**REVIEW ARTICLE**

ISSN 2508-190X

**CLL 9**(2):22-27, 2024

www.kslymph.or.kr

# 림프부종환자에서 림프신티그라피에서 정상 및 비정상 소견의 임상적 의미

인하대학교 의과대학 인하대학교병원 핵의학교실

**유민영**

# Clinical Relevance of Normal and Abnomal Findings in Lymphoscintigraphy in Patients with Lymphedma

**Min Young Yoo, MD, PhD**

*Department of Nuclear Medicine, Inha University Hospital, Inha University College of Medicine, Incheon, Republic of Korea*

Lymphoscintigraphy is a nuclear medicine imaging technique used to assess the function and structure of the lymphatic system. It plays a critical role in identifying sentinel lymph nodes prior to cancer surgery and in diagnosing lymphedema. By subcutaneously injecting radiopharmaceuticals, lymphatic flow is visualized, allowing for evaluation of lymphatic vessels and nodes with high sensitivity and specificity to detect abnormalities. In South Korea, $^{99m}$Tc-phytate is the primary radiopharmaceutical used, widely applied in both the diagnosis of lymphedema and the assessment of treatment outcomes. This review discusses the principles of lymphoscintigraphy, the characteristics of radiopharmaceuticals, and the clinical relevance of normal and abnormal findings in lymphedema patients. Additionally, this review explores how lymphoscintigraphy findings vary depending on the underlying causes of lymphedema, as well as the limitations of the technique.

**Key Words**: Lymphoscintigraphy · Lymphedema · Radiopharmaceuticals · $^{99m}$Tc-phytate · Primary Lymphedema

## 서 론

림프신티그라피(lymphoscintigraphy)는 림프계의 기능과 구조를 평가하는 핵의학적 영상 기법으로, 암종의 수술 전 감시림프절의 확인 및 림프부종의 진단과 감별 진단에 중요한 역할을 하고, 방사성의약품을 피하 주사하여 림프계를 통한 이동을 시각화하며, 림프관 및 림프절의 상태를 평가해 높은 민감도와 특이도로 병변의 유무를 판별할 수 있다. 1953년도에 Sherman과 Ter-Pogossian이 부인과 암의 전이를 치료하기 위해 방사성 금을 사용한 콜로이드를 피하 주사하였으며, 이 과정에서 이동하는 방사능을 통해 림프관과 림프절이 이미징되는 것을 관찰하였다[1]. 이 연구는 이후 림프계의 기능적 이상을 진단하기 위한 방사성 콜로이드의 사용으로 이어졌으며, 현재까지 림프신티그라피의 중요한 역사적 기점으로 평가된다. 현대에선 림프신티그라피는 림프계의 다양한 이상을 진단하는 데 있어 중요한 도구로 자리 잡았으며, 특히 림프부종의 진단 및 치료 전후의 상태를 평가하는 데 광범위하게 사용

▸ Received: October 9, 2024, ▸ Accepted: October 28, 2024
Address for correspondence: **Min Young Yoo,** MD, PhD
Department of Nuclear Medicine, Inha University Hospital, Inha University College of Medicine, 27, Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Republic of Korea
Tel: +82-32-890-3174, Fax: +82-32-890-3164
E-mail: mynuclear@inha.ac.kr

되고 있다. 이 종설은 림프부종 환자에서 시행되고 있는 림프신티그라피에서 현재 사용되고 있는 방사성의약품의 특성을 설명하고, 림프부종 환자에서 정상 및 비정상 소견의 임상적인 의미에 대해서 논하고자 한다.

