

## 분진에 노출되었던 집단의 흉부 저선량 CT영상 소견

— Findings on Chest Low-Dose CT Images of Group Exposed to Inorganic Dusts —

근로복지공단 직업성폐질환연구소 · 대전보건대학 방사선과<sup>1)</sup>

이원정 · 선종률<sup>1)</sup> · 안봉선<sup>1)</sup> · 박영선<sup>1)</sup>

### — 국문초록 —

분진에 노출된 집단의 흉부 디지털영상에서 진폐 소견에 따라 흉부 저선량 CT영상에서 발견된 소견을 비교 분석하였다. 2007년 4월부터 2008년 8월 사이 일개 진폐정밀건강진단기관에 내원한 진폐정밀건강진단 대상자 남자 328명에 대해 저선량 CT촬영을 실시하였고, 진폐 판독경험이 많은 1명의 영상의학과 전문의가 판독하였다. 흉부 디지털영상의 진폐 소견은 국제노동기구 흉부 영상 분류법(ILO, 2000)따라 이날로그 표준 사진을 참조하여 2명의 영상의학과 전문의가 합의 판독한 결과로부터 얻었고, 소음영의 병형에 따라 진폐 소견이 없는군(87명, 26.5%)과 있는군(241명, 73.5%)으로 분류하였다. 진폐 소견이 있는군에서 나이(60.9 vs. 65.0,  $p < 0.001$ )와 분진노출기간(17.0 vs. 19.2,  $p=0.024$ )이 통계학적으로 유의하게 높았지만, 흡연력은 차이가 없었다. 전체 대상자 328명 중 245명(74.7%)이 저선량 CT영상에서 13 종류의 소견이 발견되었다. 진폐 소견이 없는군 보다 있는군에서 관상동맥 석회화 소견이 통계학적으로 의미 있게 높은 빈도를 보였고(25.3% vs. 36.9%,  $p=0.049$ ), 별집모양 소견도 높은 빈도를 보였다(1.2% vs. 6.2%,  $p=0.079$ ). 하지만, 저선량 CT영상에서 진폐 소음영을 시사하는 작은 결절은 진폐 소견이 없는 군에서 더 높은 빈도를 보여 흉부 디지털영상이 민감도가 낮았다. 이상의 결과에서 분진 노출에 의한 진폐 소견이 저선량 CT영상의 관상동맥 석회화 소견과 유의한 관련성을 보였지만, 독립적인 위험요인임을 규명하기 위해서는 관상동맥 혈관 조영술을 이용한 전향적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

**중심 단어:** 저선량 컴퓨터 단층촬영, 진폐증, 관상동맥 석회화, 디지털 촬영

## I. 서 론

흉부 방사선촬영(chest radiography)은 쉽고 빠르며, 적은 비용으로 추적검사가 용이하여 폐질환의 진단에 많이 사용되고 있지만 병변과 정상조직이 중첩된 영상으로 나타

나기 때문에 정밀진단을 위해서는 병변의 발견, 특성화, 주위구조물과의 관계를 잘 파악할 수 있는 컴퓨터 단층촬영(computed tomography; CT)의 사용이 추천된다<sup>1)</sup>.

특히 분진 노출로 인해 발병되는 진폐증은 대표적인 직업성 폐질환으로 진단 및 요양관리에서 흉부 방사선촬영이 주로 실시되고 있지만 초기 진폐증의 진단에 민감도가 낮고<sup>2)</sup>, 폐실질의 소음영 평가와 일부 합병증을 발견하고 감별하는데 있어서는 고식적 CT촬영(conventional CT)보다 공간 분해능이 높은 고해상도 CT촬영(high-resolution CT)을 표준 진단방법으로 사용하고 있다<sup>3-7)</sup>. 하지만, 해상력을 높이기 위한 얇은 두께 검사와 피폭 선

\*접수일(2011년 10월 17일), 심사일(2011년 11월 10일), 확정일(2011년 12월 9일)

- 본 연구는 자체연구과제 수행 중 얻은 일부 결과를 분석하였음.

