REVIEW ARTICLE

ISSN 2508-190X

CLL 9(2):39-44, 2024

www.kslymph.or.kr

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

서울대학교병원 핵의학과[1], 울산대학교 의과대학 서울아산병원 핵의학과[2], 인하대학교병원 핵의학과[3], 의정부 을지대학교병원 핵의학과[4], 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 핵의학과[5]

서민석[1*], 한상원[2*], 유민영[3], 채선영[4], 최준영[5]

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

Minseok Suh[1*], Sangwon Han[2*], Min Young Yoo[3], Sun Young Chae[4], Joon Young Choi[5]

[1]*Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea*

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

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

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

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

Lymphoscintigraphy is a non-invasive imaging technique that visualizes the function and structure of the lymphatic system by administering a radiopharmaceutical subcutaneously, which emits 140 KeV gamma radiation. It plays a crucial role in diagnosing and assessing lymphedema, evaluating disease severity, monitoring therapeutic responses, and predicting prognosis. This procedure involves the use of a gamma camera to capture images of the radiopharmaceutical's movement through the lymphatic vessels, with the option of utilizing SPECT/CT to enhance anatomical accuracy. Prior to the procedure, it is essential to gather comprehensive clinical information, including the patient's history of edema, family history, associated syndromes, malignancies, and prior treatments. The Korean Society of Nuclear Medicine and the Korean Society of Lymphedema prepared for the procedure and interpretation guideline of lymphoscintigraphy for lymphedema by consensus. This document included the indications, procedural steps, and technical considerations involved in lymphoscintigraphy for lymphedema among that guideline. Other parts of the guideline will be dealt with by the subsequent paper in the next issue of the journal.

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

▸ Received: October 28, 2024, ▸ Accepted: November 1, 2024

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
* Both authors contributed equally.

서 론

림프신티그라피는 1970년대에 암 환자의 림프절 전이 진단을 위해 처음 임상에서 사용되었으며, 1980년대부터 림프부종의 진단과 평가에 적용되기 시작하였다. 이 검사는 방사성 의

약품을 이용해 림프계의 기능을 시각화하는 비침습적 영상 기법으로, 림프부종의 진단, 중증도 평가, 치료 반응 평가 및 예후 예측에 중요한 역할을 한다[1]. 대한핵의학회와 대한림프부종학회는 림프부종의 진단 및 평가를 위하여 사용되는 림프신티그라피에 대한 시행 및 판독지침을 양 학회가 협력하여 제정하였으며, 주기적으로 이 지침을 개정하여 림프부종 환자의 진료의 질을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 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 취할 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. 이 지침의 목적은 림프부종 진단 및 평가에 사용되는 림프신티그라피 검사를 시행하는 데에 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.

이 종설에서는 지침 중 림프신티그라피의 적응증과 시행 절차를 중심으로 기술적 고려사항들에 대해 논하고자 한다.

본 론

1. 림프신티그라피의 정의와 검사 적응증

림프신티그라피는 방사성의약품을 피하 주사하여 림프계로 이동하는 과정을 시각화하는 비침습적 검사 기법이다. 주사 된 방사성의약품은 140 KeV의 감마선을 방출하며, 이 감마선을 감마카메라가 감지하여 체내 림프계의 분포를 영상으로 표현한다. 이 검사는 림 및 림프관의 기능을 평가하고 이상 여부를 확인하는 데 매우 유용하며, SPECT/CT를 병행할 경우 3차원적으로 병변의 해부학적 위치를 정확히 파악할 수 있어 진단의 정확도를 높일 수 있다. 검사시행은 방사성의약품을 사용하는 진단절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준수하며 검사 판독은 핵의학 전문의 자격증을 가진 의사에 의해 수행된다[2].

이 검사는 주로 림프부종의 감별진단 및 중증도 평가, 물리치료 반응 평가 및 예후 예측, 림프부종 수술 전 평가 등을 목적으로 시행된다. 부종의 원인을 구분하는 데 민감도와 특이도가 높아 임상적으로 중요한 진단 도구이며, 특히 림프부종 환자의 치료 전후 림프계 기능 변화를 모니터링하는 데 널리 사용된다. 림프신티그라피는 정확한 진단을 통해 치료 계획 수립에 기여하고, 환자의 예후를 예측하는 데 중요한 역할을 한다.

