Original Article

Lung Perfusion scan에서 SPECT-CT의 Q-Metrix방법과 평면영상 결과 산출방법에 대한 비교평가

서울대학교병원 핵의학과
하태환 · 임정진 · 도용호 · 조성욱 · 노경운

Comparative evaluation of the methods of producing planar image results by using Q-Metrix method of SPECT/CT in Lung Perfusion Scan

Tae Hwan Ha, Jung Jin Lim, Yong Ho Do, Sung Wook Cho and Gyeong Woon Noh
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose The lung segment ratio which is obtained through quantitative analyses of lung perfusion scan images is calculated to evaluate the lung function pre and post surgery. In this Study, the planar image production methods by using Q-Metrix (GE Healthcare, USA) program capable of not only quantitative analysis but also computation of the segment ratio after having performed SPECT/CT are comparatively evaluated.

Materials and Methods Lung perfusion scan and SPECT/CT were performed on 50 lung cancer patients prior to surgery who visited our hospital from May 1, 2015 to September 13, 2016 by using Discovery 670(GE Healthcare, USA) equipment. AP(Anterior Posterior)method that uses planar image divided the frontal and rear images into three rectangular portions by means of ROI tool while PO(Posterior Oblique)method computed the segment ratio by dividing the right lobe into three parts and the left lobe into two parts on the oblique image. Segment ratio was computed by setting the ROI and VOI in the CT image by using Q-Metrix program and statistically analysis was performed with SPSS Ver. 23.

Results Regarding the correlation concordance rate of Q-Metrix and AP methods, RUL(Right upper lobe), RML(Right middle lobe) and RLL(Right lower lobe) were 0.224, 0.035 and 0.447. LUL(Left upper lobe) and LLL(Left lower lobe) were found to be 0.643 and 0.456, respectively. In the PO method, the right lobe were 0.663, 0.623 and 0.702, respectively, while the left lobe were 0.754 and 0.823. When comparison was made by using the Paired sample T-test, Right lobe were 11.6±4.5, 26.9±6.2 and 17.8±4.2, respectively in the AP method. Left lobe were 28.4±4.8 and 15.4±5.6. The right lobe of PO had values of 17.4±5.0, 10.5±3.6 and 27.3±6.0, while the left lobe had values of 21.6±4.8 and 23.1±6.6, thereby having statistically significant difference in comparison to the Q-Metrix method for each of the lobes ($P<0.05$). However, there was no statistically significant difference in Right middle lobe ($P>0.05$).

Conclusion The AP method showed low concordance rate in correlation with the Q-Metrix method. However, PO method displayed high concordance rate overall. although AP method had significant differences in all lobes, there was no significant difference in Right middle lobe of PO method. Therefore, at the time of production of lung perfusion scan results, utilization of Q-Metrix method of SPECT/CT would be useful in computation of accurate resultant values. Moreover, it is deemed possible to expect obtain more practical sectional computation result values by using PO method at the time of planar image acquisition.

Key Words Planar image, SPECT-CT, Correlation

· Received: April 14, 2018 Accepted: April 30, 2018
· Correspoding author : **Tae Hwan Ha**
Address for correspondence : Department of nuclear medicine, Seoul National University Hospital, 28 Yeongondong, Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea
Tel.: +82-2-2072-2532
E-mail: seshys234@naver.com

서 론

폐 관류 스캔은 방사성 물질의 폐동맥 내 미세색전증을 이용하여 폐색전증의 진단에 이용되고 있으며, 만성 폐쇄성 질환이나 국소 폐 관류평가 및 조기 폐암발견 등에 이용된다. 방사성 동위원소를 이용한 스캔은 비 침습적이며, 위험도가 적고 수년간의 임상경험을 통해서 그 유용성이 입증된 검사이다.[1-3] 또한 폐암환자에서의 수술 및 방사선 치료 전, 후 국소 폐 기능 예측을 위하여 이용된다. 이를 위하여 관류의 정확한 정량화가 필요하다.[2-4] 단일광자 단층촬영(single photon emission computed tomography, SPECT)과 컴퓨터단층 촬영(Computed tomography, CT)을 결합시킨 SPECT/CT는 일반적인 감마카메라로 알기 어려운 선원의 깊이 정보를 제공하고 범위를 정확히 평가 할 수 있으며, 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT)를 부착시켜 해부학적 정보를 제공 할 뿐만 아니라 감쇠와 산란 등의 물리학적 요소들을 보정하기 위한 정보를 제공한다. GE Healthcare에서 제공한 Q-Metrix프로그램은 SPECT/CT를 활용하여 모든 병변 및 장기에 추적자의 흡수율을 정량화 할 수 있고 CT영상을 기반으로 그려진 폐 구역을 핵의학영상에서도 동일하게 적용되어 보다 정확한 구역을 설정 할 수 있다.[5] 그러나 피폭에 대한 인식과 시간 등 실제적으로 과거에서부터 현재까지 일반적인 평면영상으로 얻은 폐 관류 스캔 방법을 이용하여 결과를 산출하고 있다. 본 논문에서는 정량성이 우수한 SPECT/CT의 Q-Metrix프로그램을 활용하여 실제 많이 이용되고 있는 평면영상의 두 가지 결과 산출 방법에 대한 상관관계 및 각 엽의 차이를 비교 평가하고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험장비 및 대상

