

Original article

폐 환기/관류 검사에서 2D 단면영상과 SPECT/CT를 이용한 Auto Lung 3D 영상에서 섭취율 정량평가 비교에 관한 연구

김태현, 김윤재, 고현수
서울아산병원 핵의학과

A Study on the Comparison of Quantitative Evaluation of Uptake Ratio in 2D Planar and Auto Lung 3D Images Using SPECT/CT in Pulmonary Ventilation/Perfusion Scan

Tae Heon Kim, Yoon Jae Kim, Hyun Soo Ko

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

Corresponding Author : Tae-Heon Kim, Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea, 88, Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul, 05505, Republic of Korea, Tel : +82-2-3010-4609, E-mail : kimtaecheon4@naver.com

ABSTRACT

Purpose: The pulmonary ventilation/perfusion scan is used to detect pulmonary embolism before transplantation and to evaluate lung function after transplantation. Pulmonary scans can be performed using two methods: 2D planar imaging and 3D SPECT. In the case of 2D imaging, there are inherent limitations due to the overlap of anatomical lobes. Therefore, in this study, we aimed to compare the uptake ratio results between two methods: the traditional approach using 2D images to classify the lungs into three equal regions of interest (ROI) and the method using 3D SPECT/CT images with Siemens Syngo.via Auto Lung 3D's Auto Segment function. **Materials & Methods:** From May to September 2024, the study included 30 patients (aged 63.3 ± 15.4 years, 10 males, 20 females) who underwent both 2D planar and 3D SPECT/CT pulmonary ventilation/perfusion scans on the one day protocol. Ventilation scans in both 2D and 3D were performed first, followed by perfusion scans in 2D and 3D. For the 2D images, rectangular ROIs were set for both the left and right lungs in the anterior and posterior views, and the geometric mean of the counts classified into three lobes was analyzed. For the 3D SPECT/CT images, the Auto Lung 3D function of the Siemens Syngo.via was used to analyze the counts classified into lobes (two in the left lung, three in the right lung) divided in three dimensions. A paired t-test was performed to compare the uptake ratio between the 2D and 3D images. **Results:** The uptake ratio for the left and right lungs, as well as for each lobe of the right lung, were analyzed using the ratio (%) of the geometric mean from 2D ventilation/perfusion planar images and the NM count (%) from 3D ventilation/perfusion scans. For the right lung (Rt. Total), the ventilation ratio was $56.8 \pm 3.2\%$ in the 2D and $57.0 \pm 4.2\%$ in the 3D and the perfusion ratio was $59.5 \pm 8.9\%$ in the 2D and $60.3 \pm 10.6\%$ in the 3D (denoted as Lobe/V or P/2D %/3D %). For the left lung (Lt. Total), the ventilation ratio was $43.1 \pm 3.2\%$ in 2D and $42.9 \pm 4.2\%$ in 3D, and the perfusion ratio was $40.4 \pm 11.4\%$ in 2D and $39.6 \pm 12.4\%$ in 3D. Statistical analysis showed no statistically significant differences in uptake ratio between 2D and 3D images for both Rt. Total and Lt. Total ($P > 0.05$). For the right upper lobe, the ventilation ratio was $13.7 \pm 8.4\%$ in 2D and $21.5 \pm 3.5\%$ in 3D, and the perfusion ratio was $15.4 \pm 4.1\%$ in 2D and $25.4 \pm 6.3\%$ in 3D. For the right middle lobe, the ventilation ratio was $31.1 \pm 1.2\%$ in 2D and $8.20 \pm 6.3\%$ in 3D, and the perfusion ratio was $32.2 \pm 7.0\%$ in 2D and $11.1 \pm 5.4\%$ in 3D. For the right lower lobe, the ventilation ratio was $11.8 \pm 6.4\%$ in 2D and $27.3 \pm 5.6\%$ in 3D, and the perfusion ratio was $11.9 \pm 4.5\%$ in 2D and $23.8 \pm 1.4\%$ in 3D. Statistical analysis showed significant differences in uptake ratio between 2D and 3D images for all three lobes

Received October 17, 2024

Revised October 31, 2024

Accepted November 04, 2024

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC BY 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

of the right lung ($P<0.05$). **Conclusion:** It is suggested that the 3D image analysis method, which considers anatomical structures, could replace the traditional 2D planar image analysis method. Additionally, 3D analysis, which provides a more detailed representation of the anatomical proportions of the lung lobes compared to the 2D method, may offer a more accurate evaluation not only for quantitative analysis but also for visual analysis. Therefore, it is considered that using SPECT could be more beneficial for precise evaluations.

