

## &lt;원저&gt;

# 고해상도 흉부 전산화단층촬영을 이용한 간질성 폐질환을 가진 환자의 자세에 따른 해부학적 구조물 크기 비교

이재민<sup>1)</sup>·박제현<sup>2)</sup>·김주성<sup>2)</sup>·임청환<sup>2)</sup>·이기백<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>서울아산병원 영상의학팀 · <sup>2)</sup>한서대학교 방사선학과 · <sup>3)</sup>서울아산병원 의공학연구소

## Comparison of Sizes of Anatomical Structures according to Scan Position Changes in Patients with Interstitial Lung Disease Using High-Resolution Thoracic CT

Jae-min Lee<sup>1)</sup>·Je-heon Park<sup>2)</sup>·Ju-seong Kim<sup>2)</sup>·Cheong-Hwan Lim<sup>2)</sup>·Ki-Baek Lee<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Radiology, Seoul Asan Medical Center

<sup>2)</sup>Department of Radiological Science, Hanseo University

<sup>3)</sup>Biomedical Engineering Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center

**Abstract** High-Resolution thoracic CT (HRCT) is a scanning protocol in which thin slice thickness and sharpness algorithm are utilized to enhance image resolution for diagnosis and assessment of interstitial lung disease (ILD). This examination is sometimes performed in both supine and prone position to improve sensitivity to early changes of these conditions. Anatomical structures (the size of lung field and heart and descending aorta) of 150 patients who underwent HRCT were retrospectively compared. HRCT had been conducted in two positions (supine and prone). Data were divided into five groups according to patient body weights (from 40 to more than 80kg, 10kg intervals, 60 patients/each group). Quantitative analysis was utilized in Image J program. In the supine position defined as the control group, the average values of lung fields and heart size and aorta were compared with the prone position defined as the experimental group. The size of the lungs was found to be higher in the supine position, and it was confirmed that there was a statistically significant difference in patients over 70 kg ( $p < 0.05$ ). In addition, both sizes of the heart and descending aorta were larger in prone position, but in the case of the heart, there was no correlation with the presence or absence of ILD disease ( $p > 0.05$ ). Also, the area of prone in the descending aorta was higher than supine position, but there was no statistically significant difference between supine and prone position ( $p > 0.05$ ). In conclusion, when the severity of ILD disease was severe, there was no statistically significant difference in the area difference between supine and prone position, so it is considered that it will be helpful in diagnostic decision.

**Key Words :** Interstitial Lung Disease, Size Change of Thoracic Structures, Supine Position, Prone Position, Quantitative Assessment, High-Resolution Thoracic CT

**중심 단어 :** 간질성 폐질환, 흉부 구조의 크기 변화, 누운 자세, 엎드린 자세, 정량적 평가, 고해상도 흉부 전산화단층촬영

## I. 서 론

전산화단층촬영(computed tomography; CT)검사는 짧은 시간에 신속히 환자의 몸 안을 비침습적으로 볼 수 있으

며, 높은 해상력을 이용하여 환자의 질환을 조기진단할 수 있기 때문에 CT검사의 빈도수는 계속해서 늘어가고 있다 [1,2]. 그중, 국내에서 폐렴은 2018년 사망원인 통계자료에 서 3위를 차지하는 질환이며[3], 이러한 폐렴 및 폐의 기능

Corresponding author: Ki Baek Lee, Biomedical Engineering Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, 88, Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul, 05505, Republic / Tel: +82-02-3010-8418 / E-mail: beall34@naver.com

Received 12 March 2021; Revised 28 April 2021; Accepted 28 April 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

성 저하의 일종인 간질성 폐 질환(interstitial lung disease; ILD), 그리고 폐암 등을 진단하기 위해서 흉부(thorax) CT 검사도 나날이 증가하고 있다[4,5]. 기본적으로 폐와 관련된 질환을 구별하기 위한 흉부 CT검사는 복부 CT보다 해상력이 높은 재구성알고리즘을 이용하여 영상을 재구성하는 데[6,7], ILD와 같은 폐와 폐 사이의 기능적인 문제의 평가를 위해서는 상대적으로 더 고해상도의 영상을 이용한다[8,9]. 이런 고해상도 흉부 CT(high-resolution thoracic CT; HRCT)는 일반 흉부 CT보다 고관전압의 사용과 함께 얇은 두께 영상의 재구성 그리고 고해상도의 재구성 필터를 사용하며[10,11], 이와 동시에 환자의 호흡 및 체위의 변화를 통하여 더 정밀하게 폐 안을 평가하게 된다. 이 내용을 자세히 보면, HRCT는 흡기(inspiration), 호기(expiration), 그리고 누운 자세(supine position)와 엎드린 자세(prone position)의 다양한 인체의 기능적 그리고 구조적인 변화를 이용하여 진행하게 되는데, 이러한 방법들은 ILD 환자들에 있어 폐 안의 공기가 들어있는 정도를 평가하거나 자세 변화를 통한 폐의 기능적 변화를 파악하기 위함이다[12,13]. 이런 방법들로 ILD의 진단을 정확하게 하려는 임상적인 연구들은 있었지만[14,15], 크기를 정량적으로 자세히 다른 연구는 없었기 때문에 구체적으로 자세의 변화에 따른 ILD 환자의 흉부 안의 구조물 크기를 정량적으로 파악함으로써 영상분석과정에 기초적 자료의 근거를 마련하고자 하였다. 따라서 본 연구는 ILD와 관련된 환자들의 해부학적 구조의 크기 변화가 Supine과 Prone position에서 어떻게 변화하는지 확인을 해보고, 인구 통계학 정보 중 체중에 따라 상관관계를 파악하여 ILD 질환 평가에 도움을 주기 위해 진행되었다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상 및 사용기기

2019년 7월부터 2019년 11월까지 외래 및 입원한 환자 중

과거력, 현 병력, 흉부 X선 촬영, 기존의 흉부 CT를 통하여 ILD라고 진단되었거나 의심이 되어 진단의 목적으로 HRCT를 시행한 150명(남자: 84명, 여자: 66명)의 자료를 후향적으로 수집 및 분석하였다. 등록된 환자들의 나이는 62세(range: 36-83)였다. 실험에서 사용된 장비는 128-slice의 Somatom Definition AS+(Siemens Healthineers, Erlangen, Germany)를 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 체중에 따른 전체 환자의 Supine과 Prone position에서의 비교

모든 환자에 조영제의 주입 없이 폐첨부(lung apex)부터 부신(adrenal)까지 폐 전체를 포함한 HRCT를 시행하였다. 검사 방법은 검사실의 테이블에 누워서 양팔을 올리고 Supine position으로 호흡을 Inspiration 한 후, 자세를 Prone position으로 변경하여 동일하게 양팔을 올리고 호흡을 Inspiration하여 영상을 획득하였다. 영상의 획득하기 위한 스캔 및 영상 획득 파라미터는 본원에서 사용되는 조건과 동일하게 진행하였다(Table 1).

