

Lymphoscintigraphy의 정량분석 시 오류 요인에 관한 평가

삼성서울병원 핵의학과

연준호 · 김수영 · 최성욱 · 석재동

Evaluation of Error Factors in Quantitative Analysis of Lymphoscintigraphy

Joon Ho Yeon, Soo Yung Kim, Sung Ook Choi and Jae Dong Seok

Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: Lymphoscintigraphy is absolutely being used standard examination in lymphatic diagnosis, evaluation after treatment, and it is useful for lymphedema to plan therapy. In case of lymphoscintigraphy of lower-extremity lymphedema, it had an effect on results if patients had not pose same position on the examination of 1 min, 1 hour and 2 hours after injection. So we'll study the methods to improve confidence with minimized quantitative analysis errors by influence factors. **Materials and Methods:** Being used the Infinia of GE Co. we injected ^{99m}Tc -phytate 37 MBq (1.0 mCi) 4 syringes into 40 people's feet hypodermically from June to August 2010 in Samsung Medical Center. After we acquired images of fixed and unfixed condition, we confirmed the count values change by attenuation of soft tissue and bone according to different feet position. And we estimated 5 times increasing 2 cm of distance between ^{99m}Tc point source and detector each time to check counts difference according to distance change by different feet position. Finally, we compared 1 and 6 min lymphoscintigraphy images with same position to check the effect of quantitative analysis results owing to difference of amounts of movement of the ^{99m}Tc -phytate in the lymphatic duct. **Results:** Percentage difference regarding error values showed minimum 2.7% and maximum 25.8% when comparing fixed and unfixed feet position of lymphoscintigraphy examination at 1 min after injection. And count values according to distance were 173,661 (2 cm), 172,095 (4 cm), 170,996 (6 cm), 167,677 (8 cm), 169,208 counts (10 cm) which distance was increased interval of 2 cm and basal value was mean 176,587 counts, and percentage difference values were not over 2.5% such as 1.27, 1.79, 2.04, 2.42, 2.35%. Also, Assessment results about amounts of movement in lymphatic duct within 6 min until scanning after injection showed minimum 0.15%, and maximum 2.3% which were amounts of movement. We can recognize that error values represent over 20% due to only attenuation of soft tissue and bone except for distance difference (2.42%) and amounts of movement in lymphatic duct (2.3%). **Conclusion:** It was show that if same patients posed different feet position on the examination of 1 min, 1 hour and 2 hours after injection in the lymphoscintigraphy which is evaluating lymphatic flow of patients with lymphedema and analyzing amount of intake by lymphatic system, maximum error value represented 25.8% due to attenuation of soft tissue and bone, and PASW (Predictive Analytics Software) showed that fixed and unfixed feet position was different each other. And difference of distance between detector and feet and change of count values by difference of examination beginning time after injection influence on quantitative analysis results partially. Therefore, we'll make an effort to fix feet position and make the most of fixing board in lymphoscintigraphy with quantitative analysis. (Korean J Nucl Med Technol 2011;15(2):76-82)

Key Words : Lymphoscintigraphy, fixing board, quantitative analysis, attenuation by soft tissue and bone

- Received: June 27, 2011. Accepted: July 5, 2011.
- Corresponding author: Joon Ho Yeon
Department of Nuclear Medicine, Samsung Seoul Hospital, Ilwon-dong,
Kangnam-gu, Seoul, Korea
Tel: +82-2-3410-2662 Fax: +82-2-3410-2639
E-mail: junoy7.yeon@samsung.com

서 론

림프부종은 다양한 원인에 의한 림프계 순환장애로 인해 조직압이 상승하고 부종이 발생하는 질환이다. 림프계 진단에 있어 림프신티그라피는 절대표준 검사로 흔히 이용되고 있으며, 림프부종의 진단, 치료방침의 설정, 치료 후 평가 등에 유용한 검사이다.¹⁾ 이 검사는 림프계에 의해 섭취되고 이동되는 기전을 이용하기 때문에 관심영역의 통과시간 또는 림프흐름을 시간-방사능 곡선을 이용하여 정량분석을 할 수 있으며 정량분석을 통해 경도의 림프부종 환자에게 진단 성적을 향상시킬 수 있다.^{2,3)}