Key words : Lung scan, Lung SPECT/CT, Ventilation, Perfusion, Auto Lung 3D

서론

방사성의약품을 이용한 폐 검사는 비침습적인 검사이며 조영제를 통한 신부전증 악화 등의 부작용이 있는 전산화단층촬영(Computed Tomography, CT) 검사나 폐혈관조영술과 비교하였을 때 다년간의 임상 검사를 통해 유용성이 입증된 검사로 현재는 폐 질환자에게 널리 사용되고 있다[1]. 폐 환기/관류 검사는 폐 이식을 위한 환자 및 이식 후의 폐 기능 평가에도 사용되며 이식 전 폐 색전증(Pulmonary Embolism, PE)의 유무를 확인하고 부분적인 환기와 관류 이상의 정도를 평가 할 수 있다[2]. 폐 관류 검사에서 관찰되는 관류 결손의 원인이 폐 색전에 의한 것임을 확인하기 위하여 폐 환기 검사를 함께 시행하는데, 폐의 환기 정도를 평가하여 관류 검사의 특이도를 높이는데 이용된다. 이때 환기 검사를 하지 않고 관류 검사만 수행한다면 특이도가 떨어지고 검사결과의 오류가 있을 수 있다. 이와 같이 환기 검사는 질적인 평가(analysis of quality)와 함께 국소 폐질환을 구별하기 위한 전체적인 폐 기능을 평가할 수 있는 장점을 가지고 있다[3,4]. 폐 검사는 2D 단면 촬영과 3D 단일 광자 방출 단층 촬영(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) 총 두 가지 방법으로 시행할 수 있는데, 단면 촬영의 경우 2차원 영상이기 때문에 특히 해부학적 엽의 중첩과 관련된 본질적인 한계가 있다. 특정 폐 엽의 결함을 발견하는 것은 어려운 일이며, 엽의 크기와 환자 간의 모양의 다양성으로 인해 개별 엽의 색전 정도를 정확하게 진단하는 것이 매우 어렵다. SPECT는 3차원 영상화라는 장점이 있어 여러 영역의 핵의학 검사에 사용되지만, 폐 영상화에는 많은 기관에서 단면 영상을 더 많이 사용한다. 폐의 SPECT 영상은 폐 엽의 중첩을 분리할 수 있고 개별 엽의 관류 결함의 크기와 위치를 보다 정확하게 식별할 수 있으며 단면 및 SPECT 폐 검사를 비교하는 연구에서는 단면 영상에 비해 SPECT의 우수성이 지속적으로 입증되었다[5]. 폐 SPECT는 병변의 깊이에 대한 더 많은 정보를 제공하고 단면영상보다 민감도, 특이도, 정확도가 더 높으며, 진단 정확도가 높고 진단되지 못하고 놓치는 경우가 거의 없기 때문에 치료 계획을 위한 유용성과 추적 조사 및 연구에 대하여 적합하다[6,7].

선행 연구들에 따르면 일반적인 단면 영상에서 우하엽의 내측 기저부의 결함은 평면 영상에서 시각화할 수 없었지만 SPECT는 모든 엽을 식별할 수 있었다. 크기가 다른 모의 색전 결함 검출에 대한 민감도는 단면 영상의 경우 77%, SPECT의 경우 97%였다. 단면 연구의 경우 결함 크기 추정의 정확도는 51%, SPECT의 경우 97% 였다. 584명의 환자를 대상으로 한 연구에서 환기/관류(Ventilation/Perfusion, V/P) SPECT에서 PE에 대한 특이도는 98.5%로 높은 수치를 기록했으며 PE에 대해 불확실한 것으로 보고된 연구는 3%에 불과했다[8].

또 다른 연구에 따르면 미국에서는 단면 영상만 촬영하는 비율이 66.7%, SPECT만 촬영하는 경우가 11.3%, 단면 영상과 SPECT/CT를 함께 촬영하는 비율이 12.6% 였으며 호주의 경우는 단면 영상만 촬영하는 비율은 3.2%였고 SPECT만 촬영하는 경우가 27.3%, SPECT/CT만 촬영하는 비율이 61.1%였다. 해외에서는 국내와는 달리 SPECT나 SPECT/CT만 촬영한 후 영상을 재구성하여 단면 영상으로 만드는 방법이 있으며 이에 해당하는 비율은 미국 16.7%, 호주 88.4%이었다[9]. 2D 단면 영상에 대한 보고 기준은 잘 설정되어 있다. 현재 유럽핵의학협회(European Association of Nuclear Medicine, EANM) 지침은 모든 복셀에서 V 및 P 양을 측정하여 얻은 환기-관류 비율의 추가 진단 가치를 강조한다. 환기(V)는 기도와 폐포로의 공기 흐름을 의미하고, 관류(P)는 폐 순환을 통한 혈액의 흐름을 의미한다. 이를 바탕으로 환기-관류 결함(V/P 비율)이 1인 전통적인 불일치 관류 결함과 쉽게 구별될 수 있다[10]. 하지만 엽의 분할 및 정량화를 위한 표준화된 단일 방법은 아직 없다[11].

따라서 본 연구에서는 2D 단면 영상을 이용하여 폐를 세 개의 동일한 관심영역(Region of Interest, ROI)으로 분류하는 기존의 방식과 SPECT/CT 3D 영상을 이용하여 지멘스 싱고비아(Syngo.via) Auto lung 3D 프로그램에서 분류하는 Auto segment 기능을 이용한 두 가지 방식에서의 섭취율에 대한 정량분석 결과를 비교해보고자 하였다.