해부학적 구조의 크기 측정을 위해 두 자세(supine vs prone)에서 각 환자의 대동맥궁(aortic arch)이 보이는 영상, 폐동맥(pulmonary artery)이 보이는 영상, 우심실(right ventricle; RV)과 좌심실(left ventricle; LV)이 함께 보이는 영상의 세 부분의 단면 영상을 획득하였다. 그 후, 데이터를 체중을 기반으로 총 다섯 그룹(A: 40-50 kg 미만, B: 50-60 kg 미만, C: 60-70 kg 미만, D: 70-80 kg 미만, E: 80 kg 이상)으로 10 kg 간격으로 30명씩의 데이터를 랜덤으로 후향적으로 선택하여 비교 분석하였다. 정량적 분석은 Image J(US National Institute of Health, NIH) 프로그램을 이용하였으며, 정량적인 면적을 측정하기 위해서 주저자(L.J.M)가 여러 번 반복적으로 측정해서 결과를 산출하되 Bias를 줄이기 위해 다른 한 명의 저자(L.K.B)

**Table 1.** Scan and image acquisition parameters.

		Somatom Definition AS+	
Dose modulation		120 kV / 100 eff,mA	
Scan type		Spiral mode	
Rotation Time		0.5 seconds	
Pitch & Speed		1	
Collimation		0.6 mm	
kernel	Supine	B60f sharp	
	Prone	B60s sharp	

의 지도를 받았다. 역치값(threshold value)을 기반으로 자동으로 구역이 설정되게 하되 구역설정 방법은 폐는 Wand Tool, 심장(heart)은 Polygon selection, 하행 대동맥(descending aorta)은 Oval selection을 사용하여 Image J의 Pixel 개수로 면적을 표시하였다. 그리고 이 수치를 실제 영상에서 전체 Pixel의 숫자를 한 줄로 세워서 mm로 변환하여 면적을 상대적으로 비교하였다. 대조군으로 Supine position에서 Inspiration 호흡으로 진행한 영상의 오른쪽 폐(right lung; RL), 왼쪽 폐(left lung; LL), 양쪽 폐(both lung; BL), 심장, 하행 대동맥의 크기를 정량적으로 측정하였다. 실험군은 Prone position의 Inspiration 호흡을 이용하여 대조군과 동일하게 진행한 후 획득된 영상과 수치를 비교하였다(Fig. 1).

2) ILD 질환의 정도와 Supine과 Prone position에서의 관계 비교

전체 환자 데이터를 이용하여 ILD 정도를 경증(mild)과 중증(severe) 상태의 환자로 폐를 4등분으로 나누어 오른쪽 혹은 왼쪽 벽 쪽에 질환이 절반 이하일 경우 Mild, 양쪽 폐가 모두 벌집 모양으로 4등분의 절반 이상일 경우 Severe로 합의하고 분류하여 ILD 질환의 정도에 따라 Supine과 Prone position의 해부학적 구조의 크기 차이를 확인하였다(Fig. 2). 정량적 평가를 위해서 폐는 세 부분의 단면 영상을 이용하여 RL, LL, BL을 모두 측정하였으며, 폐의 평균적인 면적을 구하기 위해 세 부분의 위치(RL, LL, BL)에서 평균값을 비교하였고 심장은 우심실과 좌심실이 함께 보이는 한 부분의 단면 영상을 이용하여 비교하였으며, 하행 대동맥은 폐동맥이 보이는 한 부분의 단면 영상을 이용하여 면적을 비교하였다.

3. 통계 분석

전체 환자의 체중에 따른 Supine과 Prone position에서의 폐용적(RL, LL, BL)과 심장, 하행 대동맥 크기 차이의 비교와 ILD 질환의 Mild와 Severe 사이의 자세 변화에 따른 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 시행되었다. 연속적인 데이터의 수치들은 평균 ± 표준편차(standard deviation; SD)로 표시하였고, p-value는 0.05를 사용하였다. 통계프로그램은 SPSS(Version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

III. 결과

1. 해부학적 구조 평가

1) 체중 그룹에 따른 인구 통계학적 특성

모든 환자 150명의 후향적인 인구 통계학적 분석 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 전체 체중의 평균 값은 64 ± 14.4 kg (range:42-100)이었으며, 평균 키는 162 ± 9.2 cm(range:142-184)였다. 그룹 별 평균 체중은 A 그룹(46.33 kg), B 그룹(53.4 kg), C 그룹(63.43 kg), D 그룹(73.67 kg), E 그룹(85.57 kg)이었으며, 그룹 A-E로 갈수록 체중에 비례하여 키도 A(155 cm)에서 E(173 cm)로 모두 증가했다. 그리고 그룹 별 성별은 A 그룹(여자 23, 남자 7명), B 그룹(여자 21, 남자 9명), C 그룹(여자 16, 남자 14명), D 그룹(여자 6, 남자 24명), E 그룹(여자 0, 남자 30명)으로 나타났다. A, B의 그룹의 경우는 여성이 많았고, C는 남성과 여성의 비율이 거의 동등했고, D, E 그룹의 경우는 남성의 비율이 높았다. 모든 그룹에서 Severe 환자는 10-20%를 차지했다.