실험에 이용된 장비는 Discovery NM/CT 670 scanner (GE Healthcare, USA)이며 대상 환자는 2015년 5월 1일부터 2016년 9월 13일까지 폐암 진단을 받고 본원에 내원한 수술 전 폐암환자 50명을 대상으로 시행하였다(Fig. 1). 성별은 남자32명, 여자18명을 대상으로 환자 평균연령은 61.2세로 하였고, 부분 절제하거나 수술 후 환자는 대상에서 제외하였다.

Fig. 1. Discovery NM/CT 670 Scanner was used for acquisition.

2. 검사 방법

대상 군에 대하여 검사 설명 후 검사 전 환자는 5분간 누운 자세를 유지한 후 ^{99m}Tc-MAA(macro aggregated albumin) 185 MBq (5 mCi)를 천천히 직접 정맥 주사하였다. 중력에 의한 혈류 공급의 차이를 줄이기 위하여 주사 후 5분간 누운 자세를 유지한 후 검사 직전 흉부에 있는 금속성 물질을 제거하였다. 평면 폐 관류 검사를 먼저 진행 하였으며, 폐 하엽 부위의 관찰과 흉부 X선과의 비교를 용이하기 위하여 기본적인 자세는 선 자세나 앉은 자세로 하였다. 후면 영상(Posterior view; POST) 600만counts 기준으로 전면(Anterior, ANT), 우측면(Right lateral, RT-LAT), 좌측면(Left lateral; LT-LAT), 우후사면(Right posterior obilque, RPO), 좌후사면(Left posterior obilque, LPO) 순서대로 시간으로 설정하여 영상을 획득하였다(Fig. 2). 검사는 저에너지 고 해상력조준기를 사용하였으며, Matrix size는 256 X 256이고 Zoom factor는 1.14로 설정하였다. 평면 폐 관류검사 직후 환자는 기본자세로 누운 자세에서 양팔을 머리 위로 거상한 자세로 고정하여 SPECT/CT를 시행하였다. SPECT는 시계반대방향으로 Step and shot mode로 flame당 15초로 3° 씩 회전 시켰으며, Matrix size는 128 X 128이고 Zoom factor는 1.10로 설정하였다. Scan Range는 40 cm으로 Body Contour를 설정하여 Detector를 최대한 가깝게 하였다. CT 촬영조건을 관전압(120kVp)와 관전류(40mAs)으로 thickness는 2.5 mm로 적용하여 영상을 획득하였다. 영상의 Processing은 GE사 Xeleris 3.1 Workstation에서 OSEM(iterative ordered subsetexpectation maximization)방식 (iteration : 5, subset : 8)으로 Volumetric MI Software를 이용하여 재구성하였다.

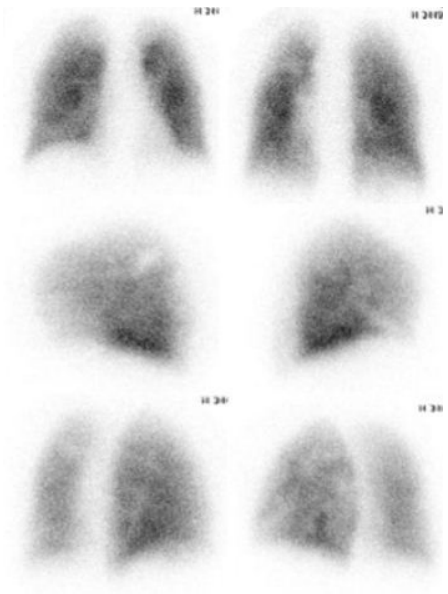

Fig. 2. Planar image lung perfusion scan.