교신저자: 이원정, (426-858) 경기도 안산시 상록구 일동 95번지  
 근로복지공단 직업성폐질환연구소 임상연구팀  
 TEL: 031-500-1806, FAX: 031-500-1811  
 E-mail: atomlwj@yahoo.co.kr

량을 줄이기 위한 넓은 검사 간격으로부터 오히려 작은 병변은 간과될 수 있고<sup>8)</sup>, 고해상도 영상을 얻기 위한 선량 증가는 단면당 수반되는 환자 피폭 선량을 증가시킬 수 있다<sup>9)</sup>.

수년전부터 나선형 다중 검출기 CT(spiral multi detector CT)가 출현됨으로써 건너뛰 없는 연속적인 영상을 얻어 다방향의 영상 재구성이 가능하여 작은 병변도 발견할 수 있지만, 연속적인 검사는 오히려 높은 방사선 노출로 선별검사로서는 적절하지 않다.

Naidich 등(1992)에 의해 폐질환을 진단하는데 있어 민감도를 떨어뜨리지 않으면서 방사선 피폭으로 인한 위험을 최소화하기 위해 저선량 CT(low-dose CT) 프로토콜이 처음으로 소개되었고<sup>10)</sup>, 선량 감소로 인해 노이즈는 증가하였지만 시각적인 화질 평가와 병변을 발견하는데 있어서 임상에서 통상적으로 사용하는 선량과 큰 차이를 보이지 않았다.

그 후로 저선량 CT를 이용한 폐질환의 감별 진단 및 폐암 선별검사에 대한 임상적 유용성에 관한 연구가 이루어져 왔고<sup>2,8)</sup>, 폐질환에서 저선량 CT촬영에 의한 선별검사는 폐암 발생 위험이 높은 그룹에 대해서 치료 가능한 시기에 조기 발견하여 생존율을 높이기 위한 목적으로 주로 시행되어 왔다<sup>11,12)</sup>.

하지만, 폐암 및 각종 폐질환에 대해 비교적 많은 위험 요인을 갖고 있는 분진에 노출되었던 집단을 대상으로 한 저선량 CT연구는 초기단계에 있다<sup>13)</sup>. 따라서 본 연구는 과거 분진에 노출되었던 집단으로부터 얻은 흉부 저선량 CT영상의 소견을 흉부 디지털영상의 진폐 소견에 따라 비교 분석하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

2007년 5월부터 2008년 8월 사이, 일개 진폐정밀건강진단기관에 내원한 진폐정밀건강진단 대상자 남자 328명에 대해 저선량 CT촬영을 실시하였다. 저선량 CT촬영은 기관연구윤리심의위원회(institutional review board)의 승인과 모든 대상자로부터 연구 참여 동의서(informed consent)를 받은 후 실시되었고, 연구대상자의 나이, 분진 노출 기간, 흡연력 등의 일반적인 특성에 대해서는 구조화된 설문지를 통해 얻었다<sup>13)</sup>.

**Table 1.** Low-dose CT parameters used in this study

Parameters	Values
Thickness (mm)	2
Increment (mm)	1
Pitch (mm/sec)	0.938
Tube current (mAs)	30
Tube voltage (kVp)	120
DLP (mGy · cm)	70.8±4.3
Effective dose (mSv)*	1.26
Filter	Sharp(C)
Resolution	Standard
Collimation(mm)	16×1.5
Scan range	Apex - diaphragm

DLP; Dose Length Product,

\*;  $DLP \times 0.017$ (weighting value for lung)

### 2. 흉부 디지털과 저선량 CT영상 소견

흉부 디지털영상(a-Silicon detector, pixel size  $143 \mu\text{m}$ , 900 million pixels)의 진폐 소견은 국제노동기구 흉부 영상 분류법(ILO, 2000)따라 아날로그 표준 사진을 참조<sup>14)</sup>하여 2명의 영상의학과 전문의가 합의 판독한 결과로부터 얻었고<sup>13)</sup>, 소음영의 병형에 따라 진폐 소견이 없는군(negative group: 87명, 26.5%)과 있는군(positive group: 241명, 73.5%)으로 분류하였다. 저선량 CT촬영은 앙와위(supine position) 자세에서 최대 흡기 상태로 폐첨부를 충분히 포함한 위치부터 폐실질이 보이지 않을 때까지 실시(WCT-500-140/Brilliance<sup>TM</sup> 16 slice, Philips, Netherlands)하였고(Table 1), 모든 영상은 진폐판독정도 관리 교육을 수료하고 진폐 판독경험(15년 이상)이 많은 1명의 영상의학과 전문의가 판독하였다<sup>13)</sup>.