상·하지 림프신티그라피는 방사성의약품 ^{99m}Tc-phytate 37 MBq (1 mCi) 4개를 손가락 사이나 발가락 사이에 피하 주사를 하고 주사 후 1분, 1시간, 2시간에 동일한 조건으로 각각 검사를 하여, 주사 후 1분을 기준으로 1시간과 2시간의 계수 변화를 이용하여 정량분석을 할 수 있다. 그러나 환자 자세 변동으로 인한 감쇄의 증가와 피하주사 부위와 검출기



Fig. 1. Infinia GE

사이의 거리 변화 등 몇 가지 정량분석에 방해가 되는 요인들을 평가하여 정량분석의 오차를 최소화하고 신뢰성을 향상시키기 위한 검사 방법을 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본원 핵의학과 2010년 5월부터 8월까지 4개월 동안 상·하지 림프신티그라피를 시행한 환자 중 하지 림프신티그라피를 시행한 40명을 대상으로 하였다.

2. 장비

사용된 장비는 Infinia (GE Co.)를 사용하였으며 콜리메이터는 LEGP (Low Energy General Purpose)를 사용하였다 (Fig. 1).

3. 실험순서

정량분석 시 오차를 발생시키리라 예상되는 3가지 요인에 대해 다음과 같이 실험하였다.

1) 발 자세 변화 시 연부조직과 뼈에 의한 영향

피하 주사된 방사성의약품의 발의 위치에 따라 뼈나 연부 조직에 의한 계수 감약이 얼마나 나타나는지 알아보기 위한 실험으로 동일한 환자 40명의 발가락 사이에 ^{99m}Tc-phytate 37 MBq (1 mCi) 4개를 피하주사하고 1분과 6분에 전신검사를 하였다. 1분 영상은 발의 동일한 자세 유지를 위해 고정대를 이용하였으며(Fig. 2. A), 6분 영상은 고정대를 제거하고

$$\text{백분율 편차} = \frac{\text{고정상태의 counts} - (\text{고정하지 않은 상태의 counts} + (\text{고정하지 않은 상태의 counts} \times \alpha))}{\text{고정상태의 counts}} \times 100$$

$$\alpha = {}^{99m}\text{Tc의 시간감약계수}$$

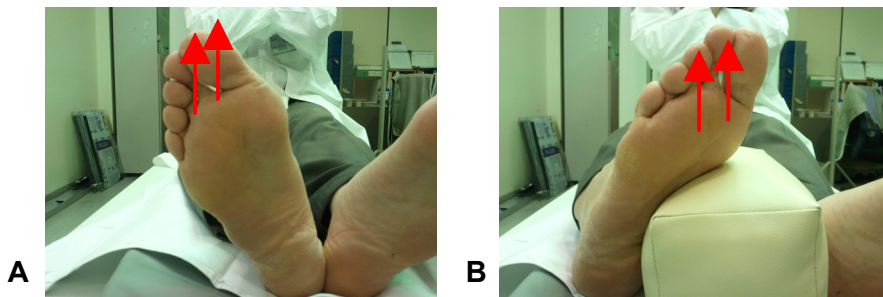


Fig. 2. Comparison of image A and B using fixed board

편한 자세로 유도하여 발의 위치가 변하도록 한 후 검사를 실시하였다(Fig. 2. B).

1분 영상과 6분 영상에 동일한 ROI(관심영역)를 설정하여 아래와 같은 식에 의해 백분율 차이를 알아보았다.

2) 거리 차이로 인한 영향

발의 자세 변경으로 인한 검출기와 주사부위의 거리 변화가 계측값에 얼마나 영향을 미치는지를 알아보기 위한 실험으로 발의 자세 변경으로 검출기와 주사부위의 거리 변화에 따른 계측값의 차이를 알아보기 위해 ^{99m}Tc 22.2 MBq (600 μCi)의 점선원과 검출기와의 거리가 3, 5, 7, 9, 11 cm이 되도록 조정하여 3회 반복 측정 후 평균값을 알아보았다(Fig. 3).