3. 영상 분석

영상 분석은 Xeleris 3.1 Workstation(GE Healthcare, USA)을 이용하여 평면 폐 관류 영상의 두 가지 방법인 전후방법(Anterior Posterior, AP)과 후방사면 방법(Posterior Oblique, PO)을 분석하였다. 각 엽에 대하여 관심 영역(Region of interests, ROI)을 설정하고 각각의 비율에 대한 흡수율을 구하였고, 평면 영상의 정확한 설정과 구분을 위하여 X-ray영상, 일반적인 CT 및 3Dimension영상 등을 참조하여 관심영역을 설정하였다. 후방사면 방법의 결과인 lung segment ratio를 구하기 위해서 전면, 후면영상 오른 엽과 왼 엽에 사각형의 ROI를 설정하였고, 구하고자 하는 엽에 대하여 전체 엽의 대한 Count를 나누어 백분율로 나타내고 전면, 후면에 대한 %를 제곱근하여 기하학적 산술평균을 나타내었다. 후방사면영상은 해부학적으로 고려하여 RPO 영상은 3엽으로 LPO영상은 2엽으로 나누고 위와 마찬가지로 백분율을 만든 다음 기하학적 평균을 곱하여 분수로 나타내어 각각의 엽에 대한 흡수율을 얻었다(Fig. 3). 과거에서부터 이용되어 왔던 전후 방법의 결과인 lung segment ratio는 오른 엽, 왼 엽에 각각 3개의 사각형의 ROI를 설정하여 흡수율을 구하였고 왼 엽은 해부학 구조 상 2엽으로 구분되어 왼쪽 중간 엽(Left middle lobe, LML)은 왼쪽 위 엽(Left upper lobe, LUL)로 포함시켜 결과를 산출하였다(Fig. 4).

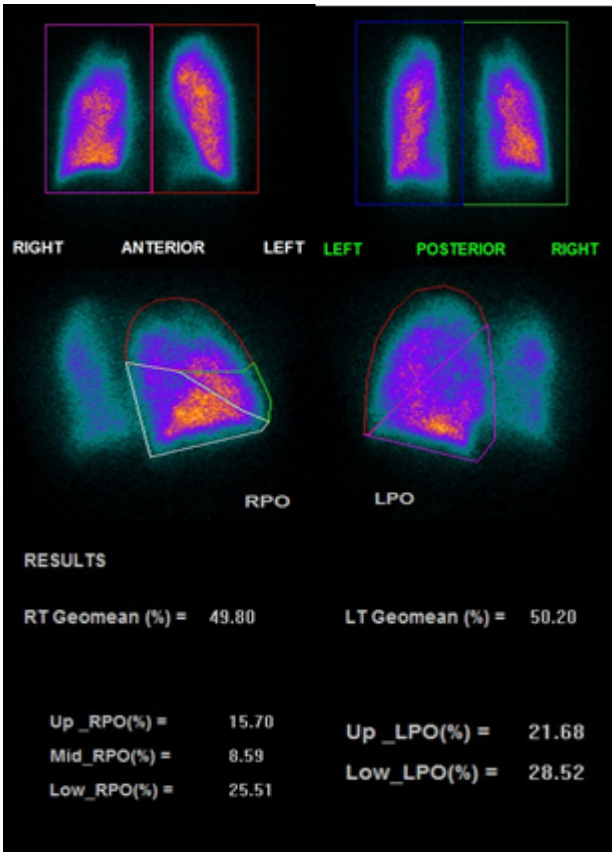

Fig. 3. This is the result image of the Posterior oblique method.

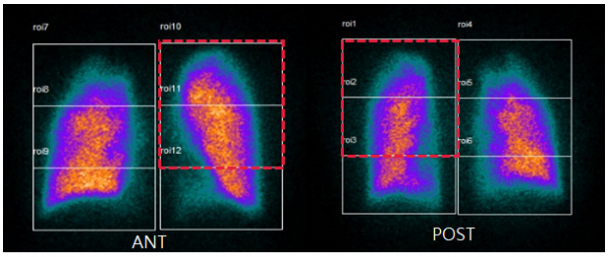

Fig. 4. This is the image of Region of interests of AP method.