## 본 론

### 1. 국내 림프신티그라피에서 쓰이는 방사성의약품과 그 특성

국내에서 림프신티그라피 검사에 사용되었던 방사성의약품은 $^{99m}$Tc-Antimony trisulfide colloid (ASC), $^{99m}$Tc-Tin Colloid (TC), $^{99m}$Tc-Human Serum Albumin ($^{99m}$Tc-HSA) 등이 있다. 그러나, 2010년대 이후 ASC, TC, $^{99m}$Tc-HSA는 제조와 수입이 모두 중단되어 현재 국내에서는 $^{99m}$Tc-phytate를 주로 사용하고 있다. 이러한 방사성추적자는 입자 크기나, 콜로이드 형성 안정성 등에 의해 이동속도나 이동량에 차이가 있어, 림프신티그라피 영상에 특징적 차이가 있다. 예를 들어, 방사성추적자의 입자 크기가 클수록 림프절에 정체될 가능성이 높아지나, 주사 부위에서 제거되거나 사라지는 비율 및 속도가 상대적으로 낮아진다[2]. 림프신티그라피 촬영을 위한 이상적인 방사성의약품은 주사부위에서 림프관을 통해 빠르게 배액되고 림프절에 정체되어 영상화 할 수 있도록 입자크기가 10-100 nm 정도 되는 것이다[3]. 이러한 각 방사성의약품의 림프신티그라피에서의 성능비교는 주로 감시림프절 영상에서 시행되어 왔고, 보고에 따르면, 대부분의 연구에서는 감시림프절 발견을 위한 림프신티그라피의 성적에서는 각 방사성추적자의 성적이 비슷한 것으로 보고되어왔다[4]. 그러나 림프부종이 있는 환자에서 비정상 림프관과 피부역류 등을 확인하는 데에는 어떤 방사성추적자가 가장 적합한 지에 대한 직접 비교 연구는 많지 않다. 2022년에 Koike 등이 하지 림프부종 환자에서 $^{99m}$Tc-phytate 및 $^{99m}$Tc-HSA를 이용하여 같은 환자에서 반복적으로 직접 검사하여 비교한 연구에 따르면, 주림프관의 병변 대비 비병변의 섭취 비율 및 피부 역류의 대비-잡음 비율에서 $^{99m}$Tc-HSA가 $^{99m}$Tc-phytate에 비해 우수하다는 유의미한 차이가 관찰되었다[5]. 이는 phytate에 비해 $^{99m}$Tc-HSA의 이미지가 선명하다는 뜻으로, 특히 주 림프관의 식별에서 $^{99m}$Tc-HSA가 $^{99m}$Tc-phytate 보다 우수한 결과를 보였다. 그러나, 주사 직후의 조기 영상을 촬영하지 않고 지연 영상을 통해 비교했기 때문에, $^{99m}$Tc-phytate는 주로 조기 영상에서 주 림프관이 선명하게 시각화되는 특성을 고려하면 주 림프관 식별이 $^{99m}$Tc-phytate 영상에서 상대적으로 낮게 나타날 가능성이 있기 때문에 결과해석에는 주의가 필요하다(Fig. 1). 림프절 축적이나 피부 역류의 식별에서는 $^{99m}$Tc-HSA와 $^{99m}$Tc-phytate를 사용한 림프신티그라피에서 유의미한 차이가 나타