3) 림프절을 따라 이동한 양의 차이에 따른 영향

^{99m}Tc-phytate를 이용한 림프신티그래피에서 림프선을 따라 이동하는 양이 많은 경우와 이동이 많지 않은 경우를 비교하여 피하주사 후 검사 시작까지의 시간 차이가 정량분석

에 얼마만큼의 영향을 주는 지 알아보기 위한 실험으로 피하 주사 후 1분과 6분에 림프절 검사를 실시하고 1분 영상과 6분 영상에 동일한 ROI(관심영역)를 설정하여 아래와 같은 식에 의해 백분율의 차이를 알아보았다(Fig. 4).

결 과

1. 연부조직과 뼈에 의한 감약에 의한 오차 값

고정대를 사용하고 주사 후 1분에 계측한 결과 오른쪽 발에서 얻은 최소값은 807 kcounts이며 최대값은 1,292 kcounts를 얻었으며, 왼쪽 발에서 얻은 최소값은 970 kcounts이며 최대값은 1,519 kcounts이었다. 그리고 고정대를 사용하지 않고 주사 후 1분에 계측한 결과 오른쪽 발에서 얻은 최소값은 647 kcounts, 최대값은 1,388 kcounts였으며, 왼쪽 발에서 얻은 최소값은 504 kcounts, 최대값 1,401 kcounts이었다. 각각

$$\text{백분율 편차} = \frac{\text{기준거리 counts} - \text{거리 counts}}{\text{기준거리 counts}} \times 100$$

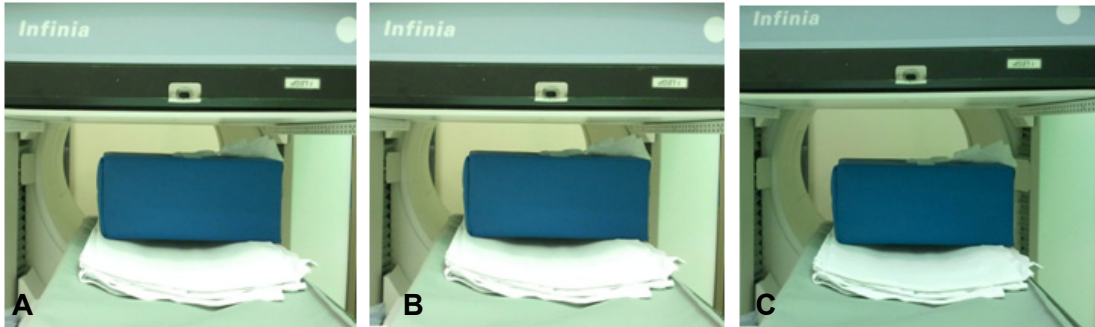


Fig. 3. Distance of detector and point source in A, B and C are 3, 5 and 7 cm

$$\text{백분율 편차} = \frac{1\text{분 counts} - (6\text{분 counts} + (6\text{분 counts} \times a))}{1\text{분 counts}} \times 100$$

$a = ^{99m}\text{Tc}$ 의 시간감약계수



Fig. 4. The patient in these images poses same position to check the effect of quantitative analysis results owing to difference of amounts of movement of the ^{99m}Tc-phytate in the lymphatic duct.

의 얻은 결과 값으로 백분율 오차를 구한 결과 연부조직과 뼈에 의한 감약에 의한 오차의 값은 최소 0.1%에서 최대 22.7%의 값을 나타냈다(Fig. 5).

2. 거리 차이로 인한 오차 값

거리 변화에 따른 계측 값은 1 cm에서 176 kcounts를 얻었고 이 값을 기준 값으로 하여 2 cm 간격으로 거리를 증가시켜 측정한 결과 3 cm일 때 173 kcounts, 5 cm일 때는 172

kcounts, 7 cm일 때는 170 kcounts, 9 cm일 때는 167 kcounts, 11 cm일 때는 169 kcounts를 얻었다(여기서 얻은 값들은 3번의 실험을 하여 평균값으로 나타낸 것이다.). 1 cm에서 얻은 값을 기준으로 각각의 거리에 대한 백분율 오차를 구한 값은 0%, 1.27%, 1.79%, 2.04%, 2.42, 2.32%로 2.5%를 넘지 않음을 알 수 있었다. 고정대를 사용하지 않고 검사를 하였을 경우의 환자 발의 위치 변화의 간격이 3 cm에서 7 cm정도로 변화하였으므로 고정대를 사용하지 않았을 때 거리에 대한 오차의 값은 2%내외였다(Fig. 6).