SPECT/CT에 대한 분석은 추적자의 흡수율을 정량화를 위해 Q-Metrix Program (GE Healthcare, USA)을 이용하였다. Camera Sensitivity, 환자의 키와 몸무게, Measured tracer activity, Post injection measured 등 Scan parameter를 입력한 후 해부학적으로 뛰어난 CT영상에 직접 ROI를 설정하였다. 엽의 구분을 쉽게 하기 위하여 시상면(Sagittal)영상에서 Lung setting으로 전환시켜 이용하였고 2개의 Slice마다 ROI를 설정하였다(Fig. 5). 체적에 대한 정보는 관심부피(Volume of interest, VOI)를 이용하여 평면보다 정확한 3차원적 Volume에 대한 데이터를 얻어 흡수율을 분석하였다(Fig. 6).

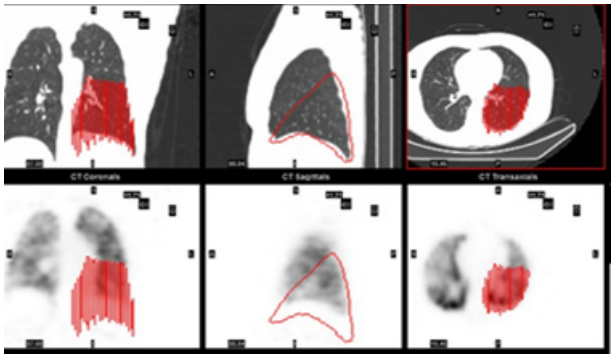

Fig. 5. This is the process of setting Region of interests for each two slices using CT images.

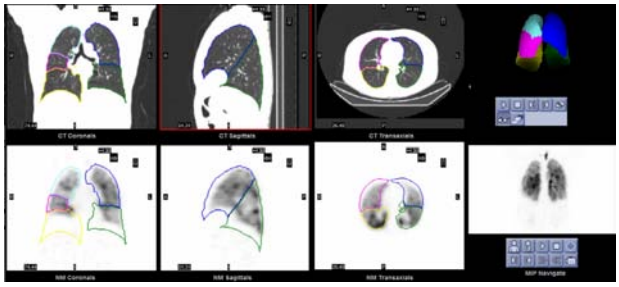

Fig. 6. This is the result image of the Q-Metrix method obtained by setting ROI and VOI.

4. 통계 분석

통계 분석은 SPSS version 23. (SPSS Inc. USA)를 이용하여 분석하였다. SPECT/CT영상과 평면영상간의 상관계수를 비교하였고, 각각의 엽에 대한 차이 비교에는 대응표본 T-검정(Paired sample T-test)를 사용하여 평균±표준편차를 나타내었다. $p<0.05$인 경우 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다.

결 과

SPECT의 위치정보와 CT영상의 해부학적으로 폐 구역을 설정한 Q-Metrix 방법과 해부학적인 구역을 구분하는 후방사면 방법(Posterior Oblique, PO)과의 흡수율에 대한 일치 상관관계를 분석한 결과 오른 엽에서 Right upper lobe (RUL)는 0.663, Right middle lobe (RML)는 0.623, Right lower lobe (RLL)는 0.702로 높은 상관관계를 보였다(Fig. 7). 왼 엽에서 Left upper lobe (LUL)는 0.754, Left lower lobe (LLL)는 0.823로 가장 높은 상관관계를 보였다(Fig. 8).

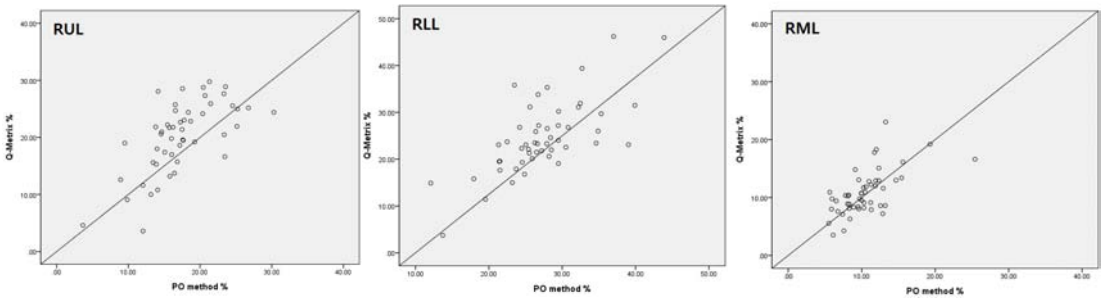

Fig. 7. The correlation between the Q.Metrix method and the Posterior Oblique method was found to be highly correlated with the right lobe uptake%.

