



림프부종 평가를 위한 림프신티그라피: 대한핵의학회/대한림프부종학회 시행/판독 지침 V1.1

(Lymphoscintigraphy in Lymphedema: Procedure and Interpretation Guideline by the Korean Society of Nuclear Medicine and Korean Society of Lymphedema V1.1)

서민석¹, 유민영², 채선영³, 최준영⁴, 한상원^{5*}

서울대학교병원 핵의학과¹, 인하대병원 핵의학과², 의정부 을지대병원 핵의학과³, 성균관의대 삼성서울병원 핵의학과⁴, 울산의대 서울아산병원 핵의학과⁵

* 저자 순서는 가나다순을 따름.

Minseok Suh¹, Min Young Yoo², Sun Young Chae³, Joon Young Choi⁴ and Sangwon Han⁵

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

²Department of Nuclear Medicine, Inha University, College of Medicine, Incheon, Republic of Korea

³Department of Nuclear Medicine, Uijeongbu Eulji Medical Center, Eulji University School of Medicine, Uijeongbu-si, Republic of Korea

⁴Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea

⁵Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

서문(Preamble)

대한핵의학회는 대한민국 핵의학의 임상 및 기술적 발전을 도모하기 위해 1961년

창립되었으며, 핵의학 의사와 관련 과학자를 중심으로 구성되어 있다. 대한림프부종학회는 림프부종과 관련된 기초 및 임상적 연구와 림프부종의 예방, 진단 및 치료를 공부하고 연구할 목적으로 다양한 분야의 의사, 과학자, 물리치료사 및 간호사들이 모여 2010년 창립되었다. 대한핵의학회와 대한림프부종학회는 림프부종의 진단 및 평가를 위하여 사용되는 림프신티그라피에 대한 시행 및 판독지침을 양 학회가 협력하여 제정하기로 정하였으며, 주기적으로 이 지침을 개정하여 림프부종 환자의 진료의 질을 향상시키기 위해 노력하고 있다.

이 지침의 목적은 림프부종 진단 및 평가에 사용되는 림프신티그라피 검사를 시행하는 데 있어서 현재의 의학 지식, 유용 가능한 자원과 환자의 필요에 근거하여 의료인이 합리적인 조치를 취하고 효과적이고 안전한 검사를 시행하며, 정확한 판독을 제공하는 목표를 달성하는 데 도움을 주는 데 있다.

I. 서론(Introduction)

림프신티그라피는 1970년대에 암환자에서 림프절 전이 진단을 위하여 처음으로 임상에 사용되기 시작하였으며, 1980년에 처음으로 림프부종에서 임상사용이 보고가 된 이후[1] 림프부종의 진단, 기능적 중증도 평가, 치료반응 평가, 추적관찰, 예후 예측 등에 임상적으로 사용이 되고 있다.

이 지침은 림프부종 평가를 위한 림프신티그라피 검사에 대한 현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다. 이 지침에는 검사 적응증, 검사 시행 절차, 영상 판독 및 보고, 영상 장비의 성능 및 품질 관리 등 임상적으로 적용될 수 있는 일반적인 정보를 포함하였다.

이 지침은 의료인이 환자에게 보다 적절한 의료를 제공하는 것을 지원하는 목적으로 마련되었으며, 검사 시행 시 변경할 수 없는 규칙이나 시행해야 하는 필수 요건은 아니다. 그러므로, 대한핵의학회와 림프부종학회는 이 지침을 의료인의 의학적 결정에 이의를 제기하는

법적 소송에 사용하는 것에는 주의해야 한다는 것을 명시한다. 검사의 구체적인 절차나 적절한 조치에 대한 궁극적인 판단은 관련 의사가 각각의 독특한 상황을 고려하여 내려야 하며, 어떤 절차가 이 지침과 다르다고 하여 의료행위가 표준에 미치지 못한다는 의미는 아니다. 오히려, 환자의 상태, 제한적인 자원, 지침 이후 지식 또는 기술의 발전에 따라 합리적인 판단을 하여 이 지침에 제시된 내용과 다른 적절한 조치를 수행할 수 있다. 환자의 다양성과 복잡성으로 인해 가장 적절한 진단 및 치료에 대한 특정 반응을 항상 정확하게 예측하기는 어렵다. 따라서, 이 지침을 준수하는 것이 항상 정확한 진단과 성공적인 결과를 보장하는 것은 아니다.

II. 지침의 목적(Purpose)

이 지침은 림프부종 평가를 위한 림프신티그래피 검사의 임상적 적응증, 시행, 판독 등에 대한 일반적인 정보를 제공한다. 이를 통하여 검사를 의뢰 또는 수행하는 의료인 및 직원들에게 실제적인 도움을 주고, 적절한 검사의 시행 및 검사의 질을 높이는 데 목적을 두고 있다. 나아가서는 림프부종 환자에게 적절한 의료기술 제공, 삶의 질 향상 및 건강 개선에 도움을 주고 보건 의료 정보의 효율적 사용에 기여하는 것이 궁극적인 목표이다. 의학은 계속 발전하고 있는 분야이므로, 이 지침의 내용은 현재 시점의 참고자료로 받아들이고, 완성된 불변의 지침으로 간주해서는 안 된다.

III. 용어의 정의(Definitions)

1. 림프신티그래피(Lymphoscintigraphy)는 감마선을 방출하는 림프계로 이동하는 방사성의약품을 피하주사 등을 통하여 체내에 주입한 뒤, 이로부터 발생하는 140 KeV의 감마 방사선을 감마카메라로 검출하여, 주입한 방사성의약품의 체내 림프계 분포를 영상화하는 기법이다.
2. 감마카메라(Gamma camera)는 체내에서 방출하는 감마선을 섬광체, 검출기 등을 통하여

전기적 신호로 변환하여 체내분포를 디지털 영상화하는 장비이다.

3. 단일광자전산화단층촬영(Single-photon emission computed tomography, SPECT)/전산화단층촬영(Computed tomography, CT)는 감마카메라의 헤드를 회전하며 체내에서 방출하는 감마선을 검출하여 3차원적인 영상을 재구성하여 얻는 영상기법인데, CT 스캐너가 같이 달린 SPECT/CT 감마카메라에서 해당 부위의 CT 영상을 같이 얻어 CT와 SPECT 영상의 융합영상을 얻을 수 있다. 이를 통하여, 병변의 해부학적 위치를 더 잘 알 수 있어, 진단의 정확도 향상 및 추가적인 진단 정보를 얻을 수 있다.

IV. 검사 적응증(Clinical indications)

림프신티그라피는 주로 다음과 같은 목적으로 사용된다.

- 부종의 감별진단 및 림프부종 진단/중증도 평가
- 물리치료반응 평가 및 예후 예측
- 림프부종 수술 전후 평가

V. 자격요건과 종사자의 책무(Qualifications and responsibilities of personnel)

검사시행은 방사성의약품을 사용하는 진단절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준수한다[2]. 검사판독은 핵의학 전문의 자격증을 가진 의사에 의해서 수행된다.

VI. 검사시행 절차(Procedure/specifications of the examination)

1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

^{99m}Tc -phytate는 국내에서 가장 일반적으로 사용되는 림프신티그라피용 방사성의약품이다. ^{99m}Tc -phytate는 콜로이드는 아니지만, 조직 간질로 주입되어 조직액이나 혈액의 칼슘이온과 응집하여 2차적으로 콜로이드를 형성한다. 이후 대식 세포에 포식되거나, 림프절이나 림프관으로 직접 들어가 영상을 얻을 수 있게 된다. 그러나 조직내에서 콜로이드 형성시 다양한 크기의 입자가 생성되어 영상의 질이 일정하지 않은 원인이 된다[3, 4]. ^{99m}Tc -phytate의 피하주사시 유효선량에 대해서는 보고된 바 없다.

2. 환자의 준비 및 주의사항(Patient preparation and precautions)

담당 의사, 간호사, 또는 방사선사는 안전하고 정확한 검사를 위해 환자에게 검사시행에 대한 의학적 필요성과 검사과정에 대하여 자세히 설명하고 환자를 준비시킨다.

절대적 금기는 없으나 상대적 금기는 임신이나 모유 수유 중인 환자이다. 임신이 확인되거나 의심되는 여성 환자의 경우 림프신티그라피 검사로 인한 의학적 이득과 발생 가능한 위험을 고려하여 임상적 판단 하에 검사를 시행할 수 있다. ^{99m}Tc -phytate는 모유로 적게 분비되기 때문에 수유를 중단하지 않아도 무방하나 수유 유아에 대한 방사선 노출을 줄이기 위해 24시간동안 수유를 중단하는 것을 권장한다.

3. 검사시행을 위한 사전정보(Required clinical information)

검사 전 다음과 같은 임상적 정보를 확인하는 것이 필요하다.

- 부종 증상이 있는 부위
- 부종의 가족력, 부종과 연관된 증후군 (Turner's, Klippel-Trenaunay-Weber, Noonan syndrome 등) 여부

- 악성 질환의 병력, 수술, 항암치료, 또는 방사선 치료력,
- 외상이나 감염력
- 혈전색전증 병력
- 과거 및 현재 림프부종 치료력
- 부종과 관련하여 시행한 초음파, CT, MR 검사 여부 및 결과

4. 방사성의약품 투여 및 영상획득(Radiopharmaceuticals administration and imaging acquisition)

1) 방사성의약품 투여

^{99m}Tc-phytate 투여 권장량은 성인 기준 주사 부위당 약 37 MBq(± 10%)로 하고, 주입량(volume)은 약 0.1-0.2 mL로 한다. 환자가 테이블 위에 똑바로 누운 상태에서 방사성의약품을 피하주사 한다[5-7]. 검사의 재현성을 보장하기 위해, 모든 환자에게 동일한 투여량, 주입량, 투여방법 등을 사용할 것을 권장한다. 임상적으로 부종이 의심되는 부위가 일측 또는 양측에 상관없이, 비교를 위해 양측 상지나 하지를 동시에 검사한다. 상지 부종의 평가를 위해서는 양손의 둘째와 셋째 지간에, 하지 부종의 평가를 위해서는 양발의 첫째와 둘째 지간에 주사한다[7]. 잠재적인 영상 질 저하 가능성이 발생할 수 있으나, 환자의 통증을 줄이고, 상지 또는 하지의 외측면에 주사시 심부 림프계가 영상화 되는 것을 피하기 위해 사지 부위당 단일 주사할 수 있다. 이럴 경우, 상지는 양손의 둘째 지간에, 하지는 양발의 첫째 지간에 주사한다[8].

방사성의약품 투여시 통증을 줄이기 위해 주사 전 국소 마취 크림을 도포하거나 방사성의약품과 함께 lidocaine을 섞어서 주사할 수 있다[6, 9]. 그러나 이런 방법을 사용하지 않아도 주사 후 수분 내 통증이 사라지기 때문에 특별한 전처치 없이 검사를 시행할 수 있다. 2023년 국내 27개 병원을 대상으로 시행한 설문조사결과에 따르면, 13개의 병원에서

방사성의약품 투여 전 통증 경감을 위해 국소 마취 크림(37.0%)이나 국소 마취 스프레이(3.7%)를 도포하거나 방사성의약품에 lidocaine을 첨가하여 주사(7.4%)하는 방법을 사용하고 있었다.