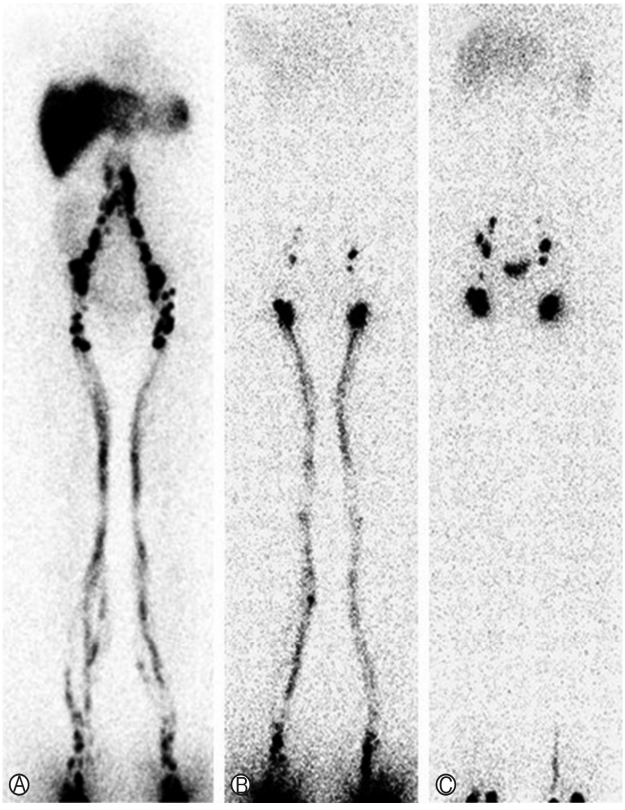



**Fig. 1.** Normal findings of Lymphoscintigraphy according to different radiopharmaceuticals.
**A**. Delayed image (2 h after injection) using $^{99m}$Tc-antimony trisulfide colloid. Main lymphatic vessels and regional lymph nodes are clearly visualized. Compared to $^{99m}$Tc-phytate, the main lymphatic vessels are visualized with higher contrast and clarity. Lymph nodes in the inguinal and iliac chains are observed in greater numbers and with enhanced clarity. **B**. Early image (10 min after injection) using $^{99m}$Tc-phytate. The main lymphatic vessels are clearly visualized, while the regional lymph nodes are not sufficiently visualized at this time. **C**. Delayed image (2 h after injection) using $^{99m}$Tc-phytate. Regional lymph nodes are more clearly observed and in greater numbers compared to the early image, whereas the radioactivity in the main lymphatic vessels has washed out.

나지 않았다[5].

이러한 영상 질의 차이는 $^{99m}$Tc-phytate의 특성에서 기인하게 된다. $^{99m}$Tc-phytate는 본래 콜로이드 물질은 아니지만, 체내에서 칼슘 이온과 반응해 콜로이드를 형성하며, 그 결과 환자마다 생성되는 입자 크기가 달라진다[6]. 보통 $^{99m}$Tc-HSA 평균 입자 크기가 10-100 nm인 반면, $^{99m}$Tc-phytate는 실험적 환경에서 측정한 사이즈는 400-500 nm으로 상대적으로 크기 때문에 주사 부위에서의 흡수율이 낮아 대비율이 낮아진다[4]. 또한, 상대적으로 사이즈가 큰 입자는 림프관 벽 및 판막의 유체역학적 영향을 덜 받아서, 더 빠르게 제거될 수 있는데[7,8], 이러한 영향으로 조기 영상에서 주림프관이 시각화 되는 비율이 높은 것으로 추정 해 볼 수 있으나, 추가 연구가 필요하다.  또한 콜로이드 특성상 $^{99m}$Tc-HSA에 비해 $^{99m}$Tc에 대한 결합 안정성이 떨어져 피부 역류의 대비-잡음 비율이 증가하는 경향을 보인다[2]. 이러한 $^{99m}$Tc-phytate의 특성에 따른 이미지 품질의 차이는 콜로이드 제제인 ASC나 TC와도 비교될 수 있는데, 이들은 $^{99m}$Tc-phytate보다 림프절에 더 많이 축적되며, 입자 크기가 작아(30-300 nm) 주사 부위에서의 흡수율이 높아 상대적으로 더 선명한 이미지를 제공한다[4].

그러나 이러한 이미지의 상대적인 선명도의 차이에도 불구하고, 조기영상에서 주림프관이 주로 시각화 되는 $^{99m}$Tc-phytate 영상의 특성상, 조기영상을 추가한다면 림프부종의 진단에 $^{99m}$Tc-phytate를 이용한 림프신티그라피는 여전히 유용한 진단도구이다. $^{99m}$Tc-HSA와 $^{99m}$Tc-pytate를 비교한 상기 연구에서도 림프절 축적이나 피부역류의 식별에서는 $^{99m}$Tc-HSA와 $^{99m}$Tc-phytate를 사용한 림프신티그라피에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 주의할 것은 $^{99m}$Tc-phytate는 $^{99m}$Tc- HSA나 다른 콜로이드 제제에 비해 주사 부위에서의 제거율이 낮고, 환자에 따라 콜로이드 형성과 이동 속도에 차이가 발생할 수 있다[6]. 이러한 이유로 $^{99m}$Tc-phytate는 정량적 분석에는 적합하지 않을 수 있으며, 정량적 분석이 필요한 경우에는 $^{99m}$Tc-HSA와 같은 비콜로이드성 추적제나 필터 처리되어 균일하게 만들어진 콜로이드제제를 사용하는 것이 더 적합하다[2]. 그럼에도 불구하고, $^{99m}$Tc-phytate는 현재 타 방사성의약품에 비해 임상적 접근성이 월등하여, 부종 진단과 같은 임상적 사용이나 정성적 분석에서 여전히 효과적인 도구로 사용될 수 있다.