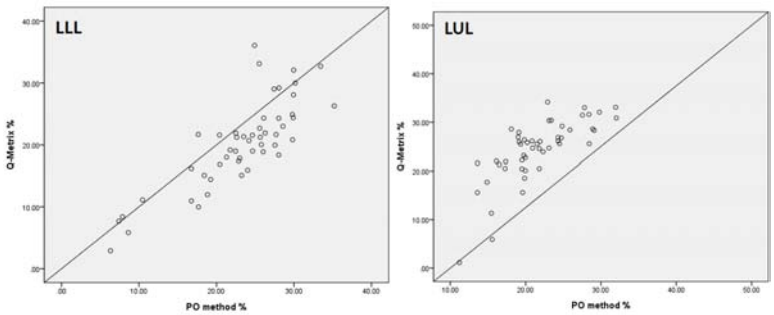

Fig. 8. The correlation with the left lobe was the highest.

Q-Metrix 방법과 전후 방법(Anterior Posterior; AP) 과의 일치 상관관계에서는 right middle lobe는 0.035로 흡수율이 증가되어 가장 낮은 상관관계를 보였고, right upper lobe는 0.224, right lower lobe는 0.447로 흡수율이 감소되었다(Fig. 9). 왼 엽에서 left upper lobe는 0.643, left lower lobe는 0.456로 나타났다(Fig. 10). 전체적인 상관계수는 Q-Metrix 방법을 기준으로 후방사면 방법은 0.795로 높은 상관관계를 보였고, 전후 방법은 0.161로 낮은 상관관계를 보였다(Fig. 11).

각 엽의 차이를 비교한 결과는 Q-Metrix방법 평균±표준편차는 right upper, middle, lower lobe순서대로 각각 20.12±6.21, 10.86±3.83, 24.57±7.80이고 left upper, lower lobe는 각각 24.34±6.47, 20.12±7.11로 나타났다. Q-Metrix방법을 기준으로 후방사면 방법(PO Method)을 비교한 결과 right upper lobe는 평균 3% 감소였고, right lower lobe에서 3% 증가하였으며 $P<0.05$로 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 right middle lobe에서 평균적으로 동일한 값을 보였고 $p>0.05$로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 왼 엽에서는 $P<0.05$로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Fig. 12, Table 1). 전후 방법(AP Method)을 비교한 결과는 right upper lobe는 평균 9% 감소였고, right lower lobe에서 7% 감소하였고 right

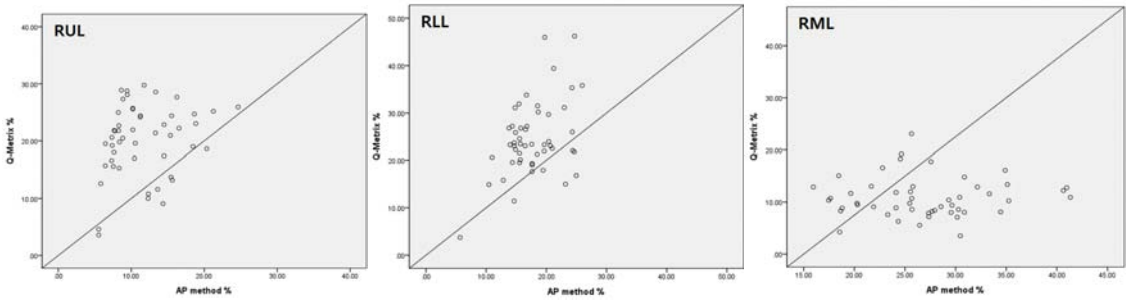

Fig. 9. The right middle lobe was overestimated and showed a low correlation between the Q.Metrix method and the Anterior Posterior method.

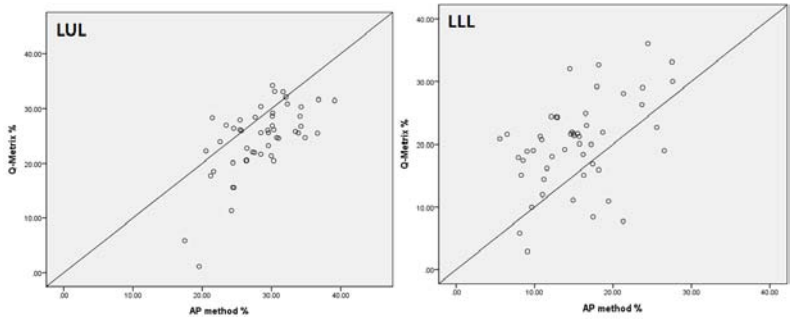

Fig. 10. Left lobe correlation graph.