2) 영상 획득

Low energy high resolution 또는 low energy ultra-high-resolution collimator를 장착한 이중헤드 감마카메라를 사용하여 영상획득을 위한 에너지 창은 $140 \text{ KeV} \pm 20\%$ 로 하고 똑바로 누운 상태에서 전후면 영상을 얻는다[6]. 전후면 영상을 모두 얻기 어려운 경우는 전면영상을 얻는다. 환자의 체격이 큰 상지 부종의 경우 어깨와 손이 영상 범위에서 벗어나지 않도록 주의한다. 주사부위 제거율이나 섭취도 등의 정량분석을 위해서는 주사 직후 주사부위를 포함하는 초기 영상을 획득한다[10, 11].

주사 부위 및 주변 림프액의 흐름을 보기 위한 주사 직후 또는 초기 영상은 동적영상, 정적영상, 또는 연속촬영 등의 방법으로 획득할 수 있으며 손이나 발의 주사부위를 포함한 영상을 주사 직후 15분 이내에 획득한다[8, 12, 13]. 액와부나 서혜부를 포함하는 30분째 영상은 조기에 림프절 섭취 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있다[14]. 주사 직후 또는 초기에 얻은 영상과 2시간째 지연 영상을 표준 영상으로 한다[8, 14, 15]. 2시간째 지연영상은 전신영상을 얻거나, 상지부종의 경우 손끝에서 머리를 포함하고 하지부종의 경우 발끝에서 어깨를 포함하는 영상을 얻을 수 있다. 경우에 따라 액와부나 서혜부 림프절 섭취가 보이지 않을 경우 3-6시간 지연 영상을 얻을 수 있다[12, 16-18].

동적영상은 30초/프레임 또는 60초/프레임으로 64×64 이상 매트릭스로 영상을 얻으며, 정지된 상태에서 정적 영상을 얻을 경우 256×256 매트릭스로 영상을 획득한다. 일정 속도로 움직이면서 상지나 하지 또는 전신영상을 획득하는 연속촬영의 경우 256×1024 매트릭스로 10-15 cm/min 사이의 속도로 영상을 획득한다[6, 8, 13, 19].

림프액의 흐름을 촉진시키기 위한 운동 부하는 반드시 시행해야 하며, 림프신티그라피의 영상

질 및 정량 지표에 영향을 줄 수 있기 때문에 각 병원에서는 모든 환자에서 동일한 운동 부하 프로토콜을 사용한다. 운동 부하는 주사 후 초기 영상을 얻은 뒤 약 15-20분간 시행한다. 상지 부하의 경우 고무공 주무르기, 주먹 쥐었다 펴기, 마사지 등의 방법을 사용할 수 있으며, 하지의 경우 검사실 복도를 걷기, 운동용 자전거(ergometer), 하지 마사지 등을 사용할 수 있다[6].

2023년도에 국내 병원을 대상으로 시행한 설문조사결과에 따르면, 상지의 경우 16개 병원, 하지의 경우 17개 병원에서 운동부하를 시행하고 있으며, 이 중 주사 후 30분내에 운동부하를 시행하는 경우가 상지는 62.5%, 하지의 경우 64.7%였다. 운동부하방법은 상지의 경우 주사부위 마사지(12.5%), 고무공 주무르기(31.3%), 주먹 쥐었다 펴기(56.3%) 등이었으며, 하지의 경우 주사부위 마사지(5.9%), 걷기(94.1%) 등의 방법을 사용하고 있었다.

SPECT/CT 영상은 필요시 선택적으로 얻을 수 있다. SPECT/CT는 CT 영상을 통해 해부학적 정보를 획득하여 판독의 특이도 및 정확도를 높일 수 있다(그림 1). 영상 획득시 360도 원형궤도, 총 60-128 투사상(20-25초/투사상), 128 X 128 매트릭스 이상으로 하여 영상을 얻을 수 있다[20, 21]. CT 촬영으로 인해 방사선 노출량이 증가할 수 있으므로 필요한 부위에만 최소의 CT 선량으로 시행한다. 다만, 우리나라에서는 신의료기술평가가 되어 있지 않아, 공식적인 임상진료 목적으로는 비용을 청구하여 사용할 수 없다.

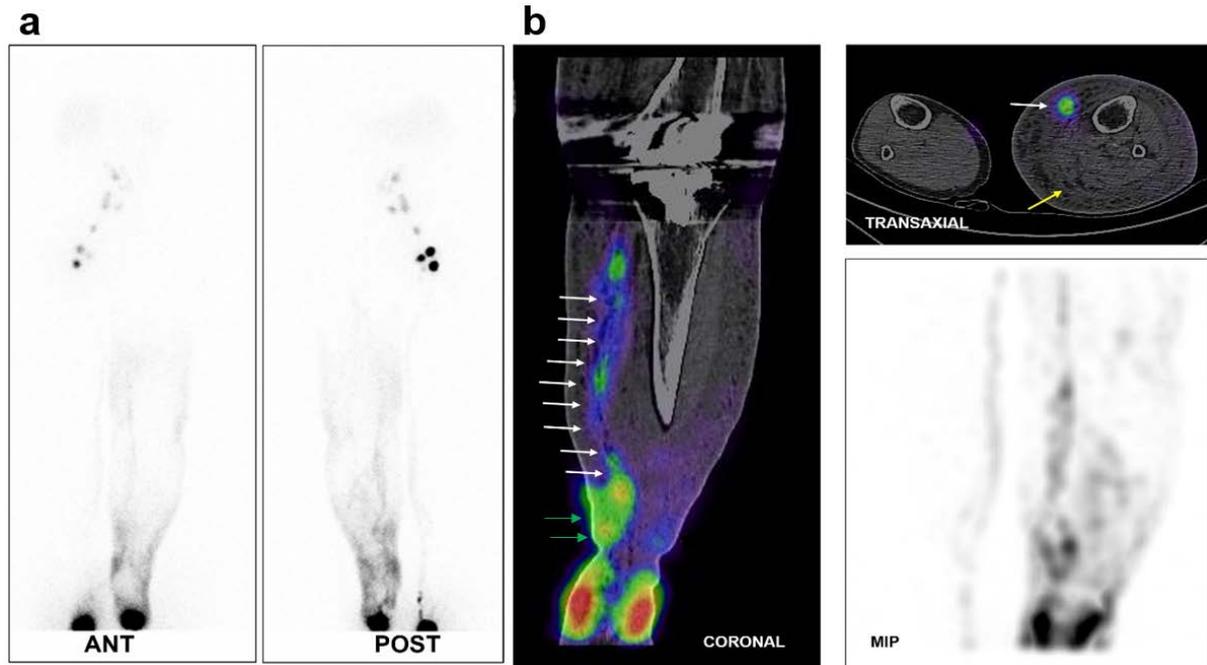


그림 1. 좌측 하지 림프부종 환자의 ^{99m}Tc -phytate 림프신티그라피 평면(a) 및 SPECT/CT(b) 영상. 평면영상에서 보이는 부행림프관(백색 화살표) 및 피부역류(초록색 화살표)의 위치를 3차원적으로 정확히 SPECT/CT 영상에서 알 수 있다. 또한 CT에서 피하조직내에 림프부종의 특징적인 영상 소견 중 하나인 honeycomb pattern(노란색 화살표)이 관찰된다.

5. 영상 처리(Imaging processing)

주사 직후 또는 초기의 영상, 30분째 영상(선택적), 2시간째 얻은 전신영상(추가 지연영상 획득시는 이어서 전송)순으로 판독용 워크스테이션 또는 PACS에 전송한다. 정량분석을 시행 시, 나중에 기술하는 정량분석 방법을 참고하여 분석 후, 정량분석 결과 영상을 추가 전송한다.

SPECT/CT를 촬영한 경우, MIP(Maximal intensity projection) 영상을 포함하여 상지 및 하지 모두 횡단면(transverse), 관상면(coronal), 시상면(sagittal) fusion SPECT/CT 영상과 횡단면 CT, 횡단면 SPECT 영상을 기본적으로 포함하며, 필요시 CT 및 SPECT의 관상면, 시상면 영상을 추가한다. SPECT 영상은 모두 CT 영상을 통하여 감쇠보정한다.

Ⅶ. 영상 판독 및 보고(Image interpretation and reporting)

1. 일반적 판독기준 및 판독 보고

사지 림프신티그래피의 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 림프신티그래피에서는 근막위 주림프관과 지역림프절이 대칭적으로 관찰되어야 한다(그림 2). 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 안되거나 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 림프신티그래피에서는 지연영상에서 정상적으로 주림프관이 안 보이는 경우도 있는데, 이 경우는 주사 직후 영상이 주림프관의 기능을 파악하는 데 도움이 된다(그림 3).

림프신티그래피 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(그림 4).

영상판독은 기본적으로 피부역류의 유무 및 범위, 지역림프절의 섭취정도에 대한 내용은

필수적으로 포함되어야 하며, 비정상소견으로 확인할 수 있는 부행림프관 존재여부 및 중간 림프절 존재여부 등을 서술해야 한다. 서술된 내용을 기반으로 림프부종의 중증도 평가, 또는 시술 전후의 호전여부평가는 각 센터 별로 사전에 논의된 방식으로 평가한다.

2023년도에 국내 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.

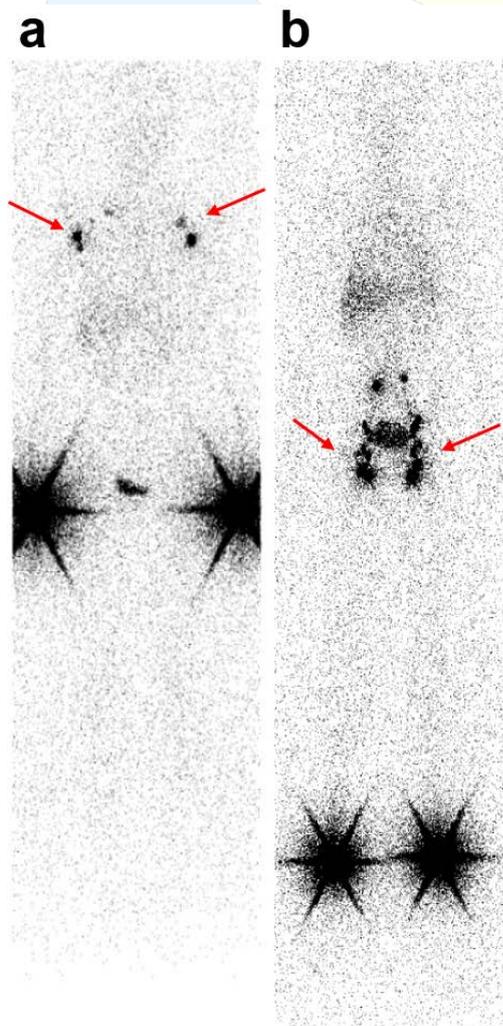


그림 2. 정상 상지(a) 및 하지(b) ^{99m}Tc -phytate 림프신티그라피. 양측 액와부 림프절 혹은 서혜부 림프절(빨간색 화살표)이 대칭적으로 잘 관찰되고, 피부역류와 중간 림프절이 관찰되지 않는다.