### 3. 통계 분석

연속형 변수에 대해서는 평균과 표준편차로 나타내었고, 범주형 변수에 대해서는 빈도로 나타내었다. SPSS 14.0 프로그램(Chicago, IL, U.S.A)을 이용하여 흉부 디지털영상의 진폐 소견이 없는군과 있는군 간에 저선량 CT영상 폐질환 유병률 차이를 알아보기 위해 Chi-square test를 실시하였고, 나이와 분진 노출 기간의 연속형 변수에 대해서는 Student t-test를 실시하여 평균을 비교하였다. 통계적인 유의 수준은 P 값 0.05 미만으

로 하였다.

### III. 결 과

#### 1. 흉부 디지털영상 진폐 소견에 따른 일반적인 특성 비교

흉부 디지털영상에서 진폐 소견이 없는군과 있는군 간에 나이와 분진 노출 기간에서는 통계학적인 유의한 차이를 보였지만( $p < 0.05$ ), 흡연력에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 연구대상자의 평균 나이는  $63.9 \pm 7.8$ 세(범위: 45~85세)이었고, 60~69세가 158명(48.2%)으로 대상자의 절반을 차지하여 가장 많았고, 50~59세 82명(25.0%), 70대 이상 76명(23.2%), 40대 이하가 12명(3.7%)으로 가장 적었다. 나이군 간에는 통계학적인 유의한 차이를 보였다( $p=0.001$ ). 평균 분진 노출 기간은  $18.6 \pm 7.9$ 년(범위: 3~43년)이었고, 10~19년이 129명(39.3%)으로 가장 많았고, 20~29년 115명(35.1%), 30년 이상 42명(12.8%), 9년 이하 42명(12.8%) 순으로 나타났다으며, 분진 노출 기간 간에는 통계학적인 유의한 차

이를 보이지 않았다( $p=0.096$ ). 흡연력은 과거흡연자가 152명(46.3%)으로 가장 많았고, 비흡연자 57명(17.4%), 119명(36.3%)이 현재흡연자였다. 흡연력 간에는 통계학적인 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.784$ ).

#### 2. 흉부 디지털영상의 진폐 소견에 따른 저선량 CT영상 소견 비교

현행 진폐 보호법 상 진폐 합병증으로 인정하고 있는 9개 질환(활동성폐결핵(active tuberculosis), 흉막염(pleurisy: effusion thickening), 기관지염(bronchitis), 기관지 확장증(bronchiectasis), 폐기종(emphysema), 기흉(pneumothorax), 폐성심(Cor pulmonale), 원발성 폐암(cancer), 비정형 미코박테리아 감염 중에서 흉부 CT영상에서 확인 가능한 소견과 일부 다른 소견에 대해 진폐 소견이 있는군과 없는군 간에 유병률 차이를 분석하였다(Table 3). 전체 328명 중에서 흉부에서 어떤 소견도 발견되지 않은 대상자는 83명(25.3%)이었고, 245명(74.7%)은 한 가지 이상의 소견(1개: 106, 2개: 87, 3개: 43, 4개 이상: 9)을 복합적으로 갖고 있었다. 소견이 발견된 245명 중 관상동맥 석회화(coronary artery calcifi-

**Table 2.** Comparison of general characteristics between negative and positive group for pneumoconiosis

General characteristics	Pneumoconiosis		P value	
	Negative (n=87)	Positive (n=241)		
Age (years)	~ 49	4( 1.2)	8( 2.4)	0.001 <sup>†</sup>
	50 ~ 59	32( 9.8)	50(15.2)	
	60 ~ 69	39(11.9)	119(36.3)	
	70 ~	12( 3.7)	64(19.5)	
	Mean±SD	60.9±7.3	65.0±7.7	
Dust expose duration (years)	~ 9	15( 4.6)	27( 8.2)	0.096 <sup>†</sup>
	10 ~ 19	37(11.3)	92(28.0)	
	20 ~ 29	25( 7.6)	90(27.4)	
	30 ~	10( 3.0)	32( 9.8)	
	Mean±SD	17.0±7.8	19.2±7.9	
Smoking	Never	18( 5.5)	39(11.9)	0.784 <sup>†</sup>
	Former	33(10.1)	119(36.3)	
	Current	36(11.0)	83(25.3)	

Data are the number of subjects with percentages. SD ; Standard deviation.