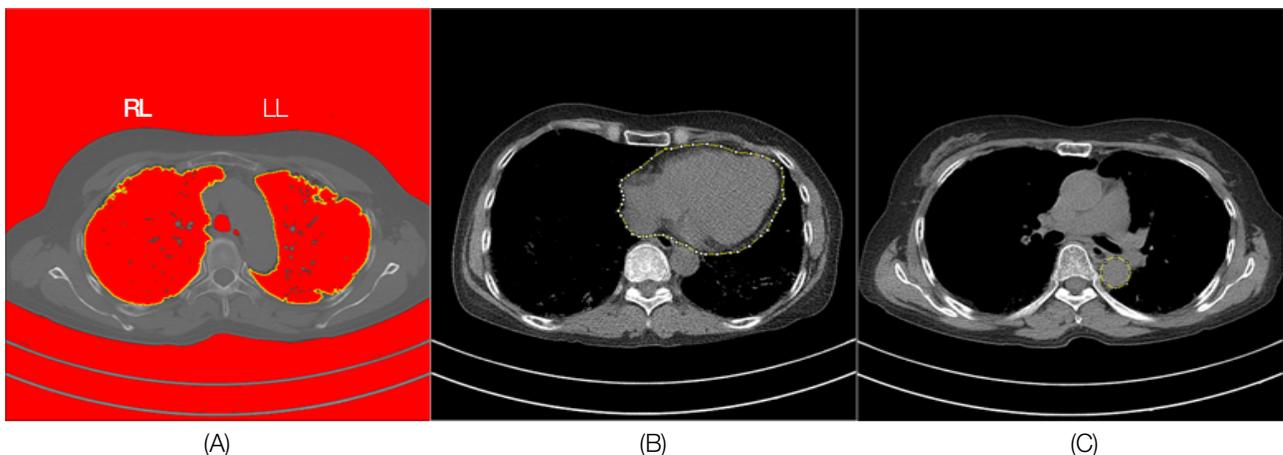
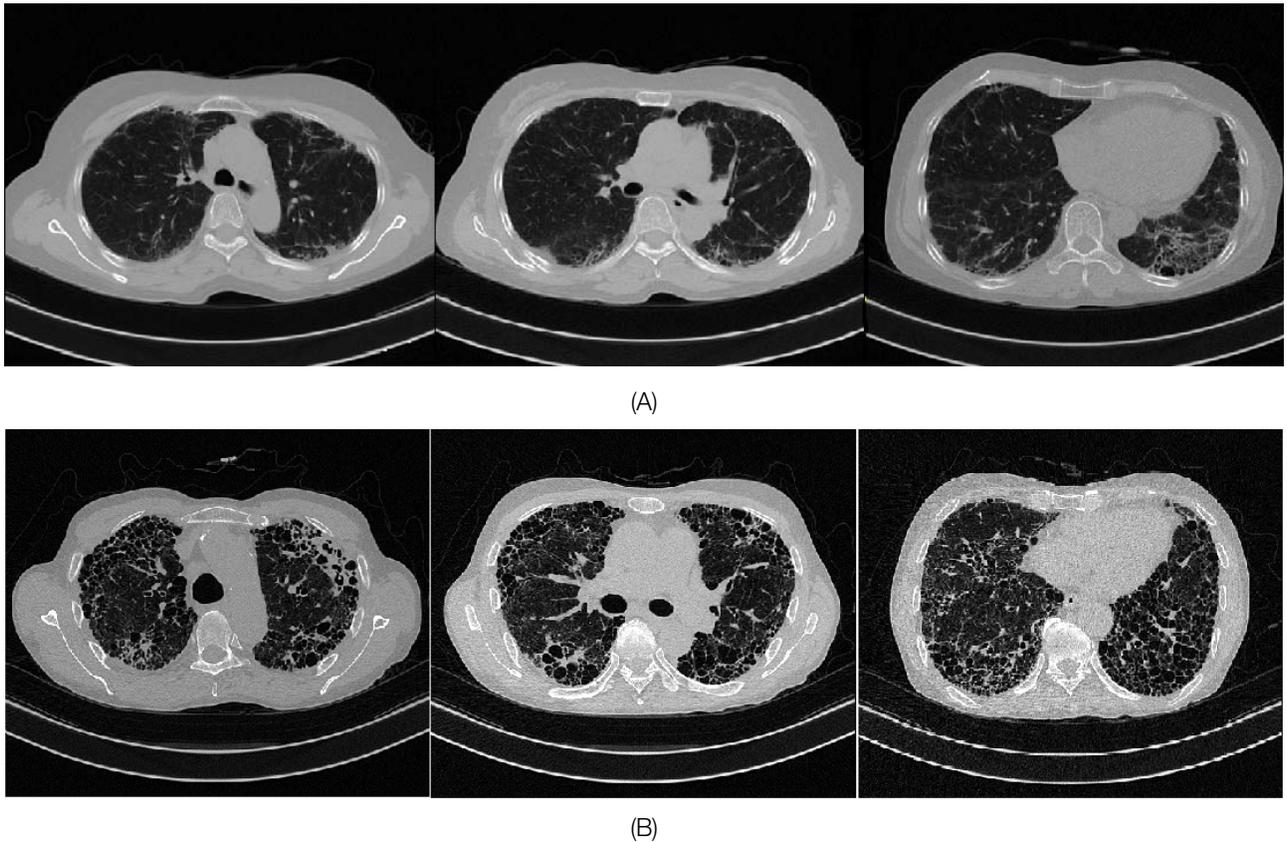


Fig. 1. Schemes of measurements for the quantitative analysis. (A) Lung volumes (right lung; RL, left lung; LL, both lung; BL) (B) Heart volume (C) Descending aorta volume



**Fig. 2.** Data classification of ILD between mild and severe (A) Total three measured images (aortic arch, pulmonary trunk, four chamber or heart) of a patient with mild ILD (B) Total three measured images of a patient with severe ILD

ALL PATIENTS		Average
Age(yrs)		62.28
Height(cm)		162.59
Weight(kg)		64.48
Sex	Female	66
	Male	84