2. 검사시행 절차

1) 환자 주의사항 및 검사시행을 위한 사전정보

절대적 금기는 없으나 상대적 금기는 임신이나 모유 수유중인 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 중인 유아의 방사선 노출을 줄이기 위해 24시간 동안 수유를 중단할 것을 권장한다.

림프신티그라피를 시행하기 전에 환자의 임상적 정보를 철저히 확인하는 것이 중요하다. 먼저 부종이 발생한 부위를 파악하고, 부종과 관련된 가족력, Turner 증후군, Klippel-Trenaunay-Weber 증후군, Noonan 증후군과 같은 연관된 증후군의 존재 여부를 확인해야 한다. 또한 악성 질환의 병력, 수술 여부, 항암치료 및 방사선 치료 이력도 중요한 고려사항이다. 외상이나 감염이 있었는지, 혈전색전증 병력은 없는지 확인하고, 과거 및 현재 림프부종에 대한 치료 이력을 점검해야 한다. 마지막으로, 부종과 관련하여 초음파, CT, MR 검사를 시행한 적이 있는지와 그 결과를 확인하여 종합적인 판단을 내릴 수 있도록 한다.

2) 방사성의약품 투여

^{99m}Tc-phytate는 국내에서 가장 일반적으로 사용되는 림프신티그라피용 방사성의약품이다. ^{99m}Tc-phytate는 콜로이드는 아니지만, 조직 간질에 주입되어 조직액이나 혈액의 칼슘 이온과 응집하여 2차적으로 콜로이드를 형성한다. 이후 대식세포에 포식되거나, 림프절이나 림프관으로 직접 들어가 영상을 얻을 수 있게 된다. 그러나 조직내에서 콜로이드 형성 시 다양한 크기의 입자가 생성되어 영상의 질이 일정하지 않게 되는 원인이 된다[3,4]. ICRP 간행물 53에 따르면, ^{99m}Tc-labelled large colloids(직경 100-1,000 nm) 주사 후 성인에서 유효선량은 0.014 mSv/MBq라고 보고하였다[5].

^{99m}Tc-phytate 투여 권장량은 성인 기준 주사 부위당 약 37 MBq (±10%)로 하고, 주입량(volume)은 약 0.1-0.2 mL으로 한다. 환자가 테이블 위에 똑바로 누운 상태에서 방사성의약품을 피하주사 한다[6]. 검사의 재현성을 보장하기 위해, 모든 환자에게 동일한 투여량, 주입량, 투여방법, 운동부하방법 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 주사 시 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 투여 시 통증을 줄이기 위해 주사 전 국소마취 크림을 도포하거나 방사성의약품과 함께 lidocaine을 섞어서 주사할 수 있다[9,10]. 그러나 이런 방법을 사용하지 않아도 주사 후 수분 내 통증이 사라지기 때문에 특별한 전처치 없이 검사를 시행할 수 있다. 2023년 27개 국내병원을 대상으로 시행한 설문조사결과에 따르면, 13개의 병원에서 방사성의약품 투여 전 통증 경감을 위해 국소 마취 크림(51.9%)이나 국소 마취 스프레이(3.7%)를 도포하거나 방사성의약품에 lidocaine 첨가하여 주사(7.4%)하는 방법을 사용하고 있었다.

3) 영상 획득

Low energy high resolution 또는 low energy ultra-high-resolution collimator를 장착한 이중헤드 감마카메라를 사용하여 140 KeV ± 20%의 에너지 창에서 똑바로 누운 상태로 전후면 영상을 동시 획득하는 것을 권고한다[9]. 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[11,12].