\* ; Calculated by Student t-test. <sup>†</sup> ; Calculated by Linear by linear association in chi-square test.

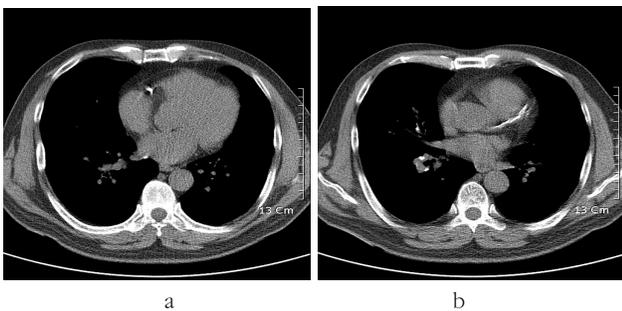
**Table 3.** Finding comparison on low-dose CT images between negative and positive groups for pneumoconiosis

Finding	Pneumoconiosis		P value
	Negative (n=87)	Positive (n=241)	
Inactive TB	6( 6.9)	20( 8.3)	NS
Pleurisy*	2( 2.3)	2( 0.8)	NS
Bronchiolitis	1( 1.2)	1( 0.4)	NS
Atelectasis	17(19.5)	37(15.4)	NS
Emphysema	9(10.3)	13( 5.4)	NS
Pneumothorax	0	2( 0.8)	NS
Mass <sup>†</sup>	7( 8.1)	10( 4.2)	NS
Honeycombing	1( 1.2)	15( 6.2)	0.079
Bullae	5( 5.8)	23( 9.5)	NS
Small nodules	14(16.1)	16( 6.6)	0.009
CAC <sup>‡</sup>	22(25.3)	89(36.9)	0.049
Others <sup>§</sup>	9(10.3)	10( 4.2)	NS

Data are the number of subjects with percentages. Statistical analysis was calculated by chi-square test. \*; pleural effusion and thickening.

<sup>†</sup>; can not exclude malignancy. <sup>‡</sup>; coronary artery calcification, LCA(14 vs. 53), LAD(8 vs. 31), CRX(0 vs. 1), RCA(5 vs. 23).

<sup>§</sup>; pneumonia(0 vs. 5), granuloma(9 vs. 5)



**Figure 1.** Low-dose CT images (mediastinal window) show mild calcification at right coronary artery (a) and severe calcification at left coronary artery (b)

calcification) 소견이 111명(45.3%)으로 가장 높은 빈도를 보였고(Figure 1), 무기폐(atelectasis) 54명(22.0%), 작은 결절(small nodules) 30명(12.2%), 폐기포(bullae) 28명(11.4%), 비활동성 폐결핵 26명(10.6%), 폐기종(emphysema) 22명(8.9%), 종양(mass) 17명(6.9%), 벌집모양(honeycombing) 소견 16명(6.5%), 흉막염 4명(1.6%), 세기관지염 2명(0.8%), 기흉 2명(0.8%)순으로 나타났다. 진폐 소견이 있는군에서 관상동맥 석회화 소견이 통계학적으로 유의하게 높은 빈도를 보였고(p=0.049), 벌집모양 소견도 높은 유병률을 보였다(p=0.079). 작은 결

절은 진폐 소견이 없는군에서 더 높은 빈도를 보였지만(p=0.009), 다른 소견에 대해서는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 3. 저선량 CT영상에서 발견된 흉부외의 소견

저선량 CT영상에서 53명(16.2%)은 흉부외의 다른 부위에서도 소견이 발견되었는데, 간(liver) 33명(62.3%), 담낭(gall bladder) 13명(24.5%), 신장(kidney) 6명(11.3%),