A (40 ~ 50kg)		Average	B (50 ~ 60kg)		Average	C (60 ~ 70kg)		Average	D (70 ~ 80kg)		Average	E (Over 80kg)		Average
Age(yrs)		63	Age(yrs)		63.77	Age(yrs)		62.23	Age(yrs)		63	Age(yrs)		59.4
Height(cm)		155.13	Height(cm)		156.13	Height(cm)		161.1	Height(cm)		167.77	Height(cm)		172.83
Weight(kg)		46.33	Weight(kg)		53.4	Weight(kg)		63.43	Weight(kg)		73.67	Weight(kg)		85.57
Sex	Female	23	Sex	Female	21	Sex	Female	16	Sex	Female	6	Sex	Female	0
	Male	7		Male	9		Male	14		Male	24		Male	30

A (40 ~ 50kg)		n	B (50 ~ 60kg)		n	C (60 ~ 70kg)		n	D (70 ~ 80kg)		n	E (Over 80kg)		n
Mild		24	Mild		23	Mild		27	Mild		26	Mild		27
Severe		6	Severe		7	Severe		3	Severe		4	Severe		3

**Fig. 3.** Demographic characteristics according to different groups

2) 폐 용적

모든 환자를 대상으로 한 폐의 면적은 Supine position

vs Prone position에서 한 케이스(A 그룹의 LL;  $1656.9 \pm 393.9$  mm vs  $1664.9 \pm 376.2$  mm으로 Prone에서 높았음)

**Table 2.** The mean volumes of the lung according to supine versus prone position among Group A, B, C, D, and E (Unit : millimeter)

	The mean volumes in Supine, Prone position									The differences (Supine minus prone position)		
	RL(S)	RL(P)	p-Value	LL(S)	LL(P)	p-Value	BL(S)	BL(P)	p-Value	RL	LL	BL
A	2079.5 ±431.5	2052.4 ±444.3	0.732	1656.9 ±393.9	1664.9 ±376.2	0.893	3736.4 ±727.8	3717.3 ±730	0.871	27 ±207.1	-7.9 ±179.3	19 ±358.1
B	2096.9 ±370.6	2035.1 ±344.2	0.344	1665.5 ±352.8	1640.2 ±351.7	0.641	3748.7 ±665.9	3675.4 ±661.1	0.486	61.7 ±207.9	25.2 ±199.3	73.3 ±317.1
C	2057.5 ±359.3	1952.4 ±332.6	0.086	1586 ±336.2	1563.9 ±297.5	0.659	3643.6 ±604.1	3516.3 ±565.9	0.168	105.1 ±259	22 ±261.2	127.2 ±416.7
D	2169.7 ±308.9	2052.6 ±305.8	0.062	1691.6 ±325.8	1617.7 ±291.6	0.126	3861.3 ±570.5	3670.4 ±541.7	0.041	117 ±227.8	73.8 ±191.8	190.8 ±380.1
E	2036.7 ±356.7	1884.3 ±281.3	< .05	1620.5 ±374.7	1556.4 ±296.2	0.219	3657.3 ±672.9	3440.7 ±528.2	< .05	152.3 ±246.6	64 ±207.4	216.5 ±403.6
Total	2088 ±365.4	1995.4 ±341.7		1644.1 ±356.7	1608.6 ±322.6		3729.4 ±648.3	3604 ±605.4		92.6 ±224.2	35.4 ±198.6	125.4 ±382.1

Note: SD; standard deviation, RL; right lung, LL; left lung, BL; both lung, S; supine position, P; prone position

만 제외하고 RL, LL, BL 모두 Supine position에서 높게 나타났다. RL, BL의 Supine position - Prone position의 자세 변화에 따른 폐 면적은 체중이 증가함에 따라 전체적인 수치적인 증가도 모두 보였으며, 가장 큰 차이를 보인 그룹은 RL의 경우 E 그룹(152.3 ± 228 mm), LL의 경우는 D 그룹(73.8 ± 192.7 mm), BL의 경우는 E 그룹(216.5 ± 390.5 mm)이었다(Table 2), (Fig. 4A). Supine과 Prone position의 폐 면적 차이는 RL, LL, BL 모두에서 C 그룹까지는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, D 그룹의 BL, E 그룹의 RL, BL에서는 p-value가 0.05 이하의 값으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2). 결과적으로 자세에 따른 전체 폐의 용적의 차이의 평균 값은 125.4 ± 372.3 mm (range:19-125.4)로 Supine position에서 높았다.

### 3) 심장의 크기

심장의 면적은 폐 면적과 반대로 모든 그룹(A-E)에서 Prone position일 때 크기가 컸다. 그룹 별 Prone - Supine의 평균 크기 차이는 A 그룹(138.5 ± 127.9 mm), B 그룹(139.1 ± 109.2 mm), C 그룹(118.5 ± 78.7 mm), D 그룹(211.9 ± 215.8 mm), E 그룹(138.6 ± 91.5 mm)이었다. 그러나 두 자세에 따른 통계적 차이는 A와 D 그룹에서만 나타났다. 그 외 다른 그룹에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그리고 Supine position에서 D 그룹의 면적이 C 그룹보다 낮게 나타났는데, D 그룹을 제외하고 Supine과 Prone position에서 체중이 증가할수록(A-E) 심장의 면적은 증가하였다(Table 3), (Fig. 4B). 결과적으로 자세에 따른 전체 심장의 용적 차이의 평균값은 149.3 ± 124.6 mm(range:118.5-211.9)로 Prone position에서 높았다.