## 2. 림프신티그라피의 임상적 필요성 및 정상 소견

림프신티그라피가 림프부종 진단에 중요한 이유로는 임상적 징후 만으로는 림프부종 감별이 어렵다는 데에 있다. 임상적 징후의 모호함 및 비슷한 증상을 나타내는 여러 질환을 감별하기 위해서는 림프신티그라피가 림프부종 진단의 최적표준으로 여겨지고 있으며, 민감도는 70-100%, 특이도 90-100%으로 보고 되었다[9]. 림프부종의 진단뿐만 아니라, 물리치료나, 미세수술 전후의 기능평가나 치료효과 예측에서도 많이 시행되고 있으나, 다양한환자군에 다양한 치료에 대한 다양한 결과들로 인해 아직 뚜렷하게 일치된 지표를 성립하기 위해서는 추가 연구가 필요한 사항이다.

림프신티그라피의 정상소견은 지역 림프절의 섭취가 명확하고 대칭적으로 관찰되며, 주 림프관의 선형 패턴이 명확하고 역시 대칭적으로 관찰되어야 한다[10]. $^{99m}$Tc-phytate를 사용한 영상에서는 지연영상에서는 주 림프관이 명확하게 관찰되지 않을 수 있으므로 주사직후의 영상을 획득하는 것이 필요하다. 양측 상지 및 하지는 모두 동시적으로 연구되어야 하며, 임상적으로 부종이 한쪽에만 나타나더라도 양팔 또는 양다리를 비교하기 위해 모두 촬영에 포함하여야 한다. 림프계 기능 이상을 판단하는 기준으로는 림프절 시각화의 지연, 비대칭 또는 부재, 피부역류의 존재 등이 포함된다. 추가적인 소견으로는 림프관의 비대칭적 시각화, 우회 림프관, 끊어진 혈관 구조 등이 있다. 부행 림프관이나 중간림프절 역시 관찰되지 않는 것이 정상소견이나, 정상적인 변이로 나타날 수 있으므로 해석에 주의를 요한다. 비정형 위치에서 림프절이 나타나는 경우(슬와 또는 팔꿈치 림프절), 림프 흐름이 느려지고 있다는 징후로 해석될 수 있다[10]. 정량적 분석은 림프계 장애 진단에서 림프신티그라피의 민감도와 특이도를 높이는 데 기여할 수 있다[11].

진단적 차별화를 강화하기 위한 4단계 등급도 제안된 바 있다[12]. 피부역류가 없으면서 지역림프절의 섭취가 다소 감소하면 1단계, 지역림프절의 섭취가 감소되거나 없으면서 피부역류가 관찰되면 2단계, 지역림프절이 보이지 않으나, 피부역류가 관찰되면 3단계, 지역 림프절도 관찰되지 않으면서, 피부역류나 주림프관의 선형패턴도 모두 관찰되지 않으면 4단계로 평가할 수 있다. 여기서 주의해야할 것은, 수술적 치료

를 받은 이차성 림프부종 환자에서는, 기본적으로 지역림프절의 섭취가 비대칭적이라 피부 역류의 존재 유무에 따라 정상과 비정상으로 평가하는 경우가 많은데, 4단계에서는 역시 피부 역류가 관찰되지 않으므로, 림프절 섭취여부 및 임상적인 소견을 함께 평가하여 판단하여야 한다.

## 3. 이상소견

### 1) 원발성 림프부종의 림프신티그라피 소견 및 한계

원발성 림프부종은 선천적인 림프관 이상으로 발생하는 만성 질환으로, 주로 하지에서 흔하며 편측성으로 발생하는 경우가 많지만, 유전적 원인일 경우 양측성으로 나타날 수 있다(Fig. 2). 이차성 림프부종에 비해 림프신티그라피의 진단 민감도가 낮은 것으로 알려져 있는데[13], 이는 원발성 림프부종이 다양한 정도의 림프계 기능장애를 동반하여 임상적으로 뚜렷하게 나타나지 않다가 진단되거나, 림프절 절제와 같은 수술적 치료 이후에 발견되는 등 다양한 임상 경과를 보이며 림프신티그라피 소견과 임상소견이 일치하지 않는 경우가 많은 데에서 기인한다[14].