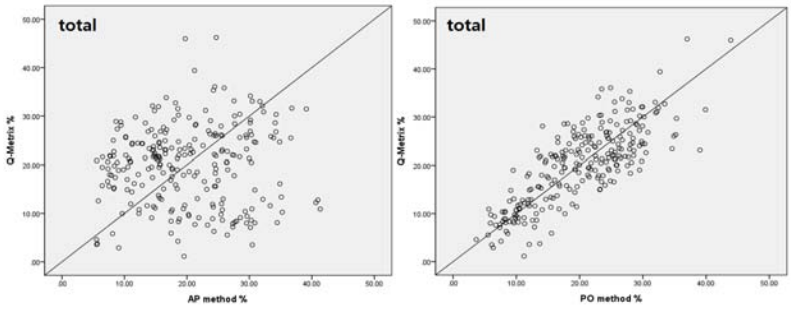

Fig. 11. Overall, the PO method showed a higher correlation than the AP method.

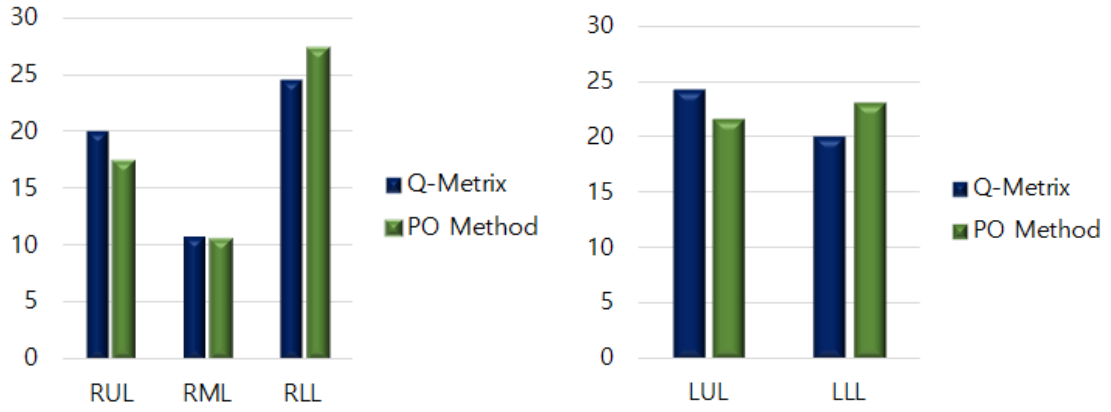

Fig. 12. Comparison of each lobe of PO method and Q. Metrix method.

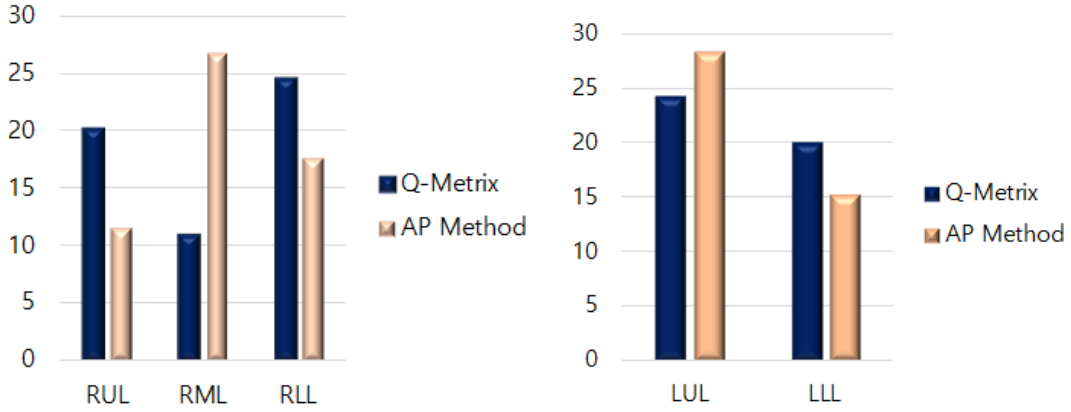

Fig. 13. Comparison of each lobe of AP method and Q. Metrix method.

middle lobe에서 평균 16% 증가하였다. 왼 엽에서도 left upper lobe는 4%증가, left lower lobe에서 5%감소를 나타냈다. 또한 모든 엽에서 $P<0.05$로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Fig. 13, Table 2).