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[8,13,14]. 액와부나 서혜부를 포함하는 30분째 영상은 조기에 림프절 섭취 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있다[15]. 주사 직후 또는 초기에 얻은 영상과 2시간째 지연 영상을 표준 영상으로 한다[8,15,16]. 2시간째 지연영상은 전신영상을 얻거나, 상지부종의 경우 손끝에서 머리를 포함하고 하지부종의 경우 발끝에서 어깨를 포함하는 영상을 얻을 수 있다. 액와부나 서혜부 림프절 섭취가 보이지 않을 경우 4시간 지연 영상을 얻을 수 있다.

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[8,9,14,17].

림프액의 흐름을 촉진시키기 위한 운동 부하는 림프신티그라피 영상의 질 및 정량지표에 중요한 영향을 주므로, 각 병원에서는 모든 환자에게 동일한 운동 부하 프로토콜을 적용해야 한다. 운동 부하는 주사 후 초기 영상을 얻은 뒤 약 15-20분간 시행한다. 상지 부하의 경우 고무공 주무르기나 주먹 쥐었다 폈다 등의 방법을 사용하고, 하지의 경우 검사실 복도를 걷거나 운동용 자전거(ergometer)를 사용한다[9].

국내병원을 대상으로 시행한 설문조사결과에 따르면, 상지의 경우 16개 병원(59.3%), 하지의 경우 17개 병원(63.0%)에

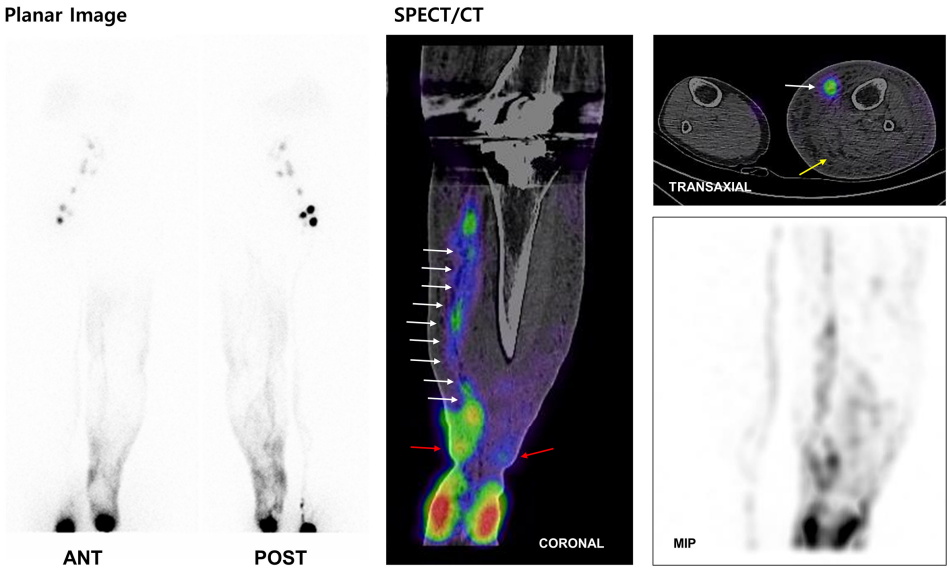


Fig. 1. ^{99m}Tc-phytate lymphoscintigraphy images (planar on the left and SPECT/CT on the right) of a patient with left lower limb lymphedema. The collateral lymphatic vessels (white arrows) and dermal backflow (red arrows) shown in the planar image are more precisely localized in the 3-dimensional SPECT/CT images. Abbreviation: MIP; Maximal intensity projection.

서 운동부하를 시행하고 있으며, 이 중 주사 후 30분 내에 운동부하를 시행하는 경우가 상지는 62.5%, 하지의 경우 64.7% 였다. 운동부하방법은 상지의 경우 주사 부위 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 필요 시 선택적으로 획득할 수 있다. SPECT/CT는 CT 영상을 통해 해부학적 정보를 획득하여 판독의 특이도 및 정확도를 높일 수 있다(Fig. 1). 영상 획득 시 360도 원형궤도, 총 60-128 투사상(20-25초/투사상), 128 X 128 매트릭스 이상으로 하여 영상을 얻을 수 있다[18,19]. CT 촬영으로 인해 방사선 노출량이 증가할 수 있으므로 필요한 부위에만 최소의 CT 선량으로 시행한다. 다만, 우리나라에서는 신의료기술평가가 되어 있지 않아 공식적인 임상진료 목적으로는 비용 청구가 불가능하다.