실험 대상 및 방법

1.연구 대상

서울 소재 상급종합병원에서 2024년 5월부터 9월까지 30건(평균 63.3 ± 15.4 세, 남자 10명, 여자 20명)의 폐의 2D 환기 검사와 3D 환기 SPECT/CT & 2D 관류 검사와 3D 관류 SPECT/CT 검사를 하루 프로토콜로 진행한 환자 자료를 대상으로 하였다.

2.연구 도구

이중 헤드 감마카메라(Symbia Intevo Bold, Siemens, Germany)(Fig. 1) 장비를 사용하였으며, 콜리메이터는 저에너지 범용성 콜리메이터(Low Energy All-Purpose, LEAP)를 사용하였다. 환기 검사에는 테크네가스 발생기(Technegas-Plus, Cyclomedica, Australia)(Fig. 2)를 사용하였다.



Fig. 1. Dual-head gamma camera was used for image acquisition(Symbia Intevo Bold, Siemens, Germany).



Fig. 2. Technegas generator was used for lung ventilation scans(Technegas-Plus, Cyclomedica, Australia).

3.연구 방법

1) 2D 환기 검사

테크네가스 발생기(Technegas-Plus, Cyclomedica, Australia)에 370 MBq을 주입한 후 호흡관을 이용하여 충분히 흡입시킨다. 폐의 위치에서 감마카메라의 모니터에 실시간으로 표시되는 계수율이 1.5~2.0 kcount/sec가 될 때까지 반복하여 흡입시킨다. 이어서 아래의 영상 획득 조건(Table 1)에 따라 2D 환기검사를 시행한다. 전면상을 기준으로 250 kcounts(소아는 200 kcounts) 영상을 획득한다.

Table 1. Acquisition Parameter of lung Ventilation planar scan

	Ventilation planar scan
Energy peak & window	15% window centered at 140 kev
Zoom factor	1.23
Matrix	256 x 256
Counts	250 kcts(adult), 200 kcts(child)
View	[ANT/POST], [RAO/LPO], [LAO/RPO]

2) 3D 환기 검사

2D 환기 검사 종료 후 이어서 아래의 영상 획득 조건(Table 2,3)에 따라 3D 환기 SPECT/CT를 시행한다. 각 view 당 10초씩 64 views를 180 도 회전하며 영상을 획득한다. SPECT를 먼저 촬영 후 CT 촬영을 진행한다. 3D 환기 SPECT/CT의 검사 및 재구성 조건은 아래와 같다.

Table 2. Acquisition and reconstruction Parameter of lung Ventilation SPECT

	Ventilation SPECT
Energy peak & window	15 % window centered at 140 kev Lower & Upper Scatter : 15 %
Mode	Step & Shoot
Zoom factor	1
Time per view	10sec
Number of views	64
Degrees of rotation	180
Matrix	128 x 128
Iterations	8
Subsets	4
3D Gaussian FWHM	8mm
Total acquisition time	14min

Table 3. Acquisition and reconstruction Parameter of CT

	CT
kVp	110
Eff.mAs	Care dose,40
Detector collimation	9.6mm
Rotation time	0.6 sec
Slice thickness	2mm
Increment	2mm
Pitch	1
Filter	180s

3) 2D 관류 검사

2D 및 3D 환기 검사 종료 후 Tc-99m MAA(Macroaggregated Albumin) 160 MBq(성인) 을 투여하고 아래의 영상 획득 조건(Table 4)에 따라 2D 관류 검사를 시행한다. 전면상을 기준으로 1000 kcounts(소아는 300 kcounts) 영상을 획득한다.

Table 4. Acquisition Parameter of lung Perfusion planar scan

	Perfusion planar scan
Energy peak & window	15 % window centered at 140 kev
Zoom factor	1.23
Matrix	256 x 256
Counts	1000 kcts(adult), 300 kcts(child)
View	[ANT/POST], [RAO/LPO], [LAO/RPO]

4) 3D 관류 검사

2D 관류 검사 종료 후 이어서 아래의 영상 획득 조건(Table 5)에 따라 3D 관류 SPECT/CT를 시행한다.각 view 당 5초씩 64 views 를 180 도 회전하며 영상을 획득한다. CT에 의한 피폭을 최소화하기 위하여 CT 촬영은 환기 검사에서 1회만 시행한다. 촬영된 CT 영상을 재사용하기 위해 환기 검사와 자세를 최대한 동일한 자세로 유지하며 검사한다.