고찰 및 결론

본 논문에서 Q-Metrix방법에 대한 평면영상의 두 가지 방법 간에는 차이가 있는 것으로 보였다. 전후 방법(AP

Table 1. Comparison of mean±SD between PO and Q.Metrix methods

	RUL		RML		RLL		LUL		LLL	
	Q.Metix	P O	Q.Metix	P O	Q.Metix	P O	Q.Metix	P O	Q.Metix	P O
Mean	20.12	17.35	10.86	10.50	24.57	27.28	24.34	21.61	20.12	23.14
SD	6.21	4.96	3.83	3.55	7.80	6.04	6.47	4.84	7.11	6.55
t	4.15		0.79		-3.44		4.54		-5.22	

Table 2. Comparison of mean±SD between AP and Q.Metrix methods

	RUL		RML		RLL		LUL		LLL	
	Q.Metix	A P	Q.Metix	A P	Q.Metix	A P	Q.Metix	A P	Q.Metix	A P
Mean	20.12	11.6	10.86	26.87	24.57	17.76	24.34	28.38	20.12	15.39
SD	6.21	4.53	3.83	6.16	7.80	4.23	6.47	4.77	7.11	5.60
t	8.83		-15.86		6.86		-5.73		4.96	

Method)은 영상에 대한 재현성이 좋았으며 결과 산출 시 보다 쉽게 관심영역을 설정할 수 있었다. 그러나 right middle lobe에 대한 흡수율이 과대평가 되었으며 상대적으로 right middle lobe와 right lower lobe에 대한 흡수율이 낮아졌고, 모든 엽에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 일치 흡수율 상관관계에서는 후방사면 방법(PO Method)이 전후 방법보다 4배정도의 높은 상관관계를 보였다. 후방사면 방법은 oblique영상을 활용하여 엽에 대한 흡수율이 과대, 과소평가 되는 것을 줄일 수 있었다. 또한 right middle lobe에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 결과 산출 시 SPECT/CT의 Q-Metrix방법을 활용하면 정확한 결과 값 계산에 도움이 될 것이며, SPECT/CT검사를 시행하지 않거나 planar image를 얻었을 때 후방사면 방법(PO Method)을 이용하면 보다 실용적인 구역 산출 결과 값을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 폐 관류 검사 시 다양한 방법을 통해 보다 많은 환자에 대한 데이터 분석뿐만 아니라 환자 호흡에 대한 보정이 필요해 보였다. 또한 객관적인 방법으로 관심영역을 설정한다면 보다 정확한 결과를 산출할 수 있을 것이라 사료된다.

요 약

폐 관류 스캔은 방사성 물질의 폐동맥 내 미세색전증을 이용하여 폐색전증의 진단에 이용되고 있으며, 만성 폐쇄성 질환이나 국소 폐 관류평가 및 조기 폐암발견 등에 이용된다. 또한 폐암환자에서의 수술 및 방사선 치료 전, 후 국소 폐 기능 예측을 위하여 이용된다. 이를 위하여 관류의 정확한 정량화가 필요하다. 이에 본 연구에서는 모든 병변 및 장기에 추적자의 흡수율 정량화가 가능한 SPECT/CT의 Q-Metrix (GE Healthcare, USA)프로그램을 활용하여 실제로 많이 이용되고 있는 평면영상의 두 가지 결과 산출 방법에 대한 상관관계 및 각 엽의 차이를 비교 평가하고자 한다. Discovery NM/CT 670 scanner (GE Healthcare, USA)장비에서 2015년 5월 1일부터 2016년 9월 13일까지 수술 전 폐암환자 50명을 대상으로 시행하였다.