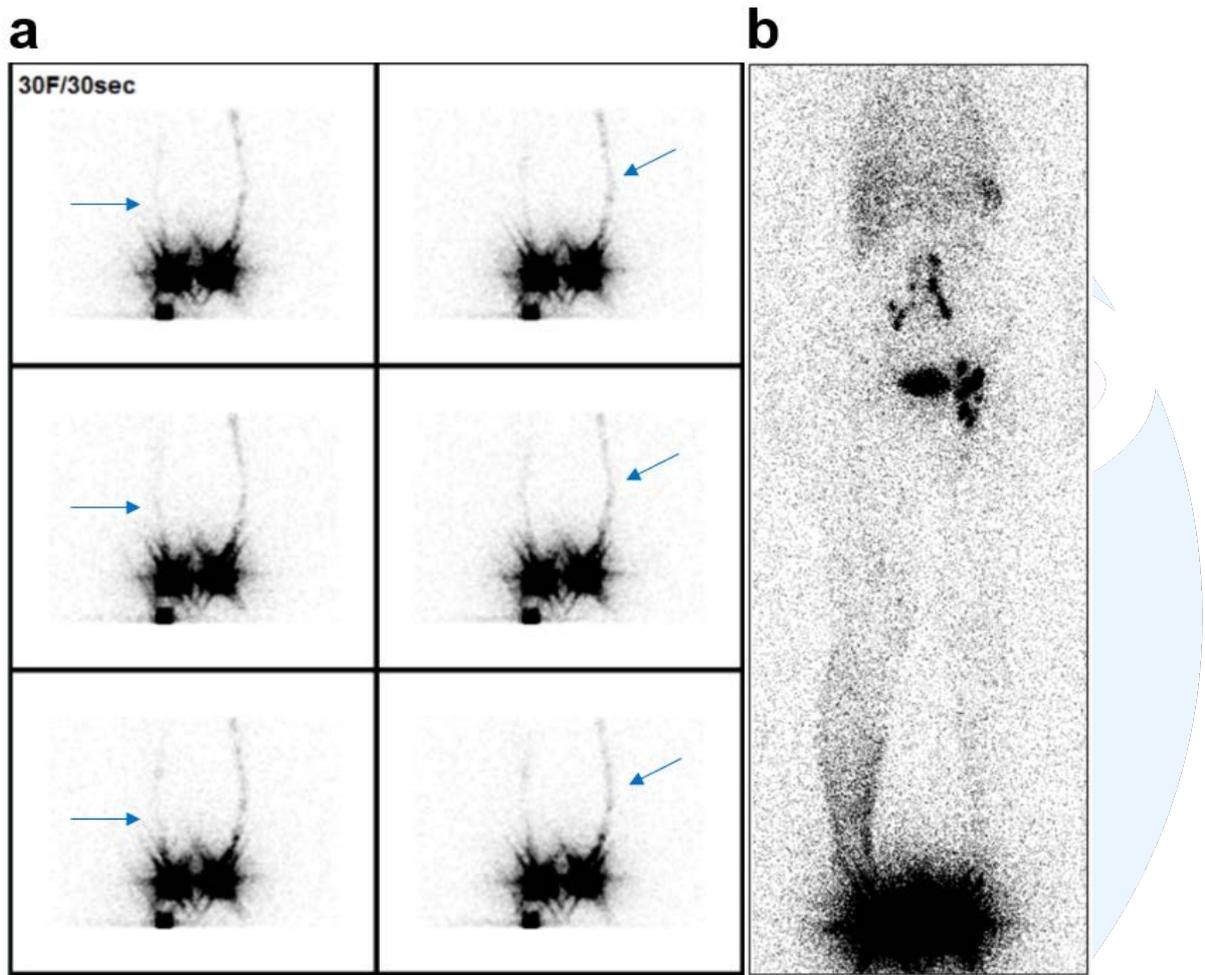


그림 3. 우측 하지 림프부종 환자의 ^{99m}Tc -phytate 동적(a) 및 지연(b) 림프신티그라피 영상. 지연 영상에서는 주림프관이 잘 안 보이나, 초기 동적영상에서 양쪽 하지의 주림프관(파란색 화살표)이 잘 관찰된다.

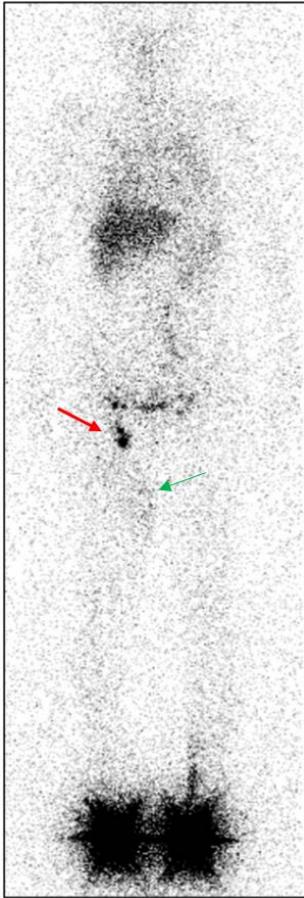


그림 4. 우측 하지 림프부종 환자의 ^{99m}Tc -phytate 림프신티그라피 영상. 최근 우측 대퇴부에 염증/감염이 있었다. 림프신티그라피상 우측 대퇴부의 피부역류(초록색 화살표)와 함께 우측 서혜 림프절(빨간색 화살표)의 섭취증가가 관찰된다.

2. 정량분석 방법

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

가장 많이 시행하고 있는 사지 섭취도(% extremity uptake)는 일반적으로 일정시간(1시간 또는 2시간 영상)의 사지부위 섭취계수를 초기영상에서의 주사부위 계수 또는 방사성의약품

투여량으로 나누어 구한 값으로 구하는 공식은 다음과 같다[22].

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

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(그림 5). 간단히 하려면 주사 부위와 지역 림프절(액와 또는 서혜부)을 제외하고 사지 전체에 사각형의 관심 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.

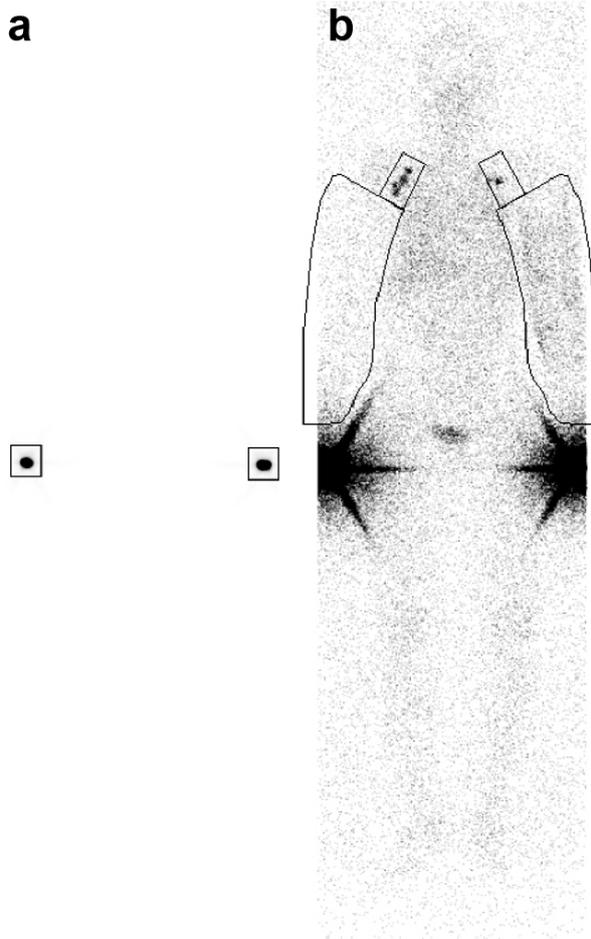


그림 5. 림프신티그래피를 이용한 사지 섭취도 평가. 초기 영상에서 주사부위 주변에 사각형 관심영역(ROI)을 설정하여 주사부위 계수를 측정한다(a). 0분 시점의 우측 및 좌측 상지 주사부위 계수는 각각 669,514와 731,624였다. 2시간 지연 영상에서 상지 부위에 ROI를 설정하여 사지 섭취 계수를 측정한다 (b). 2시간 시점의 우측 및 좌측 상지 섭취 계수는 각각 2,301과 4,900였다. 사지 섭취도는 사지 섭취 계수를 주사부위 계수로 나눈 백분율로 정의되며 다음과 같이 계산된다: 우측 상지 섭취도(%) = $2,301 / 669,514 \times 100 = 0.34\%$, 좌측 상지 섭취도(%) = $4,900 / 731,624 \times 100 = 0.67\%$.

지역 림프절 섭취도(Regional lymph node uptake)는 방사성의약품을 주사하고 일정시간에 지역림프절에 방사성의약품이 섭취되는 정도로, 공식은 다음과 같다[22].

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

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(그림 6). 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