Table 5. Acquisition and reconstruction Parameter of lung Perfusion SPECT

	Perfusion SPECT
Energy peak & window	15 % window centered at 140 kev Lower & Upper Scatter : 15 %
Mode	Step & Shoot
Zoom factor	1
Time per view	5 sec
Number of views	64
Degrees of rotation	180
Matrix	128 x 128
Iterations	8
Subsets	4
3D Gaussian FWHM	8mm
Total acquisition time	8 min 40 sec

4.정량 분석

1) 2D Planar 정량 분석

2D 환기 검사에서 획득한 영상에서 전면과 후면 영상의 좌, 우 폐에 위 아래를 모두 포함한 직사각형의 ROI를 설정하면 자동으로 세 개의 엽으로 분류된다. 계수값의 기하평균(geometric mean)을 구하여 우전엽(Rt. total lobe)과 좌전엽(Lt. total lobe) 그리고 우상엽(Rt. upper lobe), 우중엽(Rt. middle lobe), 우하엽(Rt. lower lobe)의 섭취율을 분석한다(Fig. 3). 2D 관류 검사도 위와 동일하게 섭취율을 분석한다(Fig. 3).

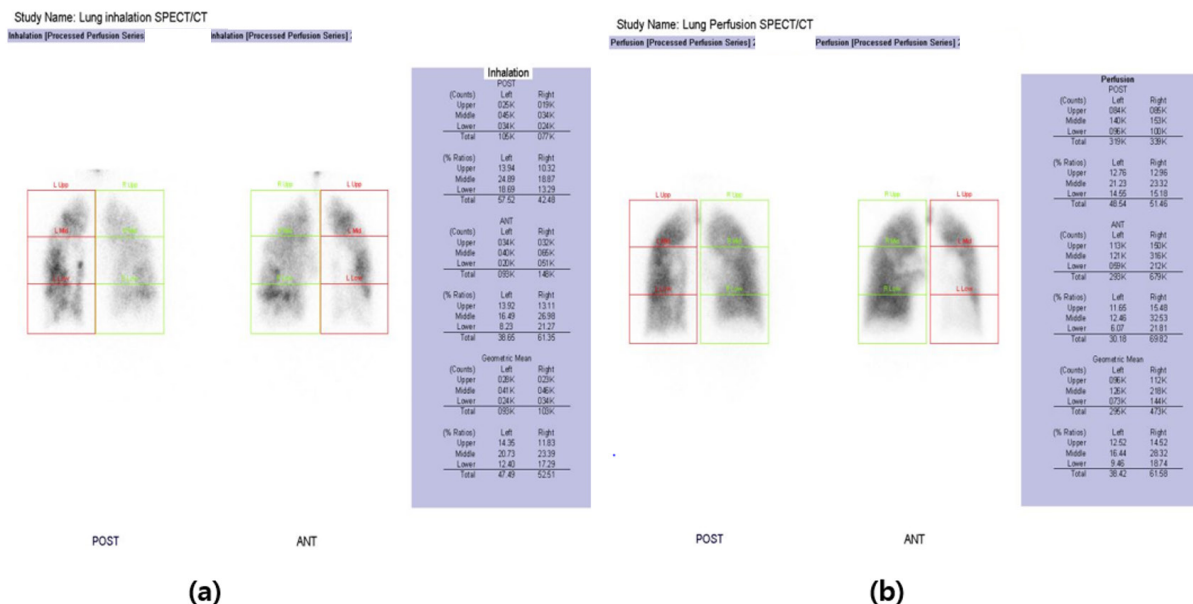


Fig. 3. These are 2D planar scan image. They are actual test results showing the uptake ratio and geometric mean ratio for lung ventilation and perfusion scans. These images indicate lung ventilation scans (a) and lung perfusion scans (b).

2) 3D SPECT 정량 분석

지멘스사의 싱고비아 프로그램을 이용하여 3D 환기 SPECT영상과 CT영상을 이용하여 Auto lung 3D기능을 사용한다(Fig. 4).