또한, 림프신티그라피에서 피부 역류나 림프절의 부재 등 명확한 비정상 소견이 관찰되기도 하지만, 경우에 따라 추적자의 이동 속도가 느려지거나 주 림프관의 팽창, 중간림프절 및 부행 림프관의 시각화 등 림프부종을 진단 내리기에 애매한 소견으로 나타나는 경우도 많다. 이러한 소견들은 림프관의 구조적 결함과 기능 저하의 정도를 반영하며, 림프 흐름의 평가를 더욱 복잡하게 만든다. 지역 림프절이 부분적으로 시각화 되지 않거나, 비대칭적으로 관찰되어 면밀히 살펴보지 않으면 놓치기 쉬운 경우도 있다[12]. 이러한 요인들은 모두 원발성 림프부종의 림프신티그라피 해석을 어렵게 만드는 원인으로 작용한다. 결론적으로, 원발성 림프부종에서 나타나는 림프신티그라피 소견은 질환의 병리적 특성을 반영하나, 이차성 림프부종에 비해 진단 민감도가 낮다는 한계가 있다. 따라서 보조적 영상 기법 및 다른 원인들의 제외 등 임상적 평가를 병행한 다각적인 평가가 진단에 필수적이다.

### 2) 이차성 림프부종의 림프신티그라피 소견 및 치료 평가

이차성 림프부종은 기생충 감염(특히 사상충증), 수술 후

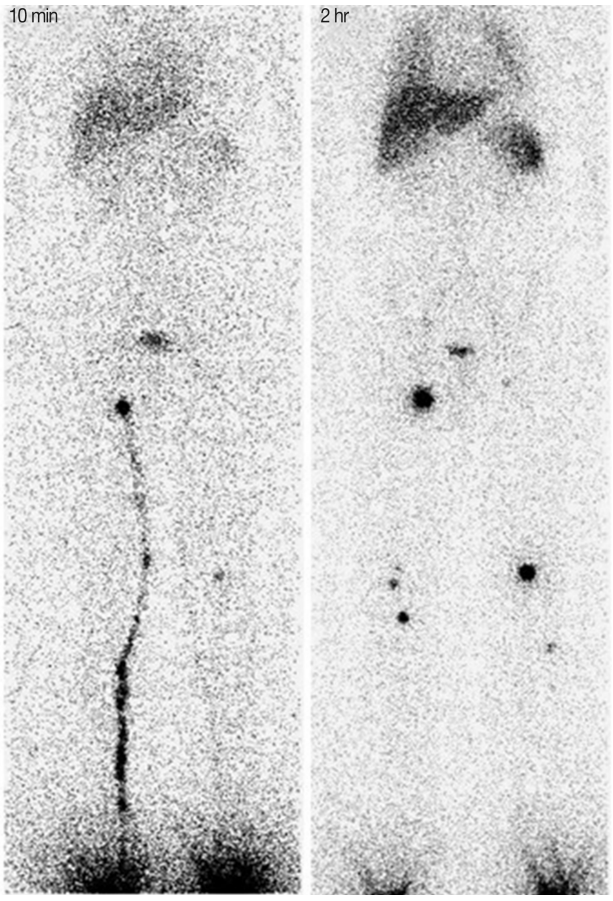



**Fig. 2.** Lymphoscintigraphy findings in primary lymphedema. A 19-year-old male with no history of surgery or trauma presented with a three-year history of left foot swelling. Lymphoscintigraphy revealed a significant reduction in both the number and clarity of inguinal lymph nodes in both lower extremities, with poorly visualized main lymphatic vessels. Popliteal lymph nodes were visualized bilaterally. In the left leg, regional lymph nodes and main lymphatic vessels were barely visualized, and dermal backflow was also not observed, indicating near-complete lymphatic obstruction. In the right leg, the main lymphatic vessels were moderately visible, with no dermal backflow observed. Inguinal lymph nodes were visualized, but lymph nodes in the iliac chain were not observed, suggesting partial lymphatic obstruction. The diagnosis was primary bilateral lower extremity lymphedema.

림프절 절제, 외상이나 감염, 악성 종양에 의한 림프절 폐쇄, 만성 정맥 기능 부전 등 다양한 원인으로 발생하며, 림프신티그라피 소견도 원인에 따라 다양하게 나타난다. 일반적으로 수술이나 종양에 의한 림프절 폐쇄의 경우, 림프관이 명확히 시각화되지 않거나 림프액의 흐름이 원활하지 않아 수술 받은

부위의 지역 림프절이 시각화되지 않는 경우가 많으며, 원발성 림프부종이 혼재한 경우 수술을 받지 않은 부위의 지역림프절이 보이지 않는 경우도 있으니 임상소견과 비교하여 판독하여야 한다[14].