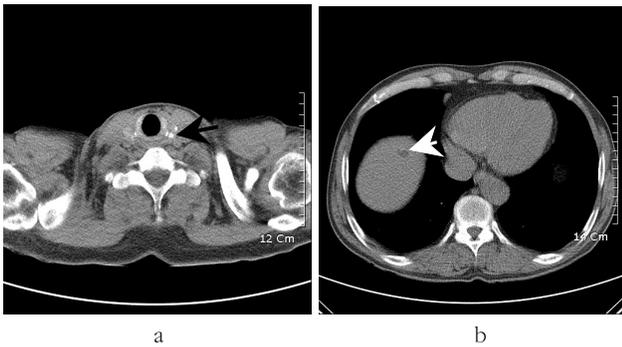
**Table 4.** Findings excluding lung diseases on low-dose CT images

Organ	No. of subject(%) <sup>§</sup>
Liver*	33(62.3)
Gall bladder <sup>†</sup>	13(24.5)
Kidney <sup>‡</sup>	6(11.3)
Thyroid	3( 5.7)
Pancreas	1( 1.9)

There were 53 subjects with other organ findings excluding lung diseases on low-dose CT images.

\*; cyst=17, calcification=12, cirrhosis=3, hemangioma=1, <sup>†</sup>; All stone.

<sup>‡</sup>; cyst=1, calcification=1. <sup>§</sup>; Sum is not 100% due to some subjects had more than one finding. Pancreas and thyroid had only calcification



**Figure 2.** Low-dose CT images show that some calcified nodules at left thyroid (a, black arrow) and low density with calcification at dome of right lobe of liver (b, white arrow).

**Table 5.** Follow-up examinations recommended by reading on low-dose CT images

Examination	Number	Percentage*
CT (non-contrast)	46	78.0
CT (contrast)	5	8.5
Sono	5	8.5
Other <sup>†</sup>	3	5.1
Total	59	100.0

One subject was recommended non-contrast CT and sono.  
 \*; Sum is not 100% due to rounding. <sup>†</sup>; Esophagography for 1 subject, bronchography for 2 subjects.

갑상선(thyroid) 3명(5.7%), 췌장(pancreas) 1명(1.9%)이 있었다(Table 4). 간에서는 낭종(cyst)이 17명으로 가장 많았고, 석회화(calcification) 12명, 간경화(cirrhosis) 3명, 혈관종(hemangioma) 1명으로 나타났다. 담낭에서는 모두 담석(gall stone) 소견이었고, 신장에서는 낭종과 석회화 소견이 각각 1명씩이었다. 갑상선과 췌장에서는 모두 석회화소견이었다(Figure 2). 전체 328명 중 59명(18.0%)은 CT 또는 다른 추가 검사가 필요하였다. 이들 중 조영제를 사용하지 않는 추가 CT 검사가 필요한 경우가 46명으로 가장 많았고, 조영제를 사용한 추가 CT검사 5명, 초음파 검사 5명, 기타 다른 추가 검사 3명으로 나타났다(Table 5).

#### IV. 고 찰

분진에 노출된 집단은 다양한 폐질환을 복합적으로 가

지고 있을 수 있는데 흉부 방사선영상은 낮은 민감도 때문에 폐실질 및 흉막의 정밀진단을 위해서는 CT촬영이 추천된다. 하지만 고가의 검사비용, 피검자에 대한 높은 방사선 피폭 선량, 조영제 사용으로 인한 부작용 등으로 인해 CT촬영을 조기진단을 위한 선별검사로 사용하기에는 적절하지 않다. 또한, CT촬영이 폐암 및 폐질환을 진단하는데 높은 민감도를 보이면서도 선별검사로써 유익한지에 대한 논란은 방사선 피폭으로 암발생의 위험을 증가시킬 수 있고<sup>15)</sup>, 실제 조기발견이 생존율 증가에 기여하는지에 대한 논란 때문이다<sup>12)</sup>.