환자에 대하여 ^{99m}Tc-MAA(macro aggregated albumin) 185 MBq (5 mCi)를 정맥 주사하였고 후면 영상(Posterior view)을 기준으로 전면, 우측면, 좌측면, 우후사면, 좌후사면 영상을 획득하였다. 평면 폐 관류검사 직후 SPECT/CT를 시행하였고 영상의 Processing은 GE사 Xeleris 3.1 Workstation에서 시행하였다. 후방사면 방법은 오른 엽과 왼 엽에 사각형의 관심영역을 설정하였고 RPO영상은 3엽, LPO영상은 2엽으로 나누어 각 엽에 대한 흡수율을 얻었다. 전후 방법은 오른 엽, 왼 엽에 각각 3개의 사각형의 ROI를 설정하여 흡수율을 구하였고 왼 엽은 2엽으로 구분되어 Left middle lobe은 Left upper lobe로 포함시켜 결과를 산출하였다. Q-Metrix Method는 CT영상에 직접 관심 영역(Region of interests, ROI)을 설정하였다. 시상면(Sagittal)영상에서 2개의 Slice마다 ROI를 설정하였고 관심부피(Volume of interest, VOI)를 이용하여 체적에 대한 흡수율을 분석하였다. 통계 분석은 SPSS version 23. (SPSS Inc. USA)를 이용하여 분석하였다. Q-Metrix 방법과 후방사면 방법의 흡수율에 대한 일치 상관관계는 Right upper lobe(RUL)는 0.663, Right middle lobe(RML)는 0.623, Right lower lobe(RLL)는 0.702이고 Left upper lobe(LUL)는 0.754, Left lower lobe(LLL)는 0.823로 가장 높은 상관관계를 보였다. 전후 방법은 RML는 0.035로 흡수율이 증가되어 가장 낮은 상관관계를 보였고, RUL는 0.224, RLL는 0.447로 흡수율이 감소되었다. 왼 엽에서 LUL는 0.643, LLL는 0.456로 나타났다. 전체적인 상관관계는 후방사면 방법은 0.795로 높은 상관관계를 보였고, 전후 방법은 0.161로 나타났다. 각 엽의 차이는 Q-Metrix방법 평균±표준편차는 RUL, RML, RLL순서대로 각각 20.12±6.21, 10.86±3.83, 24.57±7.80이고 LUL, LLL는 각각 24.34±6.47, 20.12±7.11로 나타났다. 동일한 순서대로 후방사면 방법의 오른 엽은 17.4±5.0, 10.5±3.6, 27.3±6.0이었고, 왼 엽은 21.6±4.8, 23.1±6.6으로 나타났다. 전후 방법에 대한 오른 엽의 평균±표준편차는 11.6±4.5, 26.9±6.2, 17.8±4.2이고, 왼 엽은 28.4±4.8, 15.4±5.6로 나타났다. 본 논문에서 Q-Metrix방법에 대한 평면영상의 두 가지 방법 간에는 차이가 있는 것으로 보였다. 전후 방법의 RML는 과대평가 되었으며 RML, RLL는 상대적으로 과소평가 되었고, 모든 엽에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 후방사면 방법은 전후 방법보다 4배정도의 높은 상관관계를 보였고, oblique영상을 활용하여 흡수율이 과대, 과소평가가 되는 것을 줄일 수 있었다. SPECT/CT검사를 시행하지 않거나 planar image 획득 시 후방사면 방법을 이용하면 보다 실용적인 결과 값을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 많은 환자에 대한 데이터 분석과 호흡에 대한 보정, 객관적인 방법으로 관심영역을 설정한다면 보다 정확한 결과를 산출할 수 있을 것이라 사료된다.

Reference

1. 고창순. 고창순 핵의학. 제3판. 고려의학. 2008;86.
2. Han Soo Kim, Joon Chang, Se Kyu Kim, Jong Hoon Lee et al. Application of Perfusion Lung Scan for the Prediction of Pulmonary Function after the Lung Resection. Department of Internal Medicine, College of Medicine, Yonsei University, Vol.37, No.1, March, 1990.
3. Kil Dong Kim, Kyung Young Chung. Evaluation of the Predictive Pulmonary Function After Pneumonectomy Using Perfusion Lung Scan. Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1995;28:371-5.
4. HIROSE, Yoshiaki, et al. Lung perfusion SPECT in predicting postoperative pulmonary function in lung cancer. Annals of nuclear medicine, 1993, 7.2: 123-126.
5. M. Ricard , S. Grimaldi M. Terroir et al. Quantification en TEMP/TDM, logiciel Q.Metrix & ^{99m}Tc-MAA. Medecine nucleaire, hopital universitaire Gustave-Roussy, Villejuif, Imagerie therapeutique, hopital universitaire Gustave-Roussy, Villejuif, France. Medecine Nucleaire 40 (2016) 169–185 O_33.