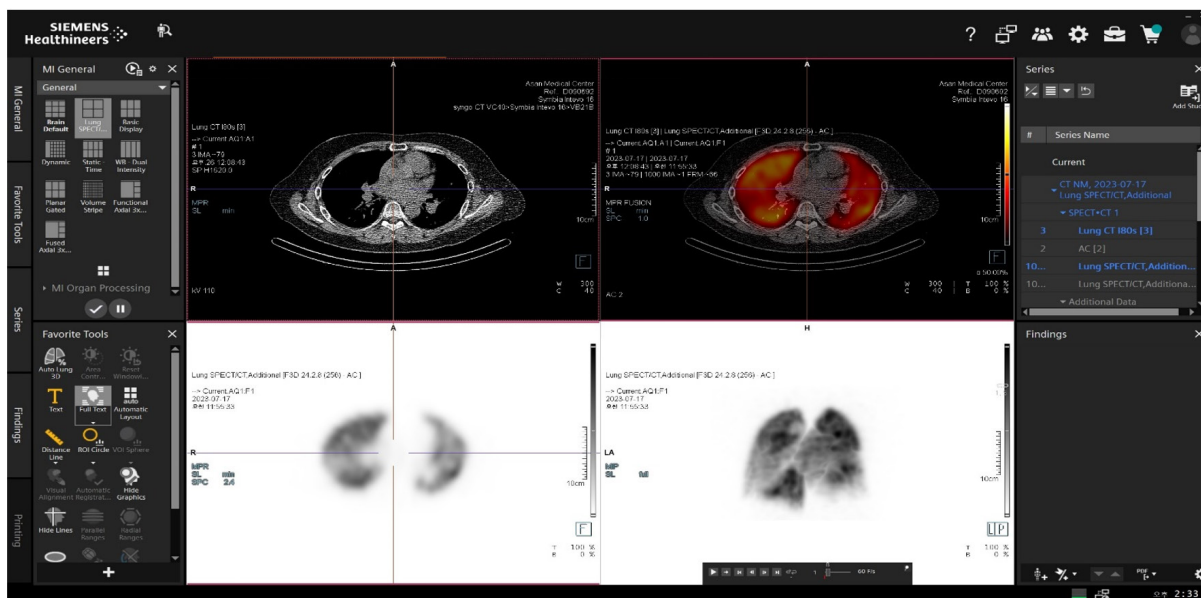


Fig. 4. This is Syngo.via's Auto lung 3D Program. This image shows the process of segmenting lung lobes in 3D using CT and SPECT images.

Auto lung 3D기능을 이용하여 좌,우 폐 CT 데이터의 Hounsfield Unit(HU)를 기준으로 나누어진 3차원 엽(좌엽 2개, 우엽 3개)별 우전엽과 좌전엽 그리고 우상엽, 우중엽, 우하엽의 섭취율을 분석한다. 3D 관류 SPECT/CT 영상도 위와 동일한 방법으로 분석한다 (Fig. 5).

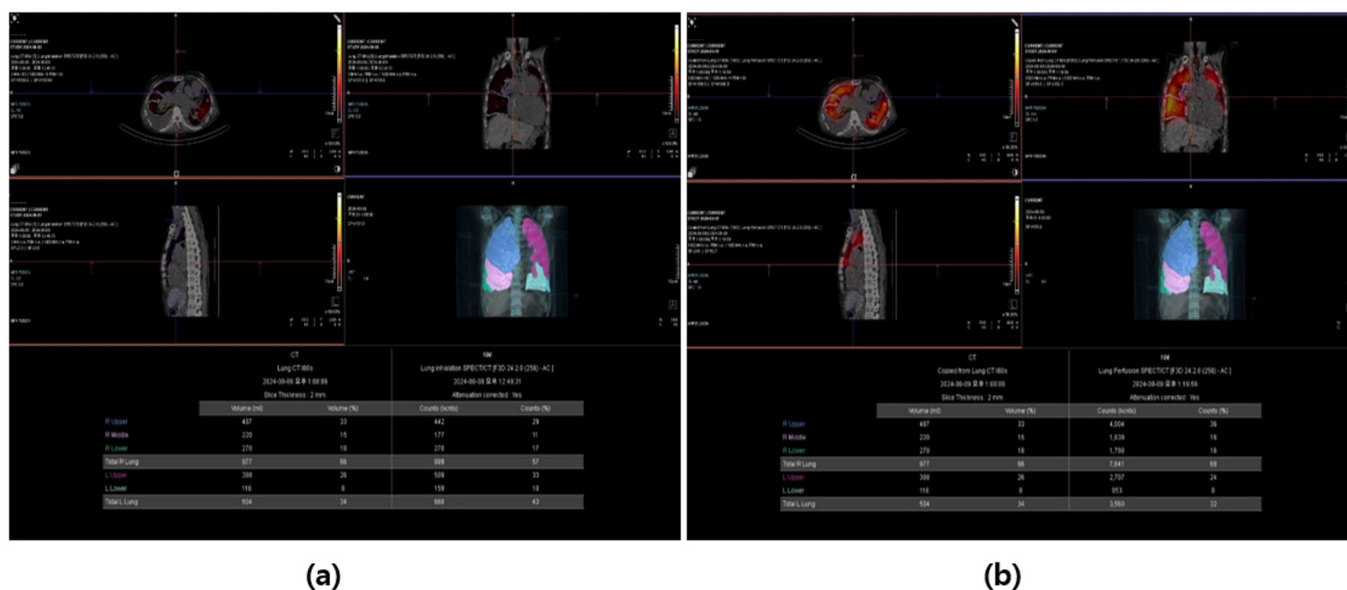


Fig. 5. These are 3D SPECT/CT images. They are actual results showing uptake counts and NM counts(uptake ratio) for lung ventilation and perfusion scans. These images indicate lung ventilation scans (a) and lung perfusion scans (b).

5.통계 분석

좌,우 폐의 위 아래를 모두 포함한 직사각형의 ROI의 우전엽, 좌전엽과 우상엽, 우중엽, 우하엽의 3개의 엽에서 획득한 2D Geometric Ratio와 Auto lung 3D 기능을 이용하여 폐의 해부학적인 구조를 고려하여 오른쪽 3엽, 왼쪽 2엽의 3D Ratio의 산술 및 기하 평균을 구하고 표준편차를 산출하였다. 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율을 비교하기 위하여 Paired *t*-test 를 시행하였다.