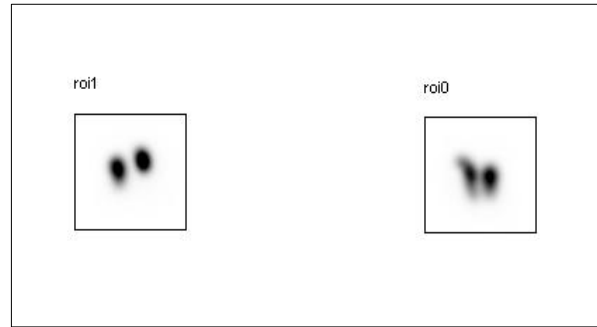
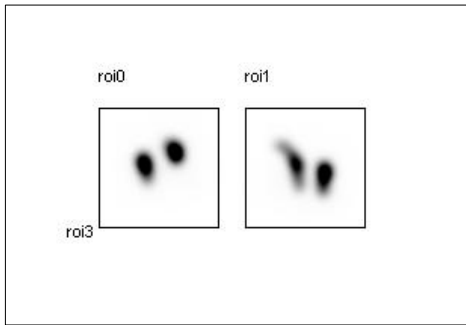


Fig. 5. These are counted images about Fig. 2.

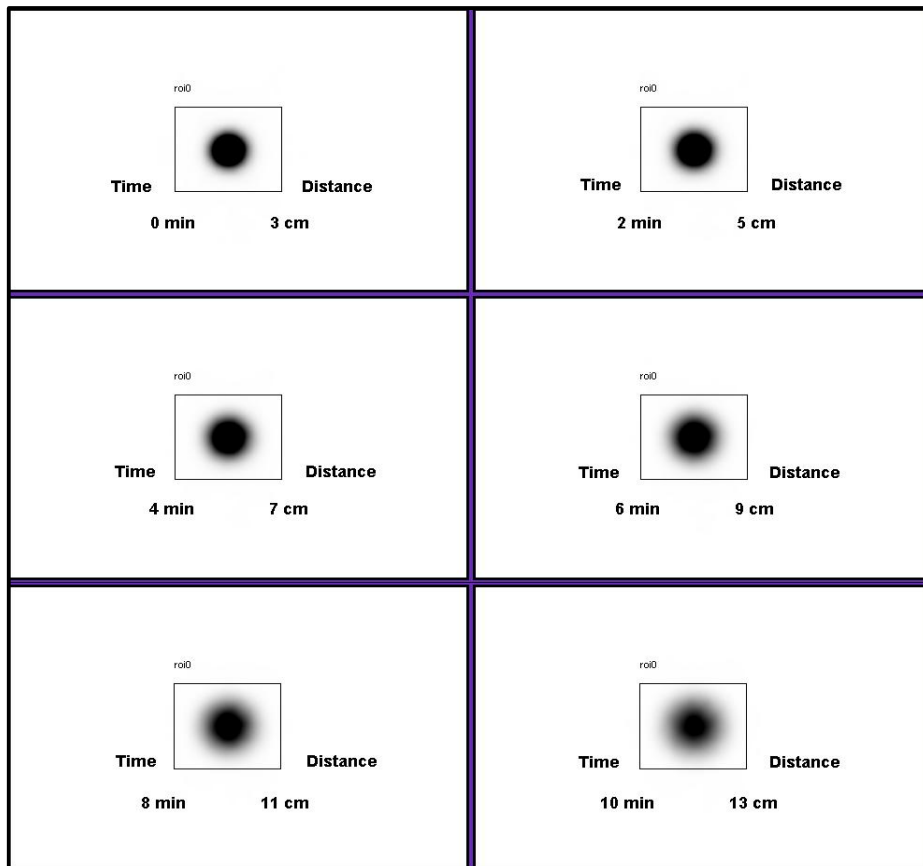


Fig. 6. These are counted images about Fig. 3.