분진 흡입으로 발생하는 폐질환은 진폐증이 가장 많이 발생하는 질환으로 알려져 있고<sup>16)</sup>, 진폐증은 한번 발병하면 비가역적으로 진행되기 때문에 진폐증 자체보다 합병증의 조기 발견을 통한 치료 및 관리가 중요하다. 흉부 방사선영상으로는 동반된 합병증을 진단하는데 낮은 민감도 때문에 실제 임상에서는 일반적으로 시행되는 표준 CT(standard CT)와 더불어 부분적으로 고해상도 CT를 추가 촬영하여 폐실질의 소음영을 평가하는데 더 정확한 결과를 얻을 수 있지만<sup>4,6)</sup>, 환자에게 선량이 추가되어 방사선 피폭을 가중시킬 수 있다<sup>3)</sup>.

방사선 감수성은 조직 및 기관의 종류에 따라 다르고, 나이가 증가할수록 위장(stomach)과 유방(breast)은 방사선 노출로 인한 암발생 위험이 감소하지만 폐는 오히려 증가하여 50~60대에 가장 높은 민감도를 보인다<sup>17)</sup>. 우리 연구대상자의 평균 나이가 63.9세임을 감안하면 가장 민감도가 높은 시기에 해당됨으로 방사선 노출에 더욱 주의를 기울여야 할 것으로 여겨진다.

폐암의 위험인자로 알려진 흡연은 분진 노출 집단에 대한 연구에서 높은 흡연율(never(5.5%) vs. ex and smokers(94.5%))을 보였고<sup>18)</sup>, 우리 연구에서도 과거흡연자(152명, 46.3%)를 현재흡연자(119명, 36.3%)로 포함했을 때 82.6%(271/328)의 높은 흡연율을 보였다.

최근 많이 보급된 나선형 다중 검출기 CT는 연속적인 스캔이 이루어져 작은 병변에 대해서도 민감도가 높지만, 환자 피폭 선량을 증가시키는 결과를 가져왔다. 피검자의 피폭 선량을 감소시키기 위한 일환으로 조사 선량(mA×sec)을 감소시키는 방법이 가장 많이 사용되는데 이때 수반되는 노이즈의 증가는 화질을 저하를 가져오게 된다<sup>12)</sup>. 폐는 다른 부위와는 다르게 공기를 다량 함유하고 있기 때문에 방사선 흡수율이 낮아 적은 선량 사용이 가능하여 피폭선량을 충분히 낮출 수 있고<sup>12,19)</sup>, 조기 발견을 목적으로 시행하는 선별검사로써는 약간의 화질 저하를 가져올지라도 방사선 노출로 인한 위험을 줄일 수

있는 저선량 CT촬영이 바람직하다. 모든 연구대상자의 저선량 CT촬영에 의한 평균 DLP(dose length product)는  $74.1 \pm 4.3 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ (범위, 62.7-85.7)로 나타났고, 유효 선량(effective dose)은  $1.26 \text{ mSv}$ (DLP\*0.017)로 이는 영국 가이드라인에서 정한 표준 CT촬영의 유효선량(8 mSv)보다 매우 낮았다.

저선량 CT의 폐암 및 폐질환의 진단에 대한 유용성은 국내외적으로 이미 많은 연구에서 밝혀졌고, 국내에서도 폐질환 발생위험이 높은 집단을 대상으로 선별검사로 사용하고 있다. 하지만 분진에 노출된 집단에 대한 저선량 CT에 대한 연구는 국내에서 흔치 않고<sup>13)</sup>, 그동안 시행되어오던 고해상도 CT촬영을 표준 진단방법으로 사용하고 있다.

최근 국내에서 비전형적 흉통을 가진 환자를 대상으로 저선량 흉부 CT를 시행한 결과에서도 흉통의 원인이 될 수 있는 89명중 18명(20%)이 폐실질 및 흉막 질환으로 진단(폐렴; 2, 폐기종; 7, 무기폐; 2, 기관지확장증; 2, 활동성 폐결핵; 1, 흉막삼출; 3, 종격동 림프절 종대; 1) 되어 저선량 CT의 의미있는 결과를 보고하였다<sup>20)</sup>.

우리 연구결과에서 분진에 노출되었던 328명으로부터 얻은 저선량 CT영상에서 총 13 종류의 소견이 발견되었고, 이중 12건이 폐실질 및 흉막소견이었고, 1건은 관상동맥 석회화 소견이었다. 소견을 보인 대상자들은 1개 이상의 소견을 복합적으로 갖고 있었고, 진폐 소견이 없는 군과 있는군 간에 관상동맥 석회화와 벌집모양 소견에서 큰 차이를 보였다.