결과

2D 환기/관류 검사의 단면 영상의 기하평균 중 Ratio(%)와 3D 환기/관류검사 결과의 NM count(%)를 이용하여 폐의 우전엽과 좌전엽 그리고 우상엽, 우중엽, 우하엽의 섭취율을 분석하였다.

1) 우전엽

환기 검사에서 우전엽의 총 섭취율은 2D 영상에서 평균이 56.8%, 3D 영상에서는 57.0%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.62로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 관류 검사에서 우전엽의 총 비율은 2D 영상에서 평균이 59.5%, 3D 영상에서는 60.3%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.06으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.05$) (Table 6) (Fig. 6).

Table 6. Result of Rt. total value (ratio(%))

	Image	Mean	SD	t	P-value
Ventilation	2D Image	56.8	3.2	-0.49	0.62
	3D Image	57.0	4.2		
Perfusion	2D Image	59.5	8.9	-2.02	0.06
	3D Image	60.3	10.6		

2) 좌전엽

환기 검사에서 좌전엽의 총 섭취율은 2D 영상에서 평균이 43.1%, 3D 영상에서는 42.9%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.62로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 관류 검사에서 좌전엽의 총 비율은 2D 영상에서 평균이 40.4%, 3D 영상에서는 39.6%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.06으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.05$) (Table 7) (Fig. 6).

Table 7. Result of Lt. total value (ratio(%))

	Image	Mean	SD	t	P-value
Ventilation	2D Image	43.1	3.2	0.49	0.62
	3D Image	42.9	4.2		
Perfusion	2D Image	40.4	11.4	2.02	0.06
	3D Image	39.6	12.4		

3) 우상엽

환기 검사에서 우상엽의 총 섭취율은 2D 영상에서 평균이 13.7%, 3D 영상에서는 21.5%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 관류 검사에서 우상엽의 총 비율은 2D 영상에서 평균이 15.4%, 3D 영상에서는 25.4%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유

의한 차이가 있었다($P<0.05$) (Table 8) (Fig. 6).

Table 8. Result of Rt. upper lobe value

(ratio(%))

	Image	Mean	SD	t	P-value
Ventilation	2D Image	13.7	8.4	-9.78	0.00
	3D Image	21.5	3.5		
Perfusion	2D Image	15.4	4.1	-9.59	0.00
	3D Image	25.4	6.3		

4) 우중엽

환기 검사에서 우중엽의 총 섭취율은 2D 영상에서 평균이 31.1%, 3D 영상에서는 8.20%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 관류 검사에서 우중엽의 총 비율은 2D 영상에서 평균이 32.2%, 3D 영상에서는 11.1%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$) (Table 9) (Fig. 6).

Table 9. Result of Rt. middle lobe value

(ratio(%))

	Image	Mean	SD	t	P-value
Ventilation	2D Image	31.1	1.2	21.38	0.00
	3D Image	8.2	6.3		
Perfusion	2D Image	32.2	7.0	16.79	0.00
	3D Image	11.1	5.4		

5) 우하엽

환기 검사에서 우하엽의 총 섭취율은 2D 영상에서 평균이 11.8%, 3D 영상에서는 27.3%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 관류 검사에서 우하엽의 총 비율은 2D 영상에서 평균이 11.9%, 3D 영상에서는 23.8%이었다. Paired *t*-test 결과 *P*-value는 0.00으로 2D 영상과 3D 영상에서의 섭취율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$) (Table 10) (Fig. 6).

Table 10. Result of Rt. lower lobe value

(ratio(%))

	Image	Mean	SD	t	P-value
Ventilation	2D Image	11.8	6.4	-11.79	0.00
	3D Image	27.3	5.6		
Perfusion	2D Image	11.9	4.5	-8.29	0.00
	3D Image	23.8	1.4		