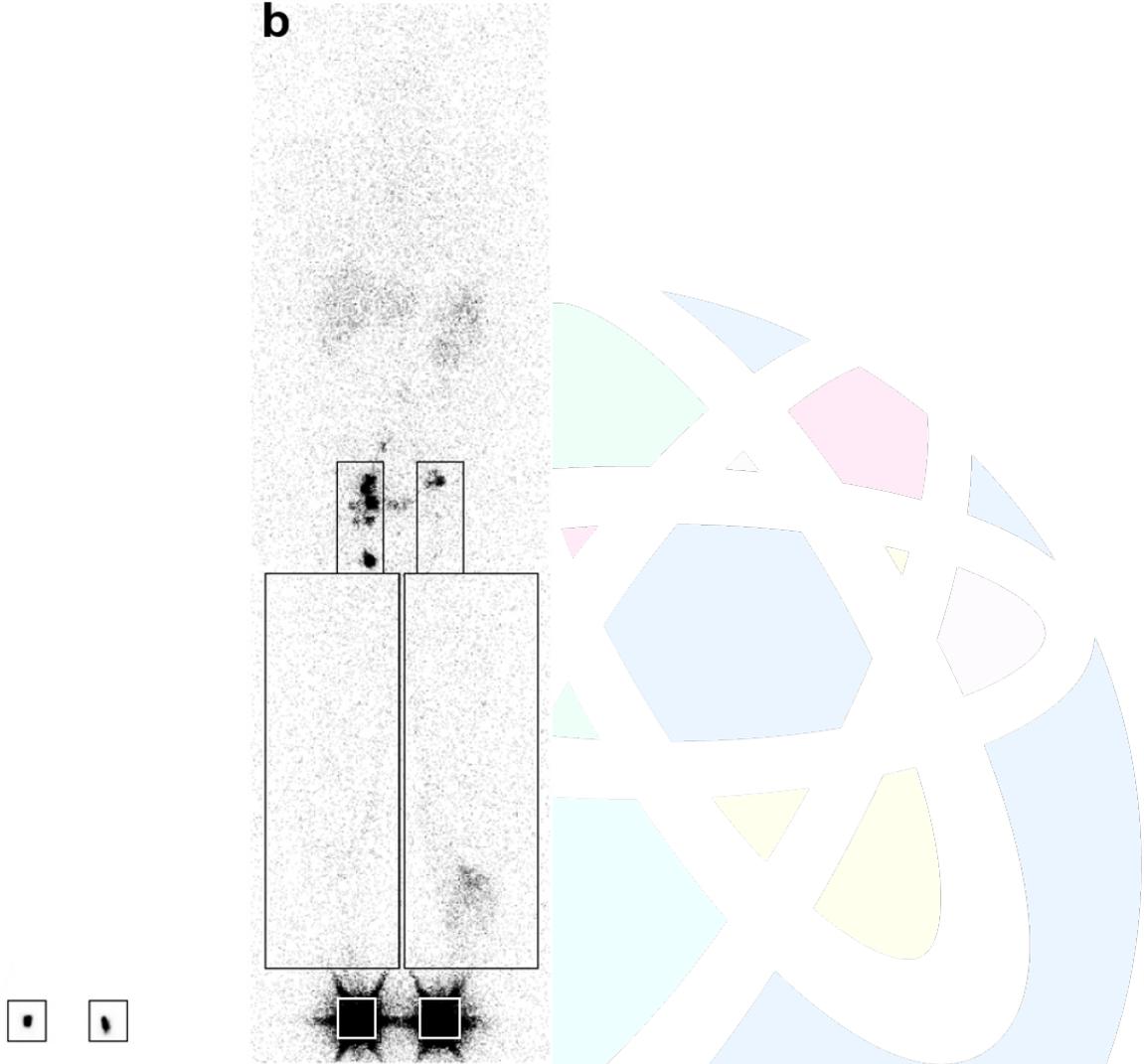
a**b**

그림 6. 림프신티그라피를 이용한 지역 림프절 섭취도 및 주사부위 제거율 평가. 초기 영상에서 주사부위 주변에 사각형 ROI를 설정하여 주사부위 계수를 측정한다(a). 우측 및 좌측 하지의 초기 주사부위 계수는 각각 454,115와 529,625였다. 2시간 지연 영상에서 지역 림프절 부위와 주사부위에 ROI를 설정하여 각 계수를 측정한다(b). 2시간 시점의 림프절 섭취 계수는 우측 4,501, 좌측 1,999였으며, 2시간 시점의 주사부위 계수는 우측 361,521, 좌측 398,490였다. 지역 림프절 섭취도는 림프절 계수를 주사 부위 계수로 나눈 백분율로 계산하며, 다음과 같다: 우측 서혜 림프절 섭취도(%) = $4,501 / 454,115 \times 100 = 0.99\%$, 좌측 서혜 림프절 섭취도(%) = $1,999 / 529,625 \times 100 = 0.38\%$. 주사 부위 제거율은 다음과 같이 계산된다: 우측 제거율(%) = $(454,115 - 361,521) / 454,115 \times 100 = 20.39\%$, 좌측 제거율(%) = $(529,625 - 398,490) / 529,625 \times 100 = 24.76\%$.

주사부위 제거율(Injection site clearance)은 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(그림 6)[22, 23].

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

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.

림프의 운반 속도, 방사성 추적자의 분포, 림프절 시각화 시간, 림프절 및 림프관의 시각화 여부 등 5가지 지표로 구성된 이동지표(Transport index) 점수체계 또한 다수의 연구에서 사용되고 있다[18]. 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.

이 밖에도 림프절과 양측사지의 섭취를 비교 평가할 수 있는 방법으로 정량비대칭 지수(Quantitative asymmetry index, QAI)가 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(그림 7)[24, 25].

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

다만, 주사된 방사성 의약품의 양이 양쪽에서 유의하게 다른 경우, 이로 인해 정량 지표에

바이어스가 생길 수 있으므로 주의가 필요하다.

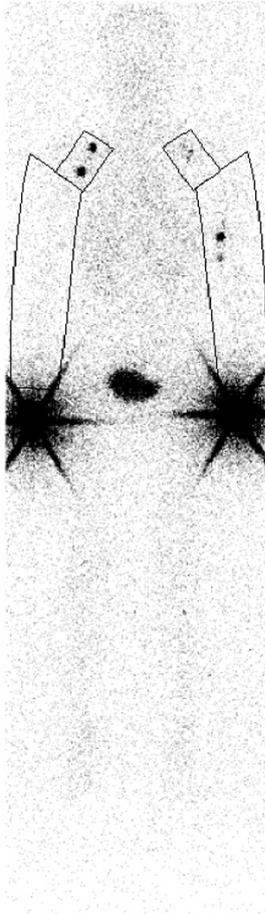


그림 7. 림프신티그래피를 이용한 정량비대칭 지수(Quantitative Asymmetry Index, QAI) 평가. 양측 지역 림프절에 관심 영역을 설정하여 정상 사지와 림프부종 사지 간의 방사성의약품 섭취를 비교한다. 우측과 좌측 액와 림프절의 계수는 각각 1,350과 487이다. QAI는 림프부종 사지의 림프절 섭취를 정상 사지로 나눈 값으로 계산되며, 다음과 같다: $QAI = 487 / 1,350 = 0.36$.

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[16, 17, 26, 27]. 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[28]. 림프신티그라피의 정성적 평가에서 피부역류와 지역 림프절의 비대칭이 림프부종과 다른 원인을 감별하는데 있어 가장 중요한 영상 소견이다[27]. 부행림프관과 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[18, 26].

림프신티그라피는 임상병기와 별도로 림프부종의 기능적 중증도를 제시할 수 있다. 림프부종의 기능적 중증도는 환자의 진단, 치료 계획 수립 및 예후 평가에 활용할 수 있다. 다양한 분류체계가 보고되어 있으며 일반적으로 지역림프절 섭취 유무, 피부역류 유무와 범위를 기준으로 중증도를 분류한다. Lee 등은 220 명의 만성 림프부종 환자에서 림프절 섭취 여부, 피부역류, 주림프관, 부행림프관의 관찰, 주사 부위에서 방사성의약품이 제거되는 정도를 기준으로 림프신티그라피 4단계 등급 체계를 제시했다(표 1)[29]. 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 예측하는데 활용 가능하다.

표 1. Lee & Bergan의 4단계 분류법

등급	림프절 섭취	피부역류	부행림프관	주 림프관	방사성의약품 제거	세부 분류
1단계	감소됨 (±)	없음 (-)	관찰됨 (+)	감소됨 (±)	감소된 림프수송 (±)	
2단계	감소 또는 없음 (-)	관찰됨 (+)	감소된 (±)	관찰 부족하거나 관찰되지 않음 (±)	더 큰 감소 (±)	IIA: 피부역류가 각 사지의 1/2을 초과하지 않음 IIB: 각 사지의 1/2을 초과
3단계	없음 (-)	관찰됨 (+)	부족한 (-)	관찰 (-)	관찰되지 않음 (-)	제거되지 않음 (-)
4단계	없음 (-)	부족하거나 관찰되지 않음 (-)	관찰되지 않음 (-)	관찰되지 않음 (-)	관찰되지 않음 (-)	제거되지 않음 (-)

Cheng 등은 서혜부/액와 림프절 섭취여부를 바탕으로 우선 3단계로 분류하고, 선형적 림프관의 관찰, 피부역류 소견에 기초하여 7단계로 세분화하여 림프신티그래피 분류법(Taiwan lymphoscintigraphy staging)을 제시했다(표 2) [8]. 해당 분류체계는 사지 둘레 차이, CT 기반 체적 차이, 봉와직염, 증상 지속 기간 등의 임상소견과 림프관의 경화 정도와 유의한 상관관계가 있었다[8, 30, 31].

표 2. Taiwan lymphoscintigraphy staging

등급	림프절 섭취	피부역류	림프관
L-0	근위부 림프절의 현저한 섭취	없음	원위부에서 근위부로의 선형 림프관 존재
P-1	근위부 림프절의 수가 감소하거나 팔꿈치나 오금 부위에 중간 림프절이 존재	없음	피부역류 없는 원위부 선형 림프관
P-2	근위부 림프절의 수가 감소하거나 팔꿈치나 오금 부위에 중간 림프절이 존재	근위부 또는 원위부 림프부종 사지	피부역류가 있는 팽창된 원위부 선형 림프관
P-3	근위부 림프절의 수가 감소하거나 팔꿈치나 오금 부위에 중간 림프절이 존재	사지 전체	전체 피부역류가 있는 팽창된 림프관
T-4	근위부 또는 중간 림프절의 섭취 없음	원위부 피부역류	원위부 피부역류가 있는 팽창되거나 없는 림프관
T-5	근위부 또는 중간 림프절의 섭취 없음	사지 전체의 피부역류	사지 전체의 피부역류가 있는 팽창되거나 없는 림프관
T-6	근위부 또는 중간 림프절의 섭취 없음	없음	피부역류 없는 림프관 없음

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, 0)으로 분류하였다[14]. 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, 방사성의약품의 특성과 림프부종 위치 등의 요인으로, 상지 림프신티그래피에서는 심한 중증도(Lee & Bergan의 단계 4, Taiwan lymphoscintigraphy staging T-6) 소견을 보이지만, 임상적으로는 상지의 원위 말단부에 국한된 경미한 부종만 관찰되는 경우가 있다. 이러한 경우 중증도 평가에 주의가 필요하며, 손보다 근위부에 주사하여 얻은 림프신티그래피가 상지 전체의 기능적 중증도를 보다 정확히 평가하는데 도움이 될 수 있다.

대표적인 중증도를 보여주는 림프신티그래피 영상들은 그림 8, 9와 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, Mikami는 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 고려할 수 있다.