**Table 3.** The mean volumes of the heart and descending aorta according to supine versus prone position among Group A, B, C, D, and E (Unit : millimeter)

	The mean volumes of heart				The mean volumes of descending aorta			
	Supine	Prone	P-Value	Prone - Supine	Supine	Prone	P-Value	Prone - Supine
A	1416.9±257.5	1555.4±241	< .05	138.5±127.9	98.1±24	107.5±25.7	0.149	9.4±13.5
B	1565.2±338.2	1704.4±318.2	0.106	139.1±109.2	100±23.1	111.4±21.9	0.056	11.3±11
C	1646.9±378.9	1765.4±309.1	0.149	118.5±78.7	101.7±22.6	104.7±21.3	0.599	2.9±11.5
D	1617.8±347.2	1829.7±358.3	< .05	211.9±215.8	98±22.1	101.8±21.5	0.502	3.8±10.7
E	1702.5±300.2	1841.1±268	0.064	138.6±91.5	97.1±21.4	99.8±25.7	0.655	2.7±14
Total	1589.8±312.4	1739.2±298.9		149.3±135.8	99±22.6	105±23.2		6±12.16

Note: SD; standard deviation, The differences (prone minus supine position)

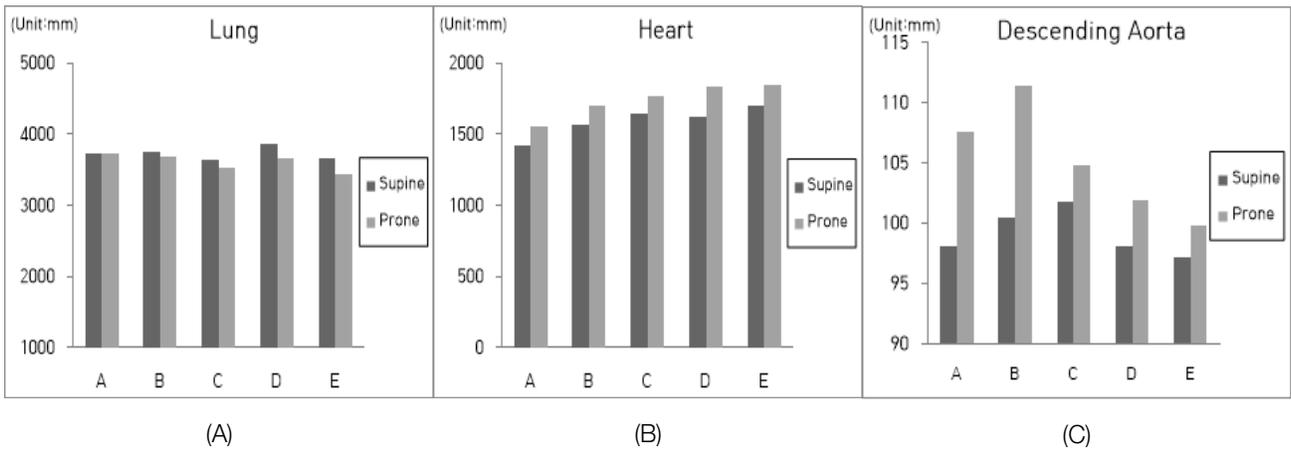


Fig. 4. The differences of the volumes between supine and prone position (A) Both lung (B) Heart (C) Descending aorta

4) 하행 대동맥의 크기

하행 대동맥의 크기는 심장과 비슷하게 Prone position에서 모두 높았지만, 두 자세 사이의 차이는 폐와 심장보다는 작은 차이를 보였다. 그룹 별 Prone - Supine의 평균 크기 차이는 A 그룹(9.4 ± 13.5 mm), B 그룹(11.3 ± 11 mm), C 그룹(2.9 ± 11.5 mm), D 그룹(3.8 ± 10.7 mm), E 그룹(2.7 ± 14 mm)이었지만, 모든 경우에서 두 자세에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하행 대동맥의 두 자세에 따른 전체적인 크기의 차이는 6 ± 12.1 mm의 값으로 폐와 심장에 비해서는 수치적으로 적은 차이를 보였지만(Table 3), 그룹별 상대적으로 체중이 적은 그룹인 A, B는 나머지 그룹(C, D, E)과 달리 더 큰 차이를 보였다(Fig. 4C).

vs Prone position: RL; 2,169.2 ± 342.7 mm vs 2,053.4 ± 329.7 mm (차이:115.7 ± 229.9 mm), LL; 1,716.61 ± 321.7 mm vs 1,665.8 ± 301.6 mm (차이:51.1 ± 193.7 mm), BL; 3,885.8 ± 606.7 mm vs 3,718.8 ± 582.9 (차이:166.9 ± 390.6 mm). 또한, Severe 환자에서도 RL, LL, BL 모두 Mild 상태의 환자와 비슷했으나, Supine - Prone position의 평균값이 RL(43.3 ± 205 mm), LL(14.4 ± 167.5 mm), BL(21.5 ± 299 mm)로 Mild와 비교 시 적었다. 전체적인 통계수치도 Mild 상태에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, Severe 상태에서는 차이가 없었다 (P=0.815). 또한, Mild와 Severe 상태의 환자를 비교하였을 때 Supine과 Prone position 모두 Mild 상태의 환자 폐면적이 높게 나타났다(Table 5).

2. 환자 분류

1) 경증과 중증 상태의 환자

150명의 모든 환자를 대상으로 Mild의 환자는 총 106명 (70.6%)으로 A 그룹 17명, B 그룹 19명, C 그룹 26명, D 그룹 25명, E 그룹 19명으로 나타났으며, Severe 환자는 총 44명(29.3%)으로 A 그룹 13명, B 그룹 11명, C 그룹 4명, D 그룹 5명, E 그룹 11명으로 나타났다(Table 4).

(1) 폐 용적

Mild 환자에서 폐의 용적은 RL, LL, BL 모두 Supine position에서 다음과 같이 높게 나타났다. Supine position

(2) 심장과 하행 대동맥의 크기

심장의 경우는 Mild 환자는 Supine position vs Prone position에서 1,565.8 ± 297.4 mm vs 1,712.4 ± 271.3 mm (차이:146.6 ± 128.7 mm)로 나타났고, Severe 환자는 1,639.6 ± 303.7 mm vs 1,797 ± 272.5 mm (차이:157.3 ± 11.7 mm)로 나타났다. 심장의 경우 질환의 정도와 상관 없이 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), Mild와 Severe 환자 모두 Prone position에서 심장의 면적이 높게 나타났다.