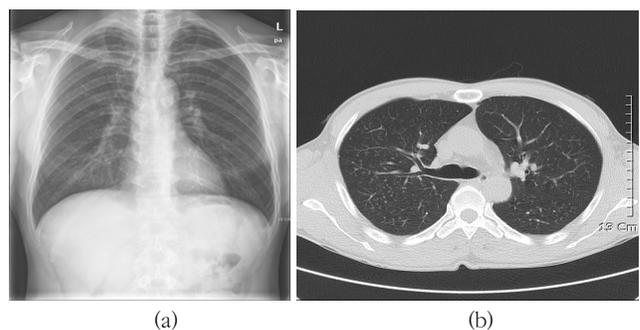
흉부 CT촬영에서 가장 흔히 보이는 심장과 관련된 소견은 관상동맥 석회화로 알려져 있는데<sup>21)</sup>, 관상동맥 석회화 소견은 유의한 혈관내 협착과 심혈관질환을 예측할 수 있다<sup>22)</sup>. 우리 연구결과에서 전체 328명 중 111명(33.8%)이 관상동맥석회화 소견을 보였는데, 단일 소견 중 가장 많은 빈도를 보였고, 진폐 소견이 있는군에서 유의하게 많이 나타났다. 이는 진폐증자의 관상동맥 및 심혈관질환에 의한 사망이 전체의 50%를 차지한다는 연구 결과를<sup>23,24)</sup> 뒷받침하고 있지만 집단의 특성상 관상동맥질환과 관련된 위험요인(고령, 당뇨병 및 고혈압 등)을 많이 가진 것을 고려할 때 진폐 소견이 관상동맥 석회화의 독립적인 위험요인임을 규명하기 위해서는 전향적인 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Remy-jardin 등<sup>8)</sup>에 의한 석면에 노출된 83명을 대상으로 폐실질 및 흉막 질환에 관련된 저선량 CT와 고해상도 CT결과를 비교해 보면, 저선량 CT영상에서 벌집모양 소견을 제외(0 vs. 1)한 대부분의 질환에 대해 비슷하거

나 더 잘 나타났고, 특히 폐기종(26 vs. 14)과 석회화되지 않은 작은 결절(noncalcified micronodules)은 오히려 저선량 CT영상에서 더 잘 보여졌다(18 vs. 1,  $p < 0.001$ ). 이는 저선량 CT의 연속적인 검사로 병변을 놓치지 않은 결과로 생각되고, 고해상도 CT로 폐 전체를 평가하는데 있어서는 넓은 검사 간격으로 폐암을 예측할 수 있는 작은 결절은 놓칠 수 있기 때문이다. 고해상도 CT영상에서 벌집모양(honeycombing) 소견으로 나타난 1명은 저선량 CT영상에서 간유리 음영(ground glass opacity)으로 보여졌는데 검사 두께로 인한 해상도 때문으로 생각된다. Majurin 등<sup>25)</sup>에 의한 또 다른 연구에서는 석면에 노출되었던 대상자 45명에 대해 벌집모양 소견을 분석한 결과, 고선량(160 mA)에서는 5명이 발견되었는데 저선량(30 mA)을 사용했을 때는 60%(3/5)만 발견할 수 있어 낮은 민감도를 보였다. 이와 같이 이전의 연구결과로부터 폐질환의 정밀진단에 저선량 CT를 사용하는 것은 아직은 논란의 여지가 있을 것으로 생각된다.

CT로부터 얻은 영상은 높은 해상력으로 작은 결절들이 흔히 발견될 수 있으나 이 결절들이 악성임을 배제시키기 어렵다<sup>26)</sup>. 우리 연구결과에서 작은 결절이 적지 않은 소견(30명, 9.2%)을 보인 것은 대상자들의 특성상 진폐 소음영으로 생각할 수 있다. 또한, 낮은 등급의 진폐 소견에 대해 흉부 방사선영상은 고해상도 CT영상보다 낮은 민감도를 보인 연구결과<sup>27)</sup>처럼 우리연구 결과에서 진폐 소견이 없는군에서 작은 결절이 더 높은 빈도를 보인 것은 흉부 디지털영상이 저선량 CT영상 보다 낮은 민감도를 보인 것으로 여겨진다(Figure 3).