3. 림프절을 따라 이동한 양에 대한 오차 값

하지 림프절 검사를 끝내고 이동량이 많은 것과 이동량이 적은 것을 비교하였을 때 이동량이 많은 경우의 1분과 6분에 얻은 계측 값 차이는 최대 39 kcounts를 얻었고 최소 19 kcounts를 얻었으며 평균 28 kcounts의 차이가 나타났다. 그리고 이동량이 적은 경우의 계측 값의 차이는 최대 22 kcounts를 얻었고 최소 3 kcounts를 얻었으며 평균 13 kcounts의 차이를 나타냈다. 이를 백분율 오차를 구한 결과

이동량이 많은 경우는 최대 2.31%로 나타났고 이동량이 적은 경우는 최대 0.81%로 나타났다. 이 결과 이동량의 차이로 약 1.5%의 오차를 확인할 수 있었다(Fig. 7).

4. 통계적 검증 결과

위의 실험 결과를 유의확률 5% SPSS ver 18.로 통계분석 하였다. 통계분석은 정규분포로 유의확율은 5% ($p < 0.05$)로 설정하고 결과를 얻었다. 고정된 상태와 고정하지 않은 상태

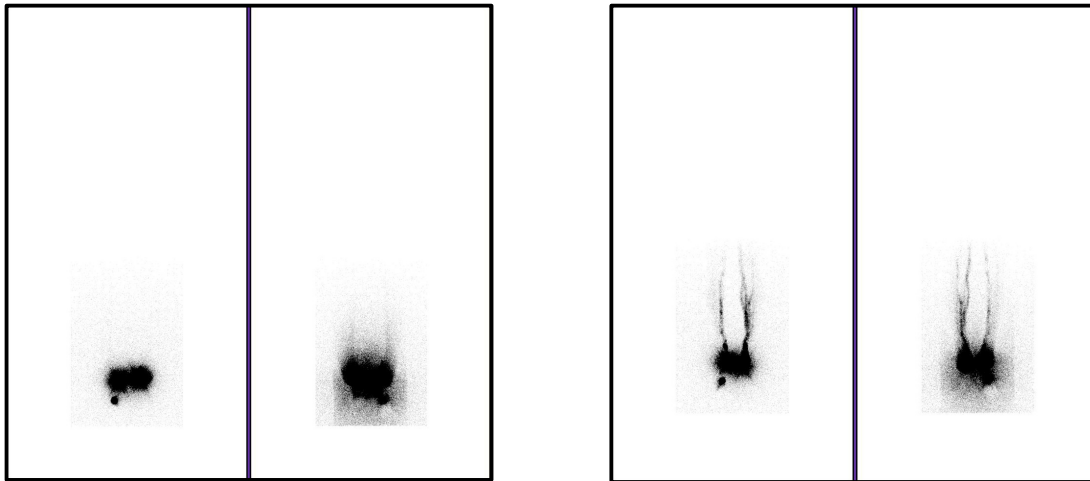


Fig. 7. These are wholebody images about Fig. 3.

Table 1. This table shows difference of counts about using fixed board or not

	보정물로 고정 주사 후 1분		보정물 제거 주사 후 1분		오류범위(%)	
	RT.	LT.	RT.	LT.	RT.	LT.
1	1,232,155	1,413,139	1,065,299	1,136,493	12.7%	18.8%
2	1,227,596	1,269,104	956,192	1,058,318	12.6%	18.7%
3	1,279,573	1,359,418	978,759	1,125,432	22.7%	16.1%
4	845,999	596,090	822,075	504,139	0.40%	13.31%
5	1,112,371	1,174,775	1,006,346	995,084	7.27%	13.18%
6	919,653	1,053,584	806,666	898,042	10.09%	12.63%
7	1,066,108	1,085,689	929,320	935,074	10.65%	11.72%
8	705,556	1,075,267	647,112	940,579	7.4%	11.7%
9	1,195,119	1,384,933	1,031,302	1,213,448	12.6%	11.2%
10	1,213,031	1,189,932	1,131,569	1,055,174	4.38%	9.11%
11	1,025,642	1,193,155	907,499	1,058,059	9.31%	9.11%
12	930,683	1,016,460	876,594	922,860	4.6%	8.3%
13	954,128	1,175,613	862,414	1,056,213	7.35%	7.91%
14	1,407,191	1,263,415	1,388,319	1,152,654	0.1%	7.6%
15	1,308,378	1,453,950	1,246,207	1,392,044	18.2%	6.7%
16	1,196,007	1,519,371	969,125	1,401,619	17.9%	6.6%
17	1,292,126	1,273,568	949,852	1,182,729	24.50%	4.63%
18	807,388	1,061,055	788,447	1,004,983	0.10%	2.92%
19	1,048,520	1,158,405	1,006,869	1,098,928	1.57%	2.76%
20	879,614	970,564	817,507	935,524	5.9%	2.4%