하행 대동맥의 경우는 Mild 환자는 98.8 ± 23.1 mm vs 104.2 ± 24.6 mm (차이:5.4 ± 12 mm)로 나타났으며,

Table 4. Mild case and severe case

	A	B	C	D	E	Total
Mild Case	17	19	26	25	19	106
Severe Case	13	11	4	5	11	44

**Table 5.** The mean volumes of the lung, heart and aorta according to position

(Unit : millimeter)

	The mean area values of Lung			The mean area values of heart			The mean area values of descending aorta		
	Supine (BL)	Prone (BL)	p-Value	Supine	Prone	p-Value	Supine	Prone	p-Value
Mild Avg±SD (mm)	3,885.8 ±606.7	3,718.8 ±582.9	< .05	1565.8 ±297.4	1712.4 ±271.3	< .05	98.8 ±23.1	104.2 ±24.6	0.104
Severe Avg±SD (mm)	3,506.5 ±488.7	3,466.6 ±470.7	0.815	1639.6 ±303.7	1797 ±272.5	< .05	100.9 ±21.3	106.4 ±20.6	0.085

Note: SD; standard deviation

Severe 환자는 100.9 ± 21.3 mm vs 106.4 ± 20.6 mm (차이: 5.5 ± 11.7 mm)로 나타났다. 대동맥의 경우 질환의 정도와 Supine과 Prone position은 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었고, Mild와 Severe 상태의 수치가 비슷했다 (Table 5).

#### IV. 고 찰

ILD는 폐간질부(interstitial compartment)의 증식과 함께 다양한 염증 세포들의 침윤 및 때로는 섬유화(fibrosis)가 동반되어 비정상적인 콜라겐 침착을 나타내는 질환들을 총칭한다. 또한, 다양한 ILD 중 특발성간질성폐렴(idiopathic interstitial pneumonia)은 원인이 불명이며 폐간질을 침범하는 조직학적 형태로 구분되는 폐 질환들이며, 주된 질환으로는 폐섬유증, 발성비특이간질성폐렴, 호흡기관지염-간질성폐질환, 박리간질성폐렴, 급성간질성폐렴이 있다[16,17]. 각각의 질환들은 다양한 특성을 보이기 때문에 정확한 진단을 위해서는 임상적, 영상학적, 조직학적 소견들을 모두 종합하여 판단해야 하며, 각 질환을 분류하고 감별 진단하는 데 있어서 영상학적 소견은 주요한 역할을 하고 있다[18]. 따라서 폐의 질환을 진단하기 위해 단순 흉부촬영은 가장 첫 번째 진단 방법이라고 할 수 있지만, 민감도와 특이성 및 진단 정확도가 떨어진다[19,20]. 반면에 HRCT는 해상도가 좋고 단면 영상으로 단순 흉부촬영과 비교해서 영상의 증점이 없기 때문에 상세하고 정확한 평가를 위해 사용하며, 비침습적으로 폐실질을 관찰할 수 있는 진단 방법으로 가장 추천된다[21,22]. 보통 CT검사 시 기본적인 자세로는 Supine position으로 검사를 진행하는데 공기결립(air trapping)이나 폐허탈(atelectasis) 등의 동반 여부를 확인과 ILD의 감별에 도움이 되기 위하여 Prone position으로 검사를 진행한다[8,12]. 기존에 Supine position에 관하여 심장에 의한 폐의 압박[23], 해부학적 구조의 위

치변화[24]에 대한 여러 가지 선행연구가 있었다. 또한, 폐의 경우에는 한국인의 폐 용량, 한국인의 청소년 폐 용량, 디지털 흉부 후·전 방향 방사선영상을 이용한 정상 한국인 폐 크기의 영상의학적 계측 등 기준에 여러 연구[25-28]가 있었고 심장의 경우에도 기준에 한국인의 심장 크기에 관한 여러 연구[29,30]가 있었으며, 하행 대동맥의 경우에도 기존 연구로 다중검출 전산화 단층촬영을 이용하여 측정된 흉부대동맥의 직경과 한국 정상 성인에서 복부 대동맥 크기의 해부학적 특징에 관한 여러 연구[31,32]가 있었다. 하지만 해부학적 구조의 크기 변화에 관하여 체중과 ILD의 질환의 정도를 구분하여 체계적으로 정량적인 비교를 한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 HRCT검사 시 자세에 따른 영향을 줄 수 있는 인자인 체중을 고려하여 체중에 따른 Supine과 Prone position에 따른 해부학적 구조의 변화를 정량적으로 비교 분석하고자 하였다.

본 연구 후 실제 면적 값을 비교해 본 결과 폐는 Supine position에서 면적이 상대적으로 증가하였고 심장과 하행 대동맥의 면적은 Prone position에서 증가하는 것을 알 수 있었다. 자세 변화에 따른 구체적인 수치의 비교를 하면 폐의 면적은 Supine position에서 RL의 경우 4.6%, LL의 경우 2.2%, BL의 경우 3.4%로 높게 나타났다. 또한, RL, LL, BL을 모두 더했을 때는 Prone보다 Supine position이 3.5% 높게 나타났다. 그리고 폐의 용적을 비교해 보았을 때, C 그룹까지는 두 자세에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 이 추세는 D, E 그룹으로 갔을 때 좀 달랐다. D 그룹(70-80 kg)의 BL에서 p=0.041의 통계적인 차이는 Supine이 Prone position보다 폐 면적이 크다는 사실에 근거를 제시하였으며, 이는 E 그룹으로 갔을 때 더 명확해졌다. 즉, 70 kg 미만에서도 Supine이 Prone position보다 폐의 면적이 컸지만, 이 추세는 70 kg 이상에서 일부 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 이는 80 kg 이상에서는 더욱 명확해진 것이다. 즉, 더 세밀한 연구 디자인이 필요할 수도 있겠지만 체중이 많이 높다면 자세에 따른 폐의 용적

에 영향을 줄 수 있다. 그리고 심장과 하행 대동맥의 크기를 보면 이 두 장기의 경우, 폐와 달리 Prone position에서 전반적으로 크기가 더 컸는데 이는 두 장기가 해부학적 구조로 몸의 뒤쪽에 중간 또는 뒤에 위치하기 때문일 것이라고 생각한다. 또한, 두 자세에 따른 심장의 크기 차이는 상대적으로 폐 면적의 크기의 차이와 비슷했지만, 하행 대동맥의 경우는 Prone position에서 더 크다는 사실은 심장과 비슷하지만 그 차이의 정도가 이전 두 장기에 비해서 수치적으로 현저하게 적었다. 즉, 폐와 심장에 비해서 하행 대동맥은 자세의 변위에 따라 큰 차이가 없다고 봐도 될 것이라 판단되었다.