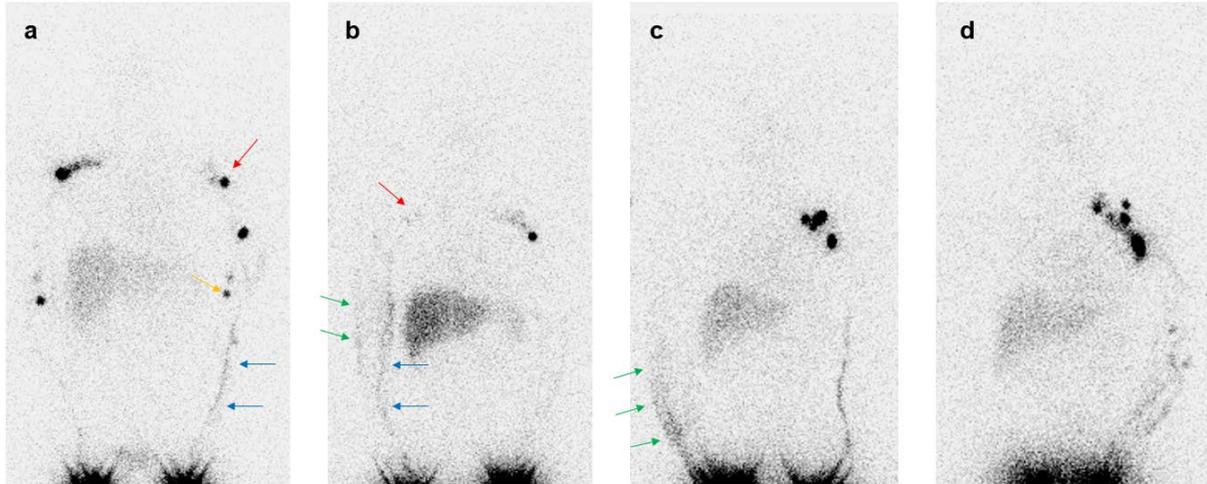


그림 8. 상지 림프부종에서의 대표 림프신티그래피 소견 (Lee & Bergan 1단계부터 4단계까지). 주 림프관이 관찰되고, 액와 림프절 섭취는 약간 감소되어 있으며, 팔꿈치 오목(cubital fossa)에 부행 림프절이 보인다 (Lee & Bergan 1단계; Taiwan 림프신티그래피 등급 P-1)(a). 주 림프관이 보존되어 있으며, 액와 림프절에는 희미한 섭취가 있고, 전완에 경미한 피부역류가 있다 (Lee & Bergan 2단계; Taiwan 등급 P-2)(b). 전완에 피부역류가 뚜렷하게 보이고, 액와 림프절과 주 림프관은 관찰되지 않는다 (Lee & Bergan 3단계; Taiwan 등급 T-5)(c). 주사 부위 외의 림프 흐름은 관찰되지 않는다 (Lee & Bergan 4단계; Taiwan 등급 T-6)(d). 빨간색 화살표는 액와 림프절, 파란색은 주 림프관, 노란색은 부행 림프절, 초록색은 피부역류를 나타낸다.

림프부종이 있는 하지(좌) 및 상지(우) ^{99m}Tc -phytate 림프신티그래피 영상들. 좌측 영상은 좌측 하지의 림프부종 환자로 좌측 지역림프절 섭취 감소 및 중간 림프절 섭취가 보이고, 뚜렷한 피부역류는 관찰되지 않는다(Lee & Bergan의 단계 1, Taiwan lymphoscintigraphy staging P-1). 우측 영상은 좌측 상지의 림프부종 환자로 전완부에 피부역류가 관찰되고, 액와림프절 섭취의 감소 및 부행림프관에 의한 림프절들의 섭취가 관찰된다(Lee & Bergan의 단계 2, Taiwan lymphoscintigraphy staging P-2).

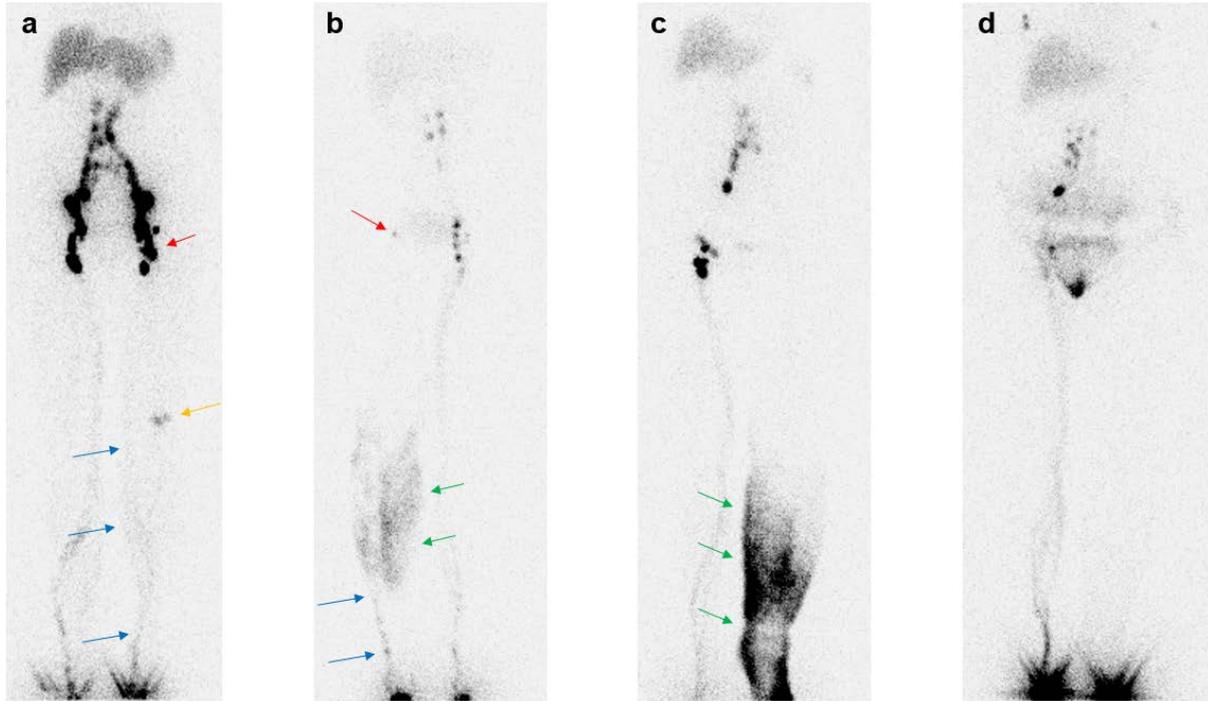


그림 9. 하지 림프부종에서의 대표 림프신티그라피 소견 (Lee & Bergan 1단계부터 4단계까지). 주 림프관이 명확하게 보이며, 서혜 림프절은 정상 섭취를 보이고, 대퇴부에 부행 림프절이 관찰된다 (Lee & Bergan 1단계; Taiwan 등급 P-1)(a). 주 림프관은 관찰되며, 서혜 림프절 섭취는 감소되어 있고, 종아리에 피부역류가 있다 (Lee & Bergan 2단계; Taiwan 등급 P-2)(b). 종아리에 현저한 피부역류가 관찰되며, 서혜 림프절이나 주 림프관은 보이지 않는다 (Lee & Bergan 3단계; Taiwan 등급 T-5)(c). 근위부로의 방사성의약품 이동은 보이지 않으며, 방사성의약품은 주사 부위에만 국한된다 (Lee & Bergan 4단계; Taiwan 등급 T-6)(d). 빨간색 화살표는 액와 림프절, 파란색은 주 림프관, 노란색은 부행 림프절, 초록색은 피부역류를 나타낸다.

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 표 3에 요약, 부록 표 1에 자세히 기술되어 있다.

Kim 등은 육안적으로 평가한 액와부 림프절 섭취의 존재가 유방암 치료 후 발생한 상지림프부종 환자에서 복합림프물리치료 후 좋은 예후를 예측하는 유의한 인자라고 보고하였다[32]. 이와 유사하게, 유방암 치료 후 발생한 상지림프부종 환자에서 치료 전 림프신티그라피 상 정상측과 비교하여 환측 액와부 림프절 섭취를 정량적으로 측정된 지표(QAI)가 높을수록 치료효과가 좋았다[33].

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 높을수록 복합림프물리치료 후 부종감소가 컸다고 보고하였다[34]. 반대로, Yoo 등은 부인암 치료 후 발생한 하지림프부종 환자에서 치료 전 림프신티그라피 상 육안적으로 평가한 피부역류가 심한 경우, 치료 효과가 좋지 않았으며, 서혜부 림프절 섭취 유무는 치료 효과와 관계가 없었다고 보고하였다[35]. 치료 전 림프신티그라피에서 주사 후 1시간째 영상과 이후 30분간 도수림프마사지를 하고 얻은 2시간째 영상을 비교했을 때, 도수림프마사지 후 림프신티그라피 소견이 호전된 경우 복합림프물리치료 후 부종부피 감소가 더 큰 경향을 보였다는 보고가 있다[36].

성상신경절 차단술(Stellate ganglion block)은 물리치료에 잘 반응하지 않는 환자에게 유망한 치료대안으로 평가받고 있다[37]. 치료 전 림프신티그라피 소견을 바탕으로 림프부종에 대한 최적의 비수술적 치료방법을 선택할 수 있다. Seo 등은 상지림프부종 환자의 치료 전 림프신티그라피에서 액와림프절 섭취가 보이지 않고, 피부역류의 범위가 작으며, 림프관 섭취가 전완부에 국한되는 경우 성상신경절 차단술의 효과가 복합림프물리치료에 비해 유의하게 높다고 보고하였다[38]. Kim 등은 치료 전 림프신티그라피에서 피부역류의 범위가 작고, 피부역류가 시간이 지남에 따라 감소되는 경우 성상신경 차단술의 효과가 크다고 보고하였다[39].

복합림프물리치료 후 주로 사지돌레를 측정하며 치료효과를 판정하고 있지만 이는 림프순환의 호전을 직접적으로 반영하지 않기 때문에, 림프신티그라피를 이용하여 림프순환 변화를 직접적으로 평가한 연구들이 있다. Hwang 등은 복합림프물리치료 후 3개월 째 시행한 림프신티그라피에서 피부역류 감소, 림프관 및 림프절의 섭취 증가 등의 호전 소견을 약 80%의 환자에서 확인하였다(그림 10)[11].

현재 국내 여건을 고려할 때, ^{99m}Tc -phytate를 이용한 연구에서 제시한 결과를 기반으로 치료 전 림프신티그라피에서 상지에서는, 환측 액와부 림프절의 정상적인 섭취[32]와 더불어 정상측 대비 환측의 액와부 림프절의 높은 정량적인 섭취[33]가, 국내 임상에 적용가능한 복합림프물리치료 후 좋은 치료반응 및 예후를 예측하는 인자로 생각된다. 그러나, 하지에서는 환측 피부역류의 중증도가 클수록, 치료효과 및 예후가 좋다는 보고[34]와 좋지 않다는 보고[35]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.