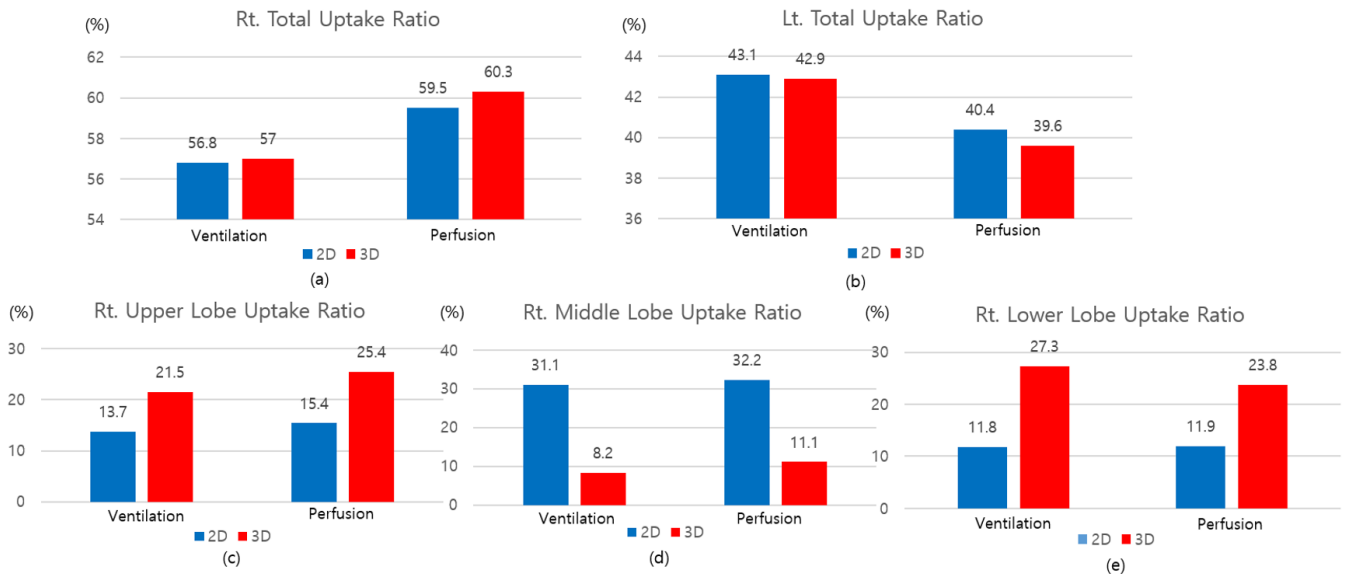


Fig. 6. This graph has visualized uptake ratio by lung lobes. A comparative analysis of the mean uptake ratios in 2D and 3D lung ventilation and perfusion scans was conducted. Each graph represents Rt. total uptake ratio (a), Lt. total uptake ratio (b), Rt. upper lobe uptake ratio (c), Rt. middle lobe uptake ratio (d), and Rt. lower lobe uptake ratio (e).

고찰

폐 환기/관류 검사에서 2D 단면영상과 3D SPECT/CT 영상의 섭취율 정량평가 비교를 하였다. 영상 분석 시 2D 단면영상의 경우 좌,우 폐의 위 아래를 모두 포함한 직사각형의 ROI를 설정하여 평가하고 3D 영상의 경우 폐의 해부학적인 구조를 고려하여 오른쪽은 세 개의 영역, 왼쪽은 두 개의 영역으로 나누어 평가한다. 각각의 우전엽과 좌전엽에서 2D와 3D 영상의 섭취율은 평균적으로 차이가 크지 않았고 통계적으로도 유의한 차이는 없었다. 하지만 우상엽과 우하엽에서는 2D 보다 3D에서 섭취율이 소폭 증가하였으며 우중엽에서는 2D보다 3D에서 대폭 감소하였다. 또한 3개의 엽에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 이를 미루어 볼 때 기존의 2D 영상에서 우상엽과 우하엽은 상대적으로 과소평가, 우중엽은 상대적으로 과대평가 된 것으로 판단 할 수 있겠다. 왼쪽 폐의 경우 2D에서는 3개의 엽으로, 3D에서는 3개의 엽으로 개수가 서로 다르게 분석되므로 좌전엽의 섭취율을 제외한 원엽을 구분하여 비교하는 것은 불가능하였다.

또한 2D는 장비가 전체 카운트 값에 도달하면 검사가 종료되는 카운트 세팅으로 되어있고 x축, y축을 바탕으로 단순히 카운트 값을 획득하지만 3D는 장비가 view당 카운트 세팅으로 되어 있으며 z축의 정보를 추가로 가지고 있는 차이가 있고 각각의 투사 데이터에 이미지 재구성 및 필터를 씌워 노이즈를 제거하는 방법을 사용하여 순수 카운트 자체가 차이가 나기 때문에 Ratio(%)로 비교할 수 밖에 없었다.

3D의 Auto Lung 기능의 경우 폐 절제술을 시행한 환자는 사용하기 불편한데 양측 폐의 하엽을 절제한 환자는 하엽이 없음에도 자동으로 오른쪽은 세 개의 엽, 왼쪽은 두 개의 엽을 설정하기 때문에 수동으로 조절을 해야 한다는 제한점이 있었다.

또한 정상환자와 병변환자의 구분없이 30명을 비교하였다. 병변환자와 정상환자 별로 2D와 3D의 섭취율이 차이가 있을 것으로 예상되나 3D 환기 SPECT 처방 건수 부족으로 정상환자와 병변환자를 분류하여 비교하지 못한 제한점이 있어 추후 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

최근 환기 검사와 관류 검사의 SPECT 처방 건수가 늘고 있으며 하루에 환기 검사와 관류 검사를 동시에 시행하는 하루 프로토콜로 진행하고 있다. SPECT/CT가 단면영상보다 민감도와 특이도가 높고 폐의 모든 엽을 영상화 할 수 있으며 폐 색전증의 진단율이

높다는 장점이 있으나 CT의 피폭 추가 및 검사 시간이 약 1시간 정도로 소요시간이 길다는 단점이 있다. 또한 CT에 의한 피폭을 최소화하기 위하여 CT 촬영은 1회만 시행하기 때문에 환기 검사와 관류 검사를 동시에 진행하는 경우 CT를 촬영할 때와 동일한 자세를 하지 못하면 결과의 정확성이 떨어지는 제한점이 있다.