는 매우 유의하다는 결과를 얻었다.

결론 및 고찰

부종이 있는 환자의 림프 흐름을 평가하고 림프계에 의해 섭취되는 양을 정량 분석을 할 때 동일 환자의 1분, 1시간, 2시간 검사에서 다른 자세가 발생할 경우 뼈와 연부조직에 의한 감약으로 최대 25.8%의 차이를 나타냈으며, 통계적 검증 결과도 발을 고정된 상태와 고정하지 않은 상태는 유의한 차이를 보였다. 발을 고정하지 않고 검사를 할 경우 발의 위치 변화로 인해 주사한 부위의 counts가 연부조직과 뼈에 의해 감약으로 인한 오차가 상당한 영향을 주었으며 거리와 림프선을 따라 이동한 양의 경우도 그리 크지는 않지만 2%내로 부분적으로 영향을 받았다.

고정상태일 때는 왼발, 오른발 모두 합쳐 백분율 오차가 5%이내인 경우는 100%로 오차가 거의 나지 않았으며 고정하지 않은 상태에서는 백분율 오차가 5%이내인 경우는 실험한 전체의 발의 25%였으며 백분율 오차가 15% 이상인 경우

또한 약 20%로 나타났다. 오차가 나타내는 원인 중 뼈와 연부 조직에 의한 감약이 전체 중 70.7%로 가장 많은 영향을 주었으며 거리에 의한 감약이 20.7%, 림프절에서의 ^{99m}Tc-phytate의 이동이 8.6%로 나타났다.

림프절 하지 검사 시에는 똑같은 자세를 유지하는 것이 가장 중요하며 자세를 유지할 때는 반드시 고정대를 사용하여 감약을 최소화하는 방법으로 검사를 해야 할 것이다.

요 약

Lymphatic scintigraphy는 림프계 진단에 있어 절대표준 검사로 흔히 이용되고 있으며 림프부종의 진단, 치료방침의 설정, 치료 후 평가 등에 유용한 검사이다.¹⁾ 상·하지 검사 중 하지에 부종이 있는 환자의 검사에서 무의식적인 환자의 움직임이나 1분, 1시간, 2시간 검사의 동일한 자세 유지가 되지 않을 경우 정량 분석에 영향을 주었다. GE사의 Infinia 장비를 이용하여 방사성의약품 ^{99m}Tc-phytate 37 MBq (1.0 mCi) 4개를 2010년 6월에서 8월 사이에 내원하는 환자 40명에게 피하주사를 하여 정량 분석을 비교하였다. 환자의 발을 고정된 상태와 고정하지 않은 상태로 영상을 얻어 발의 자세 변경이 연부조직과 뼈에 의해 계측 값의 변화가 있는지 확인하였다. 또한 발의 자세 변경으로 검출기와 주사부위의 거리 변화에 따른 계측 값의 차이를 알아보기 위해 ^{99m}Tc 600 µCi 점선원과 검출기와의 거리를 2 cm씩 거리를 증가시켜 5회 측정하였다. 마지막으로 ^{99m}Tc-phytate가 림프선을 따라 이동하는 양의 차이가 정량 분석 값에 영향을 주는 지 알아보기

Table 2. This table shows difference of counts about distance

거리	계수값	백분율편차
3 cm	176,587	0%
5 cm	173,661	1.27%
7 cm	172,095	1.79%
9 cm	170,996	2.04%
11 cm	167,667	2.43%
13 cm	169,208	2.32%

unit: counts

Table 3. This table shows difference of counts according to travel of ^{99m}Tc-phytate through lymph node (*represents much travel of ^{99m}Tc-phytate)