사상충증과 같은 기생충 감염에서는 성충의 지속적인 움직임과 면역 매개 염증 반응으로 인해 림프관 손상 및 기능 부전이 발생할 수 있다. 브라질에서 진행된 연구에 따르면, 무증상 환자와 증상이 있는 환자 모두에서 림프신티그라피 상 이상 소견이 나타났으며, 이는 감염 후 초기에도 림프조직 손상이 발생함을 시사한다[15]. 무증상 환자에서는 림프관 확장과 부행 림프관 발달 등이 관찰되었고, 슬와 림프절이 자주 시각화되었다. 반면, 증상이 있는 환자에서는 림프관이 보이지 않거나 개수가 줄어드는 소견이 나타났으며, 피부역류는 증상이 있는 경우에만 관찰되었다. 이는 림프신티그라피가 임상증상만으로는 파악하기 어려운 조기 림프계 이상을 반영하며, 조기 영상의 중요성을 보여준다고 할 수 있다[15].

이차성 림프부종의 또 다른 원인인 감염 후 림프부종이나 외상 후 림프부종에서는 림프절의 시각화가 지연되거나 비대칭적으로 나타나며, 이는 림프계의 부분적 폐쇄나 손상을 반영한다[16]. 만성 정맥 기능 부전과 동반된 림프부종에서는 정맥기능부전이 진행됨에 따라 지역림프절로의 추적자 이동이 느려 지고, 피하에서 추적자가 정체되는 소견이 나타난다[17]. 비록 원인에 따라 세부 소견은 다를 수 있으나, 공통적으로 림프 흐름의 지연, 림프절 시각화의 부재 또는 비대칭성, 피부역류와 같은 특징적 패턴을 통해 림프계 이상을 진단하고, 림프부종의 정도를 시각적으로 평가할 수 있다.

림프신티그라피는 이차성 림프부종 치료 전후의 평가에도 많은 연구가 있어왔다. 비수술적 치료인 복합물리치료를 시행하기 전, 림프신티그라피를 통해 치료 반응을 예측할 수 있으며, 치료 후에도 정성적 또는 정량적 평가를 통해 림프 기능 개선 여부를 평가할 수 있다. Kim 등의 연구에서는 유방암 치료 후 이차성 림프부종 환자에서 액와부 림프절 섭취가 복합림프물리치료에 효과를 예측하는 중요한 인자였다고 보고하였다[18]. 또한, 유방암 및 부인암, 남성 생식기암 등 암종 치료 후의 이차성 림프부종 환자에서도, 치료 전 림프신티그라피에서 관찰된 서혜부 림프절 섭취 정도와 피부역류 유무 등의 소견이 치료 반응과 밀접한 연관이 있어, 치료 전 림프신티그라피가 치료 방법의 선택에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다[19].

이러한 연구들은 림프신티그라피가 이차성 림프부종 환자에서 치료 계획 수립과 예후 평가에 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다. 그러나, 다양한 연구에서 서로 다른 방사성의약품 및 그에 따른 다양한 프로토콜을 사용하여 각 연구 결과를 다른 임상 환경에 적용하는 데 어려움이 있으며, 표준화된 해석이 어렵다. 또한 같은 연유로 정량평가 방법에 대한 명확한 통일된 기준 역시 부족하여 치료 전후의 림프 기능 개선 정도를 평가할 때 연구 간 결과 비교에 제한이 있을 수 있다. 따라서 림프신티그라피의 림프부종에서의 치료 전후의 평가 도구로서의 효용성을 높이기 위해서는, 통일된 프로토콜과 표준화된 정량적 분석 방법을 확립할 필요가 있으며, 이를 바탕으로 대규모 임상 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

## 결 론

림프신티그라피는 림프부종 환자에서 정상 및 비정상 소견을 시각화하여 림프계 이상을 평가하는 중요한 진단 도구이다. 정상소견은 지역 림프절의 섭취가 명확하고 대칭적으로 관찰되며, 주 림프관의 선형 패턴이 명확하고 역시 대칭적으로 관찰된다. 비정상 소견으로는 지역 림프절의 비대칭 또는 부재, 피부역류, 림프관의 확장 및 손상, 그리고 부행 림프관 및 중간 림프절의 관찰 등이 포함된다.