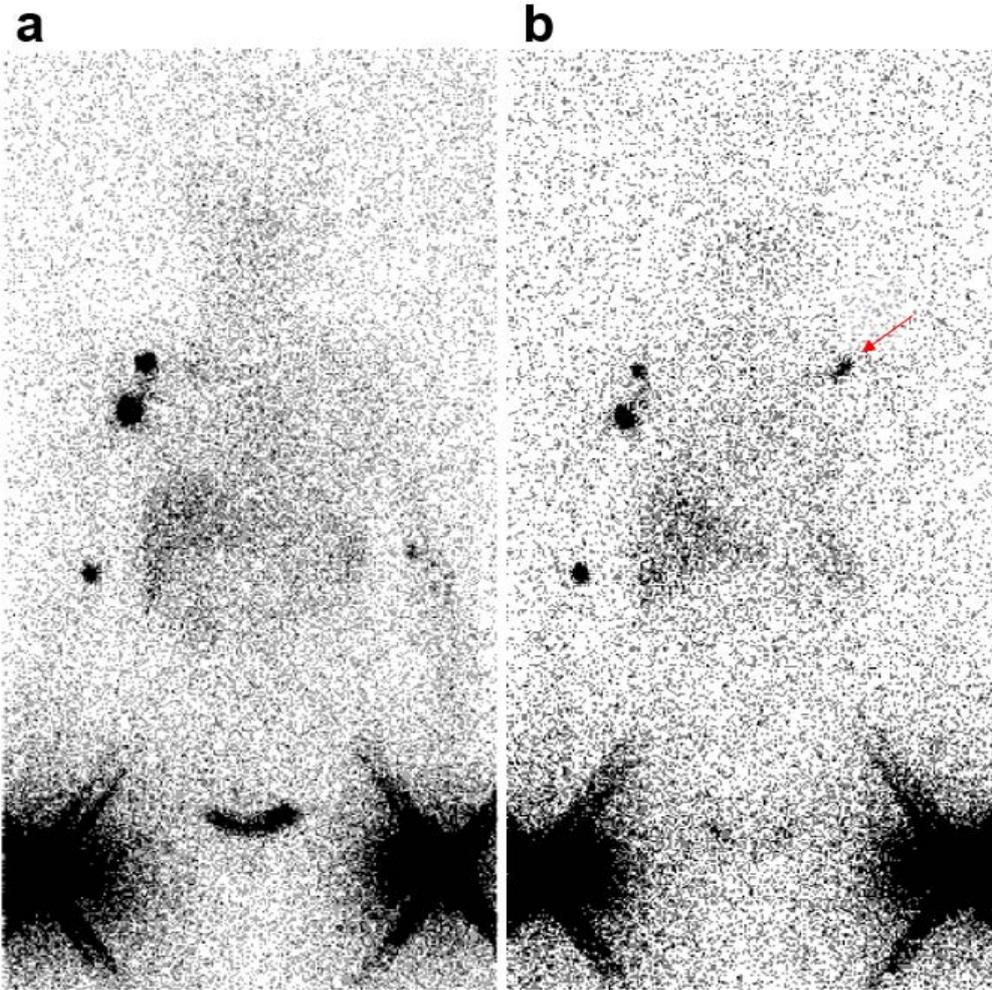


그림 10. 치료 전 림프신티그라피(a)와 비교시 복합물리치료 후 림프신티그라피(b)에서 좌측 액와부에 새로운 림프절 섭취(빨간색 화살표)가 보인다.

표 3. 림프신티그라피를 통한 물리치료반응 평가 및 예후 예측 연구 요약

연구	림프부종	림프신티그라피	연구내용
저자	환자수	일/이차성 상/하지	방사성의약품 물리치료 연구결과
Cavezzi [40]	8	일/이차성 하지	^{99m} Tc-Nanocoll 압박스타킹, 전기의료기기 치료 후 림프절 섭취, 방사성의약품 이동

						증가, 피부역류 감소
Gothard [41]	21	이차성	상지	^{99m}Tc -Nanocollo	고압산소요법	치료 후 방사성의약품 청소율 증가
Hwang [11]	19	이차성	상/하지	^{99m}Tc -ASC	복합림프물리치료	치료 후 림프관/림프절 섭취 증가, 피부역류 감소
Kim [33]	18	이차성	상지	^{99m}Tc -phytate	복합림프물리치료	치료 전 정상측 대비 환측의 액와림프절 섭취 높을수록 치료 후 부종감소가 컸음.
Kim [34]	158	이차성	하지	^{99m}Tc -phytate	복합림프물리치료	치료 전 정상측 대비 환측 서혜부 림프절 섭취는 낮을수록, 정상측 대비 환측의 사지섭취는 높을수록 치료 후 부종감소가 컸음.
Kim [32]	80	이차성	상지	^{99m}Tc -phytate	복합림프물리치료	치료 전 액와부 림프절 섭취의 존재는 치료 후 좋은 반응을 예측
Yoo [35]	152	이차성	하지	^{99m}Tc -tin colloid	복합림프물리치료	치료 전 피부역류가 심한 경우, 치료 효과가

						종지 않았음.
Kim [39]	14	이차성	상지	-	성상신경차단술	치료 전 피부역류 범위가 작고 시간이 지남에 따라 감소되는 경우 치료효과가 높음.
Seo [38]	81	이차성	하지	$^{99m}\text{Tc-ASC}$	복합림프물리치료 혹은 성상신경차단술	치료 전 액와림프절 섭취가 보이지 않고, 피부역류 범위가 작으며, 림프관 섭취가 전완부에 국한되는 경우 성상림프신경 차단술의 치료효과가 더 높음.
Jung [36]	24	일/이차성	상/하지	$^{99m}\text{Tc-ASC}$	복합림프물리치료	마사지 후 피부역류 감소, 림프절/림프관 섭취 증가된 경우 치료 후 부종감소가 컸음.
Choi [42]	50	일/이차성	하지	$^{99m}\text{Tc-ASC}$	복합림프물리치료 ± 림프정맥 문합술	치료전 서혜림프절/주림프관 섭취가 보는 경우 피부림프선염이 적게 발생
Hwang	22	일/이차성	상/하지	$^{99m}\text{Tc-ASC}$	복합림프물리치료	치료 전후 피부역류 감소, 림프절/림프관

[43]

섭취 증가와 임상적
호전 간의 유의한
상관관계 없음.

ASC = antimony sulfur colloid

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 표 4에 요약, 부록 표 2에 자세히 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[13]. Kwon 등은 하지림프부종 환자에서 수술 전 림프신티그라피에서 피부역류의 범위가 크고, 정상측 대비 환측 사지의 정량섭취가 높을 수록 림프정맥 문합술 후 3개월, 1년째 추적관찰에서 사지 부피감소가 컸으나, 서혜부 림프절 섭취와는 관계가 없었다[22]. Chiewit 등은 림프정맥 문합술 전 림프신티그라피에서 림프관 확장 및 피부역류의 존재가 수술 후 임상 결과의 개선을 예측하는 유의한 인자임을 보고하였다[12].

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[44]. 이어 Mihara 등은 Maegawa 분류의 type III 및 V에 해당하는 경우 림프정맥 문합술 후 부종이 유의하게 감소하였다고 보고하였다[45]. 같은 그룹에서 Mikami 등은 상지 림프부종 환자에서 위에 제시한 5가지 림프신티그라피 패턴을 적용하였고,

림프관의 섭취나 피부역류가 상완까지 관찰되는 경우(Type II 혹은 III)가 림프정맥 문합술 후 부종감소가 다른 타입에 비해 컸다고 보고하였다[14]. Pappalardo 등은 림프절/림프관 섭취가 보이지 않고 피부역류만 관찰되는 심한 림프신티그래피 소견을 보일 경우, 림프정맥 문합술보다는 림프절 이식술, 지방 흡입술, 부피감축술 등이 적합하다고 제안하였다[46].

수술 후 림프순환의 개선을 평가하는데 있어서 림프신티그래피가 유용하다는 보고들이 있다. 림프신티그래피를 통해 하지 림프정맥 문합술 후 피부역류의 감소와 서혜부 림프절 섭취의 증가를 확인할 수 있으며[47], Maegawa 분류 상 호전된 경우 임상적 호전 비율이 높음을 확인하였다[48]. 림프정맥 문합술 및 림프절 이식술 후 림프순환 속도의 개선 및 이식된 림프절의 섭취를 확인할 수 있으며[49, 50], 림프이식술 후 림프흐름 지수의 개선이 사지부피의 개선과 유의한 상관관계가 있음이 보고되었다[51, 52].

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[23, 53]. 또한 수술 후 사지 둘레 측정 등의 임상적 평가와 더불어 림프신티그래피 추적을 통해 림프절 공여측 사지의 림프부종 발생여부를 평가할 수 있다[54].

현재 ^{99m}Tc -phytate가 주로 사용되고 있는 국내 여건을 고려할 때, Kim[13], Kwon[22] 등이 제시한 수술 전 림프신티그래피 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 림프신티그래피 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.

표 4. 림프신티그라피를 통한 림프부종 수술 전후 평가 연구 요약

연구	림프부종	림프신티그라피	연구내용
저자	환자수	일/이차성 상/하지 방사성의약품	수술 연구결과
Boccardo [50]	101 이차성	상/하지 -	림프정맥 문합술 수술 후 transport index 감소
Broyles [53]	84 이차성	하지 ^{99m} Tc-sulfur colloid	혈관화림프절 이식술 SPECT/CT mapping을 통한 선택적 서혜부 림프절 채취 후 공여자의 림프부종 발생 없었음.
Chiewvit [12]	80 -	상/하지 ^{99m} Tc-dextran	림프정맥 문합술 수술전 림프관 확장, 피부역류의 존재는 수술 후 호전을 예측
Damstra [55]	10 이차성	상지 ^{99m} Tc-Nanocoll	림프정맥 문합술 수술 전후 transport index 호전 없음.
Dionyssiou [23]	41 이차성	상지 ^{99m} Tc-Nanocoll	혈관화림프절 이식술 SPECT/CT mapping을 통한 선택적 서혜부 림프절 채취 후 공여자의 부종 발생 없었음.
Hara [48]	56 일/이차성	상/하지 ^{99m} Tc-HSA	림프정맥 문합술 수술 전후 Maegawa 분류 상 호전과 임상적인 호전 간 유의한 관련이

						있음.
limura [47]	12	-	상지	^{99m}Tc -phytate	림프정맥 문합술	수술 전후 간/혈액 및 서혜부림프절/혈액 비가 호전. 10/12명에서 피부역류 감소.
Kim [13]	133	일/이차성	상/하지	^{99m}Tc -phytate	림프정맥 문합술	수술 전 피부역류의 범위가 크며, 림프관 섭취가 사지 전체에 보이는 경우 수술 후 부종감소가 컸음.
Kwon [22]	17	일/이차성	하지	^{99m}Tc -tin colloid/phytate	림프정맥 문합술	수술 전 피부역류의 범위가 크며, 정상측 대비 환측사지 섭취율이 높을수록 수술 후 부종감소가 컸음.
Liu [49]	30	이차성	상지	^{99m}Tc -Nanocoll	혈관화림프절 이식술	수술 전후 11/30명에서 호전 (이식림프절 섭취, tracer transport 호전)되었고, 모두 임상적 호전을 보임.
Mihara [45]	84	-	하지	^{99m}Tc albumin	림프정맥 문합술	수술 전 Maegawa 분류에 해당하는 경우 부종의 유의한 감소

								없었음. 분류III 및 V는 부종이 유의하게 감소함.
Mikami [14]	20	-	상지	^{99m}Tc -HSA	림프정맥 문합술	수술 전	Maegawa	수술 후 분류에 따라 부종 감소가 다르게 나타남: I (0.7%), II (-9.7%), III (-11.5%), IV (-2.5%), V (0.5%)
Nuri [56]	81	이차성	하지	-	림프정맥 문합술	수술 전	림프관 삽취가	근위부까지 보이는 경우가 발목에만 국한된 경우에 비해 수술 후 부종감소가 컸음.
Weiss [51]	177	이차성	상지	^{99m}Tc -HSA	자가림프절 이식술	수술 전	transport index	개선이 부피감소와 유의한 상관관계가 있음.
Kleinhans [52]	23	-	상/하지	^{99m}Tc -stannous sulfur colloids	자가림프절 이식술	수술 전	transport index	개선이 부피감소와 유의한 상관관계가 있음.
Liu [54]	30	이차성	상지	^{99m}Tc -Nanocoll	혈관화림프절 이식술	서혜부 림프절 채취 후	공여자 하지의 transport index	가 정상임을 확인.