폐기종은 호흡 장애와 관련이 있는데 흉부 방사선영상으로는 정확한 진단이 어려워<sup>28)</sup> 폐기종을 진단하고 분포와 범위를 평가하는데 CT영상에 의한 진단은 높은 신뢰



**Figure 3.** A 51-year-old man with a dust exposure duration of 11-year, digital image is not seen pneumoconiosis nodules (a), but low-dose CT image reveal the presence of some pneumoconiosis nodules (b)

성을 가지고 있어 표준 방법으로 사용되어왔다<sup>29)</sup>. 특히, 고해상도 CT는 폐실질의 초기변화에 높은 민감도를 보임으로서 진폐증자의 폐기종 진단에 유용하고<sup>18)</sup>, 용접공 진폐증 집단을 대상으로 한 연구결과에서도 흉부 방사선영상보다 고해상도 CT영상이 병변을 인지하는데 더 높은 민감도를 보였다<sup>30)</sup>. CT영상에서 폐기종은 폐실질(lung window setting)의 감쇄(attenuation)를 측정하여 일정 수준이하일 때 양성으로 진단된다. 이러한 감쇄는 선량에 의해 영향을 받는데, 폐기종을 평가하는데 있어 저선량 CT(30-60 mAs)와 표준 CT(100-250 mAs) 사이에 비슷한 결과(mean attenuation,  $-848 \pm 40$  vs.  $-846 \pm 39$ )를 얻을 수 있었다<sup>31)</sup>. 또한 폐실질의 폐기종 진단에 높은 민감도를 보여 표준 진단방법으로 사용되던 고해상도 CT영상은 넓은 검사 간격으로 작은 폐기종이 간과될 수도 있어 연속적인 검사가 이루어지는 저선량 CT 보다 발견율이 낮을 수도 있다. 폐기종이 더 진행되면 폐기포 소견으로 보여져 동반되어 나타나는 경우가 흔한데 우리 연구결과에서 폐기종 소견에 폐기포 소견을 포함했을 때, 전체 328명 중 흉부 디지털영상에서 16명(4.9%)이었지만 저선량 CT영상에서는 44명(13.4%)으로 나타나 저선량 CT영상에서 높은 민감도를 보였다.

또한 흡연이 폐기종 원인으로 알려져 있는데 김건일 등<sup>5)</sup>의 연구에서 전체 연구대상자의 24.4%에서 폐기종 소견이 있었는데 이들은 모두 현재흡연자이거나 과거흡연자였다. 마찬가지로 우리연구에서도 저선량 CT영상에서 폐기종 소견이 있는 44명 중 40명(90.9%)이 과거 또는 현재흡연자였다.

우리 연구결과와 저선량 CT영상에서 한 가지 이상의 소견을 가진 245명 중 187명(76.3%)이 더 이상의 추가 검사가 필요하지 않았는데 이는 대부분이 양성질환으로 더 이상 문제를 일으키지 않을 것으로 생각되는 만성적인 소견으로 생각된다. 나머지 59명(24%)은 악성임을 저선량 CT영상으로만 배제시킬 수 없어 조영제를 사용하지 않고 크기의 변화를 보거나 또는 조영제를 사용하여 조영되는 양상을 확인할 필요가 있었다.

흉부 방사선영상에서 보이는 식도질환, 상복부 위장관 질환 및 간담도로부터 전이를 정밀진단 하는데 있어 CT촬영은 유용하다<sup>32)</sup>. 흉부 CT촬영을 할 때 폐야 부분이 충분히 포함되도록 폐첨 윗 부분부터 횡격막 아래까지 검사가 이루어진다. 따라서 폐 이외의 소견이 우연치 않게 발견되는 경우가 종종 있는데, 흉부 CT영상에서 악성 흉막 중피종(malignant pleural mesothelioma)이 상복부로 침범된 소견을 볼 수 있었다<sup>6,7)</sup>. 우리 연구결과에서 발

견된 흉부외의 소견은