이러한 비정상 소견은 림프부종의 중증도를 평가하고, 치료 계획 수립 및 치료 효과 모니터링에 중요한 임상적 정보를 제공한다. 하지만 다양한 방사성의약품 및 그에 따른 촬영 프로토콜의 다양성으로 인해 임상환경에 일괄적으로 적용하는데 한계가 있을 수 있으며, 이를 해결하기 위해 표준화된 분석 방법과 대규모 임상 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

### Acknowledgments

This work was supported by the grants from the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea, funded by the Ministry of Science and ICT (2022R1I1A1A01068463).

## REFERENCES

1. Sherman AI, Ter-Pogossian M. Lymph-node concentration of radioactive colloidal gold following interstitial injection.

Cancer 1953;6:1238-1240.
2. Szuba A, Shin WS, Strauss HW, Rockson S. The third circulation: radionuclide lymphoscintigraphy in the evaluation of lymphedema. J Nucl Med. 2003;44:43-57.
3. Strand S, Bergqvist L. Radiolabeled colloids and macromolecules in the lymphatic system. Crit Rev Ther Drug Carrier Syst. 1989;6:211-238.
4. 서영덕, 정재훈, 문종운, 윤상혁, 김영석, 강세훈, et al. Lymphoscintigraphy 에 이용되는 방사성의약품의 사용제한으로 인한 대체 방사성의약품의 성능평가. 핵의학기술 2009;13:25-29.
5. Koike T, Yabuki Y, Miki N, Yamamoto Y, Kokubo K, Kitayama S, et al. Visualization of lower extremity lymphedema in the same cohort using $^{99m}$Tc-human serum albumin and $^{99m}$Tc-phytate lymphoscintigraphy with SPECT-CT. Lymphology 2022;55:1-9.
6. Davis MA, Kaplan ML, Ahnberg DS, Cole CN. A modified Tc-99m-phytate colloid for liver-spleen imaging. The International Journal of Applied Radiation and Isotopes 1977;28: 123-130.
7. Solari E, Marcozzi C, Negrini D, Moriondo A. Lymphatic Vessels and Their Surroundings: How Local Physical Factors Affect Lymph Flow. Biology (Basel). 2020;9:463
8. Li H, Zhang J, Padera TP, Baish JW, Munn LL. Fluid dynamics and leukocyte transit in the lymphatic system. PNAS Nexus. 2024;3:195.
9. 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.
10. Villa G, Campisi C, Ryan M, Boccardo F, Di Summa P, Frascio M, et al. Procedural recommendations for lymphoscintigraphy in the diagnosis of peripheral lymphedema: the Genoa protocol. Nucl Med Mol Imaging. 2019;53:47-56.
11. Baulieu F, Bourgeois P, Maruani A, Belgrado J, Tauveron V, Lorette G, et al. Contributions of SPECT/CT imaging to the lymphoscintigraphic investigations of the lower limb lymphedema. Lymphology 2013;46:106-119.
12. Lee B, Bergan J. New clinical and laboratory staging systems to improve management of chronic lymphedema. Lymphology 2005;38:122-129.
13. Weissleder H, Weissleder R. Lymphedema: evaluation of qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in 238 patients. Radiology 1988;167:729-735.
14. Roman MM, Barbieux R, Nogaret J-M, Bourgeois P. Use of lymphoscintigraphy to differentiate primary versus secondary lower extremity lymphedema after surgical lymphadenectomy: a retrospective analysis. World J Surg Oncol. 2018;16:1-6.
15. Freedman DO, Filho PJdA, Besh S, Silva MCMe, Braga C, Maciel A. Lymphoscintigraphic analysis of lymphatic abnormalities in symptomatic and asymptomatic human filariasis. J Infect Dis. 1994;170:927-933.
16. Williams WH, Witte CL, Witte MH, McNeill GC. Radionuclide lymphangioscintigraphy in the evaluation of peripheral lymphedema. Clin Nucl Med. 2000;25:451-464.
17. Silva JH, Perez MdCJ, Barros Jr Nd, Castiglioni MLV, Novo NF, Miranda Jr F. Venous-lymphatic disease: lymphoscintigraphic abnormalities in venous ulcers. Jornal Vascular Brasileiro 2009;8:33-42.
18. 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.
19. Cheng M-H, Pappalardo M, Lin C, Kuo C-F, Lin C-Y, 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.