전체 환자 데이터를 이용하여 ILD 정도를 Mild와 Severe 상태의 환자로 분류하였을 때, 폐의 면적은 Mild 상태에서 RL, LL, BL 모두 폐의 면적이 Supine position에서 5.6%, 3%, 4.4% 높게 나타났고, Severe 상태에서는 Supine position에서 1.1%로 높게 나타났다. 결과적으로 위 정도의 차이와 함께 전체적인 통계수치도 Mild 상태에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, Severe 상태에서는 차이가 없었다( $P=0.815$ )는 사실을 미뤄볼 때, 질환이 심할 때 이 해부학적 구조의 차이에 따른 변화가 생기지 않는 차이를 확인할 수 있었다. 심장의 면적은 Prone position에서 9.3%로 높게 나타났으며, A-E 그룹까지 체중이 증가할수록 심장의 면적이 높게 나타났다. 또한, Mild와 Severe 상태의 환자로 비교하였을 때도 Prone position에서 Mild는 9.3%, Severe는 9.5%로 면적이 높게 나타났고, 질환의 정도와 상관없이 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였기에 ( $p<0.05$ ), 질환의 정도와 상관없이 Prone position에서 심장의 면적이 크다고 볼 수 있었다. 이에 대해 저자들은 심장의 위치가 비교적 가운데에 위치하여 폐의 질환과 상관없이 해부학적인 구조와 체중의 영향이 상대적으로 잘 반영된 결과라 판단하였다. 마지막으로 하행 대동맥의 경우는 Prone position에서 면적이 6% 높게 나타났지만, 그 차이가 상대적으로 매우 적었고 체중이 증가할수록 통계적으로 유의한 차이도 없었다. 즉, 하행 대동맥의 경우는 ILD의 질환의 유무와 자세의 변위에 따른 차이가 가장 적다는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 동일한 구간을 비교 분석하기 위해 측정하였지만, 환자마다 해부학적 구조의 모양과 크기가 각각 다를 수 있는 점이다. 즉, 본 연구에서는 세 부분의 단면의 영상으로만 면적을 측정하였지만, 실제 측정된 부분이 완전한 면적 값은 아니므로 추후 연구에는 더욱 많은 단면의 영상으로 면적을 측정하는 것 또는 전체 면적을 3D data를 이용하여 측정하는 것이 중요하다고 생각한다.

그러나 Supine과 Prone position에서 상대적으로 비교한 것이기에 큰 문제가 되지는 않을 것이라 생각된다. 둘째, 본 연구에는 후향적으로 분석을 하였기에 획득한 영상마다 DFOV(display field of view)가 모두 동일하지 않은 한계가 있었는데, 추후 후속 연구에는 DFOV를 동일하게 할 수 있는 방법을 찾을 것이다. 그러나 대부분 임상에서 환자 영상을 기본 512 × 512 매트릭스에 맞춰 모니터에서 볼 때 가능한 크게 획득을 하기 때문에 결과에 큰 문제가 되지는 않을 것이라 사료된다. 마지막으로 자세 변화에 따른 차이 분석으로 자세 변화에 대한 정량적 차이는 확인하였으나, 진단학적인 차이의 분석을 수행하지 못한 한계점이 있고, 이는 추후 전문가의 평가를 포함하여 수행할 예정입니다. 이런 일부 한계를 가지고 있지만 본 연구는 Supine position과 Prone position에 따른 해부학적 구조의 변화를 정량화하여 측정함으로써 폐와 심장 그리고 하행 대동맥의 관계를 잘 나타내었으며, 이를 기반으로 폐 기능 평가에 있어 도움이 될 것이라 생각한다. 특히, 폐의 질환의 정도에 따라서 Mild 상태일 때 두 자세에서 통계적인 차이가 분명했으나, Severe 상태에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다는 사실은 질환을 수치적으로 정량화했을 때 질환의 유무를 평가할 수 있음을 시사하였다. 이런 사실은 인체 내의 해부학적 구조물들의 다양한 환경에서 정량화를 할 수 있음을 제시하였고, 이는 기존의 여러 임상 영상의 정량화의 장점을 제시한 연구들을 뒷받침할 수 있었다고 보이며[33,34], ILD의 질환 평가 시에 실제 사용할 수도 있고 추후 인공지능을 이용한 진단 시 도움을 줄 수 있을 것으로도 보인다.

## V. 결론

HRCT검사 시 폐의 크기는 Supine position에서 면적이 더 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 70 kg 이상의 환자에서는 통계적으로도 유의한 차이를 보이는 것을 확인하였다. 또한, 심장과 하행 대동맥은 모두 Prone position에서 크기가 더 컸지만, 심장의 경우 ILD 질환의 유무와는 상관없이 없었고, 하행 대동맥의 경우는 ILD의 질환의 유무와 자세의 변위에 따른 차이가 가장 적다는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 ILD의 중증도가 중증에 가까울수록 Supine과 Prone position에서의 면적 차이가 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에 Supine - Prone의 면적 차이를 이용하면 임상에서 중증도 판단의 진료에 도움이 될 것이라 판단된다.