HSA = human serum albumin

VIII. 영상장비의 제원(Equipment specifications)

감마카메라는 전후면상 동시 영상획득을 위하여 이중헤드 감마카메라를 사용하는 것을 권고한다. SPECT/CT 감마카메라도 이중헤드를 장착하고 있으며, 콘빔 CT가 아닌 일반적인 다중 슬라이스 CT를 채용해야 한다. SPECT 영상은 반복적 재구성법(iterative reconstruction)으로 영상재구성이 가능해야 하며, CT 영상으로 감쇠보정을 해야 한다.

IX. 품질보증, 안전, 감염관리 및 환자교육(Quality assurance, safety, infection control, and patient education)

1. 품질보증 및 안전(Quality assurance and safety)

핵의학 영상검사의 수행에 있어서 고도의 효율성과 신뢰성을 얻기 위해서 적절한 품질 보장 체계가 필요한데 이를 정도관리(Quality controls, QC)라 한다. 핵의학 영상장비의 정도관리는 설치 후 품질관리를 보증하는 하나의 방법이며 진료의 질을 향상시키고 환자의 안전을 도모하는 데 필수적이다.

각 기관은 공급업체 제공 유지보수 및 적절한 정도관리 절차를 따라야 하며, 모든 환자의 검사는 점검을 마친 후 이상 유무가 확인된 경우에만 진행해야 하고, 점검은 정도관리지침서를 준수해야 한다. 정도관리의 구체적인 항목은 대한핵의학회 정도관리지침을 따른다[57].

2. 감염관리(Infection control)

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[58].

환자 접촉과 관련된 매 단계 손위생을 실시하며, 사용한 주사기는 뚜껑을 덮지 않고 needle box에 처리한다. 검사 전 환자의 감염 여부를 확인하고, 감염이 확인된 경우 장갑/마스크/비닐앞치마/고글 등의 적절한 보호장구를 착용한다. 감염의 종류에 따라 행동지침을 수행한다.

공통적으로 장비의 테이블에 환자 접촉으로 인한 오염을 줄일 수 있게 시트를 이용하여 덮으며, 검사 종료 후 환경소독제를 사용하여 장비 테이블과 환자와 접촉한 기구를 소독한 후 다음 검사를 진행하며, 검사 종료 후 사용된 시트와 오염물은 따로 보관 처리한다.

3. 환자교육(Patient education)

검사 담당자는 검사를 위해 내원 전 감염을 피하기 위해 부종이 있는 부위의 피부 및 방사성의약품을 주입할 양발 또는 양손의 피부를 청결하게 유지하도록 안내한다. 검사 전 환자에게 검사방법과 검사소요시간에 대해 설명하여 검사에 대한 두려움과 궁금증을 해소하고 검사에 잘 협조할 수 있도록 한다.

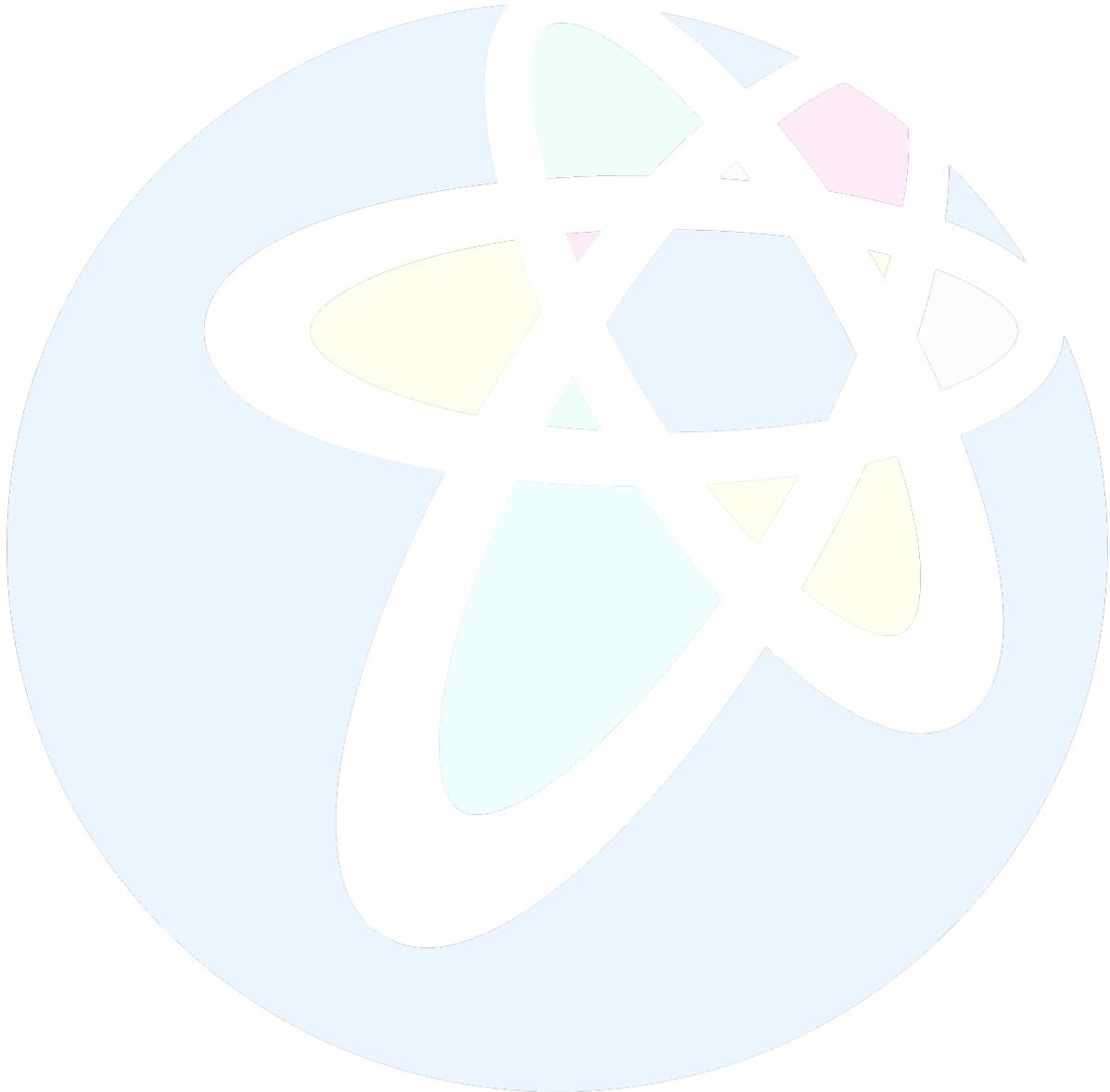
X. 이해관계(Conflict of interest)

이 문건 작성 및 검토에 참여한 대한핵의학회/대한림프부종학회 소속 저자들은 이 지침과 관련된 이해 상충이 없음을 선언한다.

XI. 승인(Acknowledgement)

이 지침은 현재까지의 의학적 근거들을 기준으로 작성되었으며, 대한핵의학회/대한림프부종학회 소속 저자들 및 회원들의 의견과 제안을 토대로 국내 사정에 적합하게 작성되었고, 대한핵의학회

이사회에서 2025년 8월 6일에, 대한림프부종학회 이사회에서는 2025년 7월 15일에 승인되었다.
이 지침을 준비하는데 많은 의견과 자료를 제공해 주신 대한핵의학회 및 대한림프부종학회와
설문조사에 응하여 주신 27개 병원 핵의학과 관계자분들께 깊은 감사를 드린다.



참고문헌(References)

1. Pecking A, Firmin F, Rain JD, Desprez-Curely JP, Cluzan R, Jacquillat C, et al. [Lymphoedema of the upper limb following surgery or radiotherapy. Investigation by indirect radioactive lymphography (author's transl)]. *Nouv Presse Med.* 1980;9:3349-51.
2. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0. 2014.09
3. Alavi A, Staum MM, Shesol BF, Bloch PH. Technetium-99m stannous phytate as an imaging agent for lymph nodes. *J Nucl Med.* 1978;19:422-6.
4. Ege GN, Warbick A. Tc-99m phytate as an imaging agent for lymph nodes. *J Nucl Med.* 1978;19:1362-4.
5. Partsch H. Assessment of abnormal lymph drainage for the diagnosis of lymphedema by isotopic lymphangiography and by indirect lymphography. *Clin Dermatol.* 1995;13:445-50.
6. 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.
7. Weissleder H, Weissleder R. Lymphedema: evaluation of qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in 238 patients. *Radiology.* 1988;167:729-35.
8. 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;268:513-25.
9. Stojadinovic A, Peoples GE, Jurgens JS, Howard RS, Schuyler B, Kwon KH, et al. Standard versus pH-adjusted and lidocaine supplemented radiocolloid for patients undergoing sentinel-lymph-node mapping and biopsy for early breast cancer (PASSION-P trial): a double-blind, randomised controlled trial. *Lancet Oncol.* 2009;10:849-54.
10. Dabrowski J, Merkert R, Kusmierk J. Optimized lymphoscintigraphy and diagnostics of lymphatic oedema of the lower extremities. *Nucl Med Rev Cent East Eur.* 2008;11:26-9.
11. 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.
12. Chiewwit S, Kumnerdnakta S. Lymphoscintigraphic Findings That Predict Favorable Outcome after Lymphaticovenous Anastomosis. *Lymphology.* 2017;50:1-8.
13. 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;46:549-55.
14. 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;44:155-67.
15. Rossi M, Grassi R, Costa R, Di Rosa L, D'Arpa S, Moschella F, et al. Evaluation of the Upper Limb Lymphatic System: A Prospective Lymphoscintigraphic Study in Melanoma Patients and

- Healthy Controls. *Plast Reconstr Surg*. 2016;138:1321-31.
16. Ter SE, Alavi A, Kim CK, Merli G. Lymphoscintigraphy. A reliable test for the diagnosis of lymphedema. *Clin Nucl Med*. 1993;18:646-54.
 17. 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.
 18. 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;18:773-82.
 19. Villa G, Campisi CC, 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.
 20. Giammarile F, Alazraki N, Aarsvold JN, Audisio RA, Glass E, Grant SF, et al. The EANM and SNMMI practice guideline for lymphoscintigraphy and sentinel node localization in breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40:1932-47.
 21. Yoon HJ, Woo KJ, Kim JY, Kang SY, Moon BS, Kim BS. The added value of SPECT/CT lymphoscintigraphy in the initial assessment of secondary extremity lymphedema patients. *Sci Rep*. 2023;13:19494.
 22. 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.
 23. 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;120:911-8.
 24. Yoo J-N, Cheong Y-S, Min Y-S, Lee S-W, Park HY, Jung T-D. Validity of quantitative lymphoscintigraphy as a lymphedema assessment tool for patients with breast cancer. *Ann Rehabil Med*. 2015;39:931.
 25. Szuba A, Strauss W, Sirsikar S, Rockson SJ. Quantitative radionuclide lymphoscintigraphy predicts outcome of manual lymphatic therapy in breast cancer-related lymphedema of the upper extremity. *Nucl Med Commun*. 2002;23:1171-5.
 26. 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;9:683-9; discussion 90.
 27. 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;31:237-42.
 28. Larcos G, Wahner HW. Lymphoscintigraphic abnormalities in venous thrombosis. *J Nucl Med*.

