Predict Favorable Outcome after Lymphaticovenous Anastomosis. *Lymphology* 2017;50:1-8.
28. Maegawa J, Mikami T, Yamamoto Y, Satake T, Kobayashi S. Types of lymphoscintigraphy and indications for lymphaticovenous anastomosis. *Microsurgery* 2010;30:437-442.
29. Mihara M, Hara H, Tange S, Zhou HP, Kawahara M, Shimizu Y, et al. Multisite Lymphaticovenular Bypass Using Supermicrosurgery Technique for Lymphedema Manage-

- ment in Lower Lymphedema Cases. *Plast Reconstr Surg* 2016;138:262-272.
30. Pappalardo M, Cheng MH. Lymphoscintigraphy for the diagnosis of extremity lymphedema: Current controversies regarding protocol, interpretation, and clinical application. *J Surg Oncol* 2020;121:37-47.
31. Iimura T, Fukushima Y, Kumita S, Ogawa R, Hyakusoku H. Estimating Lymphodynamic Conditions and Lymphovenous Anastomosis Efficacy Using (99m)Tc-phytate Lymphoscintigraphy with SPECT-CT in Patients with Lower-limb Lymphedema. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2015;3:e404.
32. Hara H, Mihara M. Postoperative Changes in Lymphoscintigraphic Findings After Lymphaticovenous Anastomosis. *Ann Plast Surg* 2019;83:548-552.
33. Liu HL, Pang SY, Lee CC, Wong MM, Chung HP, Chan YW. Orthotopic transfer of vascularized groin lymph node flap in the treatment of breast cancer-related lymphedema: Clinical results, lymphoscintigraphy findings, and proposed mechanism. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2018;71:1033-1040.
34. Boccardo F, Santori G, Villa G, Accogli S, Dessalvi S. Long-term patency of multiple lymphatic-venous anastomoses in cancer-related lymphedema: A single center observational study. *Microsurgery* 2022;42:668-676.
35. Weiss M, Baumeister RG, Frick A, Wallmichrath J, Bartenstein P, Rominger A. Lymphedema of the upper limb: evaluation of the functional outcome by dynamic imaging of lymph kinetics after autologous lymph vessel transplantation. *Clin Nucl Med* 2015;40:e117-123.
36. Kleinhans E, Baumeister RG, Hahn D, Siuda S, Bull U, Moser E. Evaluation of transport kinetics in lymphoscintigraphy: follow-up study in patients with transplanted lymphatic vessels. *Eur J Nucl Med* 1985;10:349-352.
37. Broyles JM, Smith JM, Wong FC, Hanasono MM, Chang EI, Kappadath SC, et al. Single-Photon Emission Computed Tomographic Reverse Lymphatic Mapping for Groin Vascularized Lymph Node Transplant Planning. *Plast Reconstr Surg* 2022;150:869e-879e.
38. Liu HL, Pang SY, Lee CC. Donor limb assessment after vascularized groin lymph node transfer for the treatment of breast cancer-related lymphedema: Clinical and lymphoscintigraphy findings. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2019;72:216-224.
39. Cavezzi A, Paccasassi S, Elio C. Lymphedema treatment by means of an electro-medical device based on bioresonance and vacuum technology: clinical and lymphoscintigraphic assessment. *Int Angiol* 2013;32:417-423.
40. Gothard L, Stanton A, MacLaren J, Lawrence D, Hall E, Mortimer P, et al. Non-randomised phase II trial of hyperbaric oxygen therapy in patients with chronic arm lymphoedema and tissue fibrosis after radiotherapy for early breast cancer. *Radiother Oncol* 2004;70:217-224.
41. Choi JY, Hwang JH, Park JM, Lee KH, Kim SE, Kim DI, et al. Risk Assessment of Dermatolymphangioadenitis by Lymphoscintigraphy in Patients with Lower Extremity Lymphedema. *K J Nucl Med* 1999;33:143-151.
42. Hwang JH, Lee KW, Kwon JY, Kim BT, Choi JY, Lee BB, et al. Improvement of Lymphatic Function after Complex Physical Therapy Change of Lymphoscintigraphy. *Ann Rehabil Med* 1998;22:698-704.
43. Damstra RJ, Voesten HG, van Schelven WD, van der Lei B. Lymphatic venous anastomosis (LVA) for treatment of secondary arm lymphedema. A prospective study of 11 LVA procedures in 10 patients with breast cancer related lymphedema and a critical review of the literature. *Breast Cancer Res Treat* 2009;113:199-206.
44. Nuri T, Iwanaga H, Otsuki Y, Ueda K. Lymphoscintigraphy for prediction of effect of lymphaticovenular anastomosis for treatment of secondary lower limb lymphedema. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord* 2022;10:1079-1086.e1072.