## REFERENCES

- [1] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357(22):2277–2284.
- [2] Lee MK, Lim CH. Survey of CT practice and collective effective dose estimation. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2010;33(3):231–238.
- [3] Statistics Korea. Cause of death statistics in 2019. Available from: [http://kostat.go.kr/assist/synap/preview/skin/doc.html?fn=synapview385629\\_1&rs=/assist/synap/preview](http://kostat.go.kr/assist/synap/preview/skin/doc.html?fn=synapview385629_1&rs=/assist/synap/preview) (accessed on 2021 Mar 2).
- [4] Aberle DR, Berg CD, Black WC, Church TR, Fagerstrom RM, Galen B, et al. The national lung screening trial: Overview and study design. *Radiology*. 2011;258(1):243–253.
- [5] Sarma A, Heilbrun ME, Conner KE, Stevens SM, Woller SC, Elliott CG. Radiation and chest CT scan examinations: What do we know? *CHEST*. 2012;142(3):750–760.
- [6] Kalra MK, Gilman MD, Hsieh J, Pien HH, Digumarthy SR, Shepard JO. Adaptive statistical iterative reconstruction technique for radiation dose reduction in chest CT: A pilot study. *Radiology*. 2011;259(2):565–573.
- [7] Hara AK, Paden RG, Silva AC, Kujak JL, Lawder HJ, Pavlicek W. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: Feasibility study. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193(3):764–771.
- [8] Raghu G, Remy-Jardin M, Myers JL, Richeldi L, Ryerson CJ, Lederer DJ, et al. Diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis. An official ATS/ERS/JRS/ALAT clinical practice guideline. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2018;198(5):44–68.
- [9] Muller NL. Computed tomography in chronic interstitial lung disease. *Radiol Clin North Am*. 1991;29(5):1085–1093.
- [10] Nishimura K, Izumi T, Kitaichi M, Nagai S, Itoh H. The diagnostic accuracy of high-resolution computed tomography in diffuse infiltrative lung diseases. *Chest*. 1993;104(4):1149–1159.
- [11] Scatarige JC, Diette GB, Haponik EF, Merriman B, Fishman EK. Utility of high-resolution CT for management of diffuse lung disease: Results of a survey of U.S. pulmonary physicians. *Acad Radiol*. 2003;10(2):167–175.
- [12] Volpe J, Storto ML, Lee K, Webb WR. High-resolution CT of the lung: Determination of the usefulness of CT scans obtained with the patient prone based on plain radiographic findings. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169(2):369–374.
- [13] Nishino M, Boiselle PM, Copeland JF, Raptopoulos V, Hatabu H. Value of volumetric data acquisition in expiratory high-resolution computed tomography of the lung. *J Comput Assist Tomogr*. 2004;28(2):209–214.
- [14] Bartholmai BJ, Raghunath S, Karwoski RA, Moua T, Rajagopalan S, Maldonado F, et al. Quantitative computed tomography imaging of interstitial lung diseases. *J Thorac Imaging*. 2013;28(5):298–307.
- [15] Weatherley ND, Eaden JA, Stewart NJ, Bartholmai BJ, Swift AJ, Bianchi SM, et al. Experimental and quantitative imaging techniques in interstitial lung disease. *Thorax*. 2019;74(6):611–619.
- [16] Montesi SB. Practice guidelines for interstitial lung diseases: Widening the reach. *Lung India*. 2020;37(4):289–291.
- [17] Lederer DJ, Martinez FJ. Idiopathic pulmonary fibrosis. *N Engl J Med*. 2018;378:1811–1823.
- [18] Oh YW. Radiologic approach to the idiopathic interstitial pneumonias. *Korean J Med*. 2013;84(4):489–497.
- [19] Padley SP, Hansell DM, Flower CD, Jennings P. Comparative accuracy of high resolution computed tomography and chest radiography in the diagnosis of chronic diffuse infiltrative lung disease. *Clinical Radiology*. 1991;44(4):222–226.
- [20] Nishimura K, Izumi T, Kitaichi M, Nagai S, Itoh H. The diagnostic accuracy of high-resolution computed tomography in diffuse infiltrative lung diseases. *Chest*. 1993;104(4):1149–1159.
- [21] Na WG. HRCT Finding in relation to age: Emphasis on air trapping and diameter of pulmonary artery in secondary pulmonary lobule. Hallym University Graduate School; 2000.

- [22] Zompatori M, Bna C, Poletti V, Spaggiari E, Ormitti F, Calabro E, et al. Diagnostic imaging of diffuse infiltrative disease of the lung. *Respiration*. 2004; 71(1):4-19.
- [23] Albert RK, Hubmayr RD. The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2000;161(5):1660-1665.
- [24] William SB, Jeffrey DW, Fred Jr. AM. Prone-supine change in organ position: CT demonstration. *AJR AM J Roentgenol*. 1980;135(4):815-820.
- [25] Choo DW. A study on the radiographic determination of total lung capacity in various age groups of normal Korean. *J Korean Radiol Soc*. 1978;14(2): 262-272.
- [26] Park SS, Choo DW. A study on the radiographic determination of total lung capacity in normal Korean adults. *J Korean Radiol Soc*. 1970;6(1): 15-24.
- [27] Kim HL. A study of radiographic determination of the total lung capacity in the normal Korean school children. *J Korean Radiol Soc*. 1973;9(2):135-145.
- [28] Park YJ, Joo YC, Lee IS. Radiological measurements of lung field size in normal Korean using digital chest posteroanterior radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018; 41(1):1-6.
- [29] Joo YC, Lim CH, Kim YM, Jeong HR, Hong DH. Rate of transformation and normal range about cardiac size and cardiothoracic ratio according to patient position and age at chest radiography of Korean adult man. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(2):179-186.
- [30] Joo YC, Kim KH. Comparison of cardiac size and cardiac thoracic ratio in pregnant and non-pregnant women of normal Korean women using chest X-ray. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(3):223-229.
- [31] Lee G, Lim CY, Lee HJ. Diameters of the thoracic aorta measured with multidetector computed tomography. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;42(1):79-86.
- [32] Shin JJ, Kim MS, Lee HG, Kwon OJ, Song SY. The anatomical properties of size of abdominal aorta in Korean normal adult populations. *The Korean Society for Vascular Surgery*. 2009;25(1):7-11.
- [33] Lee KB, Goo HW. Quantitative image quality and histogram-based evaluations of an iterative reconstruction algorithm at low-to-ultralow radiation dose levels: A phantom study in chest CT. *Korean Journal of Radiology*. 2018;19(1):119-129.
- [34] Lee KB, Goo HW. Comparison of quantitative image quality of cardiac computed tomography between raw-data-based and model-based iterative reconstruction algorithms with an emphasis on image sharpness. *Pediatric Radiology*. 2020;50(11): 1570-1578.

구분	성명	소속	직위
제1저자	이재민	서울아산병원	방사선사
공동저자	박제현	한서대학교	학부생
공동저자	김주성	한서대학교	학부생
공동저자	임청환	한서대학교	교수
교신저자	이기백	서울아산병원	박사후연구원