- 1991;32:2144-8.
29. Lee BB, Bergan JJ. New clinical and laboratory staging systems to improve management of chronic lymphedema. *Lymphology*. 2005;38:122-9.
 30. Lin YS, Liu CJ. Predictors of severity of lymphosclerosis in extremity lymphedema. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2022;10:721-7.
 31. 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;121:422-34.
 32. 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;173:735-41.
 33. 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;18:400-5.
 34. 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;127:638-42.
 35. 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;109:760-3.
 36. 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.
 37. Forte AJ, Boczar D, Huayllani MT, Lu X, McLaughlin SA. Sympathetic Nerve Block in Lymphedema Treatment: A Systematic Review. *Cureus*. 2019;11:e5700.
 38. 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;44:179-85.
 39. 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;35:214-23.
 40. 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;32:417-23.
 41. 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;70:217-24.

42. 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;33:143-51.
43. 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.
44. Maegawa J, Mikami T, Yamamoto Y, Satake T, Kobayashi S. Types of lymphoscintigraphy and indications for lymphaticovenous anastomosis. *Microsurgery.* 2010;30:437-42.
45. Mihara M, Hara H, Tange S, Zhou HP, Kawahara M, Shimizu Y, et al. Multisite Lymphaticovenular Bypass Using Supermicrosurgery Technique for Lymphedema Management in Lower Lymphedema Cases. *Plast Reconstr Surg.* 2016;138:262-72.
46. 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.
47. Jimura 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.
48. Hara H, Mihara M. Postoperative Changes in Lymphoscintigraphic Findings After Lymphaticovenous Anastomosis. *Ann Plast Surg.* 2019;83:548-52.
49. 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;71:1033-40.
50. 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;42:668-76.
51. 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:e117-23.
52. 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;10:349-52.
53. 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-79e.
54. 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;72:216-24.
55. 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.
 56. 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;10:1079-86.e2.
 57. 대한핵의학회. PET 및 PET-CT 정도관리 수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서. . 2020;https://www.ksnm.or.kr/bbs/index.html?code=quality&category=&gubun=&page=1&number=2225&mode=view&order=%20sid&sort=%20desc&keyfield=&key=&page_type=.
 58. 대한의료관련감염관리학회. 의료기관의 감염관리 (제5판). 도서출판 한미의학;2017

부록 표 1. 림프신티그라피를 통한 물리치료반응 평가 및 예후 예측 연구 결과

연구 저자	림프부종		림프신티그라피				연구내용				연구결과
	환자수	일/이차성	상/하지	방사성의약품	총 투여량 (MBq)	주사부위	주사방법	주사 후 물리치료	촬영시간 (분)		
Cavezzi [40]	8	일/이차성	하지	^{99m} Tc-Nanocoll	74	-	-	-	압박스타킹, 전기의료기기	치료 후 림프절 섭취, 방사성의약품 이동 증가, 피부역류 감소	
Gothard [41]	21	이차성	상지	^{99m} Tc-Nanocoll	35	전완	피하	0, 30, 60, 90, 120, 180	고압산소요법	치료 후 방사성의약품 청소율 증가	
Hwang [11]	19	이차성	상/하지	^{99m} Tc-ASC	37	지간	피하	2, 30, 60, 120	복합림프물리치료	치료 후 림프관/림프절 섭취 증가, 피부역류 감소	
Kim [33]	18	이차성	상지	^{99m} Tc-phytate	37	2째 지간	피하	60, 120	복합림프물리치료	치료 전 정상측 대비 환측의	

										액와림프절 섭취 높을수록 치료 후 부종감소가 컸음.
Kim [34]	158	이차성	하지	^{99m} Tc-phytate	111	지간	피하	30, 60, 120	복합림프물리치료	치료 전 정상측 대비 환측 서혜부 림프절 섭취는 낮을수록, 정상 측 대비 환측의 사지섭취는 높을수록 치료 후 부종감소가 컸음.
Kim [32]	80	이차성	상지	^{99m} Tc-phytate	148	2,3째 지간	피하	60, 120	복합림프물리치료	치료 전 액와부 림프절 섭취의 존재는 치료 후 좋은 반응을 예측
Yoo [35]	152	이차성	하지	^{99m} Tc-tin colloid	148	1,2째 지간	피하	120	복합림프물리치료	치료 전 피부역류가 심한 경우, 치료 효과가 좋지 않았음.
Kim [39]	14	이차성	상지	-	-	-	-	60, 180	성상신경차단술	치료 전 피부역류 범위가 작고 washout 되는 경우 치료효과가

										높음.
Seo [38]	81	이차성	하지	^{99m} Tc-ASC	37	지간	피하	0, 60	복합림프물리치료 혹은 성상신경차단술	치료 전 액와림프절 섭취가 보이지 않고, 피부역류 범위가 작으며, 림프관 섭취가 전완부에 국한되는 경우 성상림프신경 차단술의 치료효과가 더 높음.
Jung [36]	24	일/이차성	상/하지	^{99m} Tc-ASC	148	1,2째 지간	피하	2, 30, 60, 120 (60분 영상촬영 후 30분간 마사지)	복합림프물리치료	마사지 후 피부역류 감소, 림프절/림프관 섭취 증가된 경우 치료 후 부종감소가 컸음.
Choi [42]	50	일/이차성	하지	^{99m} Tc-ASC	37	1,2째 지간	피하	1, 120	복합림프물리치료 ± 림프정맥 문합술	치료전 서혜림프절/주림프관 섭취가 보는 경우 피부림프선염이 적게

발생

Hwang [43]	22	일/이차성	상/하지	$^{99m}\text{Tc-ASC}$	148	지간	피하	2, 30, 60, 120	복합림프물리치료	치료	전후	피부역류	감소, 림프절/림프관 섭취 증가와 임상적 호전 간의 유의한 상관관계 없음.
---------------	----	-------	------	-----------------------	-----	----	----	----------------	----------	----	----	------	--

ASC = antimony sulfur colloid

부록 표 2. 림프신티그라피를 통한 림프부종 수술 전후 평가 연구 결과

연구 저자	림프부종 환자수	림프부종		림프신티그라피				연구내용		연구결과
		일/이차성	상/하지	방사성의약품	총 투여량 (MBq)	주사부위	주사방법	주사 촬영시간 (분)	후 수술	
Boccardo [50]	101	이차성	상/하지	-	-	-	-	-	림프정맥 문합술	수술 후 transport index 감소
Broyles [53]	84	이차성	하지	^{99m} Tc-sulfur colloid	37	지간	피내	10, 180	혈관화림프절 이식술	SPECT/CT mapping을 통한 선택적 서혜부 림프절 채취 후 공여자의 림프부종 발생 없음.
Chiewvit [12]	80	-	상/하지	^{99m} Tc-dextran	148	1,2째 지간	피하	0, 15, 30, 45, 60, 240	림프정맥 문합술	수술전 림프관 확장, 피부역류의 존재는 수술 후 호전을 예측

Damstra [55]	10	이차성	상지	$^{99m}\text{Tc-Nanocol}$	80	2째 지간	피하	0-40 (동적), 60,120,180	림프정맥 문합술	수술 전후 transport index 호전 없음.
Dionysiou [23]	41	이차성	상지	$^{99m}\text{Tc-Nanocol}$	55.5	1,2째 지간	피하	0, 30, 45, 180	혈관화림프절 이식술	SPECT/CT mapping을 통한 선택적 서혜부 림프절 채취 후 공여자의 부종 발생 없었음.
Hara [48]	56	일/이차성	상/하지	$^{99m}\text{Tc-HSA}$	222	2째 지간	피하	60	림프정맥 문합술	수술 전후 Maegawa 분류 상 호전과 임상적인 호전 간 유의한 관련이 있음.
limura [47]	12	-	상지	$^{99m}\text{Tc-phytate}$	185	1째 지간	피하	12, 25, 90	림프정맥 문합술	수술 전후 간/혈액 및 서혜부림프절/혈액 비가 호전. 10/12명에서 피부역류 감소.
Kim [13]	133	일/이차성	상/하지	$^{99m}\text{Tc-phytate}$	-	손: 2,3째	피하	5, 30, 60	림프정맥	수술 전 피부역류의 범위가 크며, 림프관 섭취가 사지 전체에 보이는

						지간			문합술	경우 수술 후 부종감소가 컸음.
						발: 1,2째				
						지간				
Kwon [22]	17	일/이차성	하지	^{99m} Tc-tin colloid/phytate	148	1,2째	-	0, 60, 120	림프정맥 문합술	수술 전 피부역류의 범위가 크며, 정상측 대비 환측사지 섭취율이 높을수록 수술 후 부종감소가 컸음.
Liu [49]	30	이차성	상지	^{99m} Tc-Nanocolloid	-	지간	피하	0, 15, 60	혈관화림프절 이식술	수술 전후 11/30명에서 호전 (이식림프절 섭취, tracer transport 호전)되었고, 모두 임상적 호전을 보임.
Mihara [45]	84	-	하지	^{99m} Tc albumin	222	1째 지간	-	15, 30, 60, 90	림프정맥 문합술	수술 전 Maegawa 분류I에 해당하는 경우 부종의 유의한 감소 없었음. 분류III 및 V는 부종이

										유의하게 감소함.
Mikami [14]	20	-	상지	^{99m} Tc-HSA	80	1,3째 지간	피하	30, 120	림프정맥 문합술	수술 전 Maegawa 분류에 따라 수술 후 부종 감소가 다르게 나타남: I (0.7%), II (-9.7%), III (-11.5%), IV (-2.5%), V (0.5%)
Nuri [56]	81	이차성	하지	-	-	-	-	15, 120	림프정맥 문합술	수술 전 림프관 섭취가 근위부까지 보이는 경우가 발목에만 국한된 경우에 비해 수술 후 부종감소가 컸음.
Weiss [51]	177	이차성	상지	^{99m} Tc-HSA	76-84	1째 지간	피하	-	자가림프절 이식술	수술 전후 transport index 개선이 부피감소와 유의한 상관관계가 있음.

Kleinhans [52]	23	-	상/하지	^{99m}Tc -stannous sulfur colloids	75-110	1째 지간	피하	-	자가림프절 이식술	수술 전후 transport index 개선이 부피감소와 유의한 상관관계가 있음.
Liu [54]	30	이차성	상지	^{99m}Tc -Nanocolloid	-	-	피하	0, 15, 60	혈관화림프절 이식술	서혜부 림프절 채취 후 공여자 하지의 transport index가 정상임을 확인.

HSA = human serum albumin