폐의 섭취율을 평가하는 방법에는 전후 방법(Anterior Posterior, AP)과 후방사면 방법(Posterior Oblique, PO)이 있다. 선행연구에 따르면 전후 방법의 경우 영상에 대한 재현성은 좋았으나 우중엽에 대한 흡수율이 과대평가 되었으며 상대적으로 우중엽과 우하엽에 대한 흡수율이 낮아졌다. 반면 후방사면 방법의 경우 사면영상을 활용하여 엽에 대한 흡수율이 과대, 과소평가 되는 것을 줄일 수 있었다. 또한 일치 흡수율 상관관계에서는 후방사면 방법이 전후 방법보다 4배 높은 상관관계가 있었고 또한 우중엽에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다[11]. 하지만 본 연구에서 폐검사에 사용한 장비에서 후방사면 방법을 사용할 수 있는 영상을 획득하지 못하였기 때문에 전후방법만을 사용하여 평가를 진행한 제한점이 있다. SPECT/CT검사를 시행하지 않거나 단면 영상을 얻을 때 후방사면 방법을 이용하면 보다 실용적인 구역 산출 결과 값을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

결론

환기 검사와 관류 검사에서 2D 단면촬영 영상과 SPECT/CT를 이용한 Auto lung 3D 영상을 비교 분석 한 결과 좌전엽의 섭취율과 우전엽의 섭취율은 통계적으로 유의미한 차이가 없었으므로 해부학적 구조를 고려한 3D 영상의 분석방법이 기존의 2D 단면 영상의 분석방법을 대체할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 오른쪽 폐를 3개의 구역으로 분할 하여 동일한 크기의 ROI를 설정하는 2D 영상과 입체적으로 폐의 엽들을 나눈 3D 영상의 각 엽들의 값을 비교해본 결과 각 엽들의 섭취율 평균 차이가 크고 통계적으로 차이가 있었으나 기존의 2D보다 입체적으로 폐의 엽들을 반영하여 분석하는 3D가 오히려 해부학적인 폐의 엽의 비율을 더 정확하게 보여주는 것이므로 SPECT 검사를 하는 것이 정량분석 뿐만 아니라 육안분석에도 더 정확한 평가를 하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Kim JS, Kim SH. Correlation between high-sensitive collimator and quantitative analysis in lung ventilation SPECT. J Radiol Sci Technol. 2015;38(2):89-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.2.02>
2. Kim SE, Han HJ, Shim KM. Normal lung ventilation/perfusion scintigraphy in miniature pigs. J Life Sci. 2010;20(11):1725-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2010.20.11.1725>
3. Kim JS, Kim SM, Kim JE, Lee JS, Lee DS. The study on usefulness of LEAP collimator in lung ventilation SPECT. Korean J Nucl Med Technol. 2012;16(2):18-24. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO201216856524397.page>
4. Cobes N, Guernou M, Lussato D, Queneau M, Songy B, Bonardel G, et al. Ventilation/perfusion SPECT/CT findings in different lung lesions associated with COVID-19: a case series. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47(10):2453-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00259-020-04920-w>
5. Roach PJ, Schembri GP, Bailey DL. V/Q scanning using SPECT and SPECT-CT. J Nucl Med. 2013;54(9):1588-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.2967/jnumed.113.124602>
6. Park HH, Kim TH, Shin JY, Lee TS, Lyu KY. Usefulness of CT-based SPECT fusion image in the lung disease: preliminary study. J Radiol Sci Technol. 2012;35(1):59-64. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001645694>
7. Bajc M, Jonson B. Ventilation/perfusion SPECT for diagnosis of pulmonary embolism and other diseases. Int J Mol Imaging. 2011;2011:682949. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2011/682949>
8. Roach PJ, Bailey DL, Schembri GP, Thomas PA. Transition from planar to SPECT V/Q scintigraphy: rationale, practicalities, and challenges. Semin Nucl Med. 2010;40(6):397-407. DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2010.07.004>

9. Currie GM, Bailey DL. V/Q SPECT and SPECT/CT in pulmonary embolism. *J Nucl Med Technol.* 2023;51:9-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.2967/jnmt.122.264880>
10. de Nijs R, Berg RMG, Lindskov Hansen S, Mortensen J. Ventilation perfusion functional difference images in lung SPECT: a linear and symmetrical scale as an alternative to the ventilation perfusion ratio. *Phys Med.* 2024;119:103306. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2024.103306>
11. Ha TH, Lim JJ, Do YH, Cho SW, Noh GW. Comparative evaluation of the methods of producing planar image results by using Q-Metrix method of SPECT/CT in lung perfusion scan. *Korean J Nucl Med Technol.* 2018;22(1):90-7. Retrieved from <https://www.kjnmt.org/view/22-1-13.pdf>