4) 영상 처리

주사 직후 또는 초기의 영상, 30분째 영상(선택적), 2시간째 얻은 전신영상순으로 판독용 워크스테이션 또는 PACS에 전송한다. 정량분석을 시행 시, 후술하는 정량분석 방법을 참고하여 분석 후, 정량분석 결과 영상을 추가로 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 감쇠 보정한다.

3. 품질보증, 안전, 감염관리 및 환자교육

1) 품질보증 및 안전

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 방편이며 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[20].

2) 감염관리

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[21]. 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 장비 테이블은 환자 접촉으로 인한 오염을 줄이기 위해 시트로 덮으며, 검사 종료 후 환경소독제(예: 설파니오스 등)를 사용하여 장비 테이블과 환자와 접촉한 기구를 소독한 후 다음 검사를 진행하며, 검사 종료 후 사용된 시트와 오염물은 따로 보관 처리한다.

3) 환자교육

검사 담당자는 내원 전 부종이 있는 부위와 방사성의약품을 주입할 양발 또는 양손의 피부를 청결하게 유지하도록 환자에게 안내한다. 검사 전 환자에게 검사방법과 검사소요시간에 대해 설명하여 검사에 대한 두려움과 궁금증을 해소하고 검사에 잘 협조할 수 있도록 한다.

결 론

림프신티그라피는 림프부종을 포함한 림프계 질환의 진단과 평가에서 중요한 역할을 한다. 이 검사는 림프계의 기능과 구조를 시각화하여 부종의 원인을 감별하고, 치료 전후의 림프계 상태를 모니터링하는 데 매우 유용하다. 또한, SPECT/CT와 같은 첨단 영상 기술을 병행함으로써 진단의 정확도를 높이고, 해부학적 정보를 더욱 명확히 제공할 수 있다. 이러한 과정에서 대한핵의학회와 대한림프부종학회가 제정한 시행지침을 통해 검사를 의뢰 또는 수행하는 의료인 및 직원들에게 실제적인 도움을 주고, 적절한 검사의 시행 및 검사의 질 향상을 목표로 한다. 나아가서는 림프부종 환자에게 적절한 의료기술 제공, 삶의 질 향상 및 건강 개선에 도움을 주고 보건의료 정보의 효율적 사용에 기여하고자 한다.

Acknowledgments: None

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. 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;19:422-426.
4. Ege GN, Warbick A. Tc-99m phytate as an imaging agent for lymph nodes. J Nucl Med 1978;19:1362-1364.
5. ICRP. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. Ann. ICRP 1988;18.
6. Partsch H. Assessment of abnormal lymph drainage for the diagnosis of lymphedema by isotopic lymphangiography and by indirect lymphography. Clin Dermatol 1995;13:445-450.
7. Weissleder H, Weissleder R. Lymphedema: evaluation of qualitative and quantitative lymphoscintigraphy in 238 patients. Radiology 1988;167:729-735.
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;268:513-525.
9. 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.
10. 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;10:849-854.
11. Dabrowski J, Merkert R, Kusmierek J. Optimized lymphoscintigraphy and diagnostics of lymphatic oedema of the lower extremities. Nucl Med Rev Cent East Eur 2008;11:26-29.
12. 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.
13. Chiewvit S, Kumnerdnakta S. Lymphoscintigraphic Findings That Predict Favorable Outcome after Lymphaticovenous Anastomosis. Lymphology 2017;50:1-8.
14. 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.
15. 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.
16. 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: 1321-1331.
17. 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.
18. 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;40:1932-1947.
19. 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.
20. 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=.
21. 대한의료관련감염관리학회. 의료기관의 감염관리(제5판) 도서출판 한미의학;2017.