	1분		6분		오차범위(6분)	
	RT	LT	RT	LT	RT	LT
1	1,224,208	*1,371,504	1,201,598	*1,348,949	0.77%	*0.56%
2	*1,223,779	1,327,254	*1,203,891	1,309,439	*0.54%	0.26%
3	1,270,052	1,288,377	1,253,204	1,270,706	0.24%	0.29%
4	871,211	1,315,688	867,240	1,303,313	0.64%	0.15%
5	*1,072,739	1,153,036	*1,043,431	1,138,645	*1.66%	0.16%
6	841,415	1,143,179	829,397	1,119,464	0.34%	1.00%
7	*1,173,999	*1,254,018	*1,144,237	*1,221,341	*1.46%	*1.53%
8	1,145,451	1,168,345	1,125,776	1,167,336	0.64%	1.01%
9	1,075,673	1,121,899	1,057,148	1,108,118	0.64%	0.14%
10	1,086,902	847,930	1,067,147	834,557	0.74%	0.49%
11	*1,181,139	*819,649	*1,141,283	*797,119	*2.31%	*1.68%
12	1,029,905	1,308,222	1,008,397	1,280,059	1.01%	1.08%
13	841,415	1,143,179	829,397	1,119,464	0.34%	1.00%
14	1,357,381	1,296,718	1,334,845	1,259,282	0.58%	1.82%
15	1,165,290	*1,221,555	1,143,297	*1,198,439	0.81%	*0.81%

위해 같은 자세로 주사 후 1분, 6분 lymphatic scintigraphy 영상을 얻어 비교하였다. 주사 후 1분 검사에서 발을 고정한 상태와 고정하지 않은 상태를 비교했을 때 오차 값에 대한 편차 백분율 값은 최소 2.7%에서 최대 25.8%의 값을 얻었다. 그리고 거리 변화에 따른 계측 값은 기준 값이 평균 176,587 counts이고 2 cm 간격으로 거리를 증가시켜 측정한 결과 173,661 (2 cm), 172,095 (4 cm), 170,996 (6 cm), 167,677 (8 cm), 169,208 counts (10 cm)로 나타나 편차 백분율이 1.27, 1.79, 2.04, 2.42, 2.32%로 2.5%를 넘지 않음을 알 수 있었다. 또한, 피하주사 후 스캔까지 6분 이내에 림프선을 타고 이동한 양을 평가한 결과 최소 0.15%에서 최대 2.3%만큼 림프선을 타고 이동하였다. 이는 거리에 따른 편차 백분율 2.42%를 제외시키고 림프선에 의한 최대 변동 값인 2.3%를 제외하더라도 자세 변경으로 인한 연부조직과 bone에 의한 감소가 20%이상의 큰 차이가 나타난 것을 알 수 있다. 부종이 있는 환자의 림프 흐름을 평가하고 림프계에 의해 섭취되는 양을 정량 분석하는 lymphatic scintigraphy는 동일 환자의 1분,

1시간, 2시간 검사에서 다른 자세가 발생할 경우 뼈와 연부 조직에 의한 감약으로 최대 25.8%의 차이를 나타냈으며, 통계적 검증 결과도 발을 고정한 상태와 고정하지 않은 상태는 유의한 차이를 보였다. 그리고 자세 변경으로 인한 검출기와 의 거리 차이, 피하 주사 후 검사 시간까지의 차이로 인한 계수 값의 변화는 상대적으로 작지만 정량 분석 시 정확한 결과를 얻지 못하는 요인임을 알 수 있었다. 그러므로 정량 분석을 위한 lymphatic scintigraphy에서는 반드시 자세 고정을 위한 노력과 고정물 제작 활용이 선행되어야 할 것이다.

REFERENCES

1. 고창순. 제3판 고창순 핵의학. 고려의학 2008;3:389-392
2. 고창순. 제2판 고창순 핵의학. 고려의학 1997;2:695-696
3. Gloviczki P, Vaqueiro M, Fisher J, Schirger A, Dewanjee M.D, Hollier LH et al. Lymphoscintigraphy in lymphedema of the extremities *J Nucl Med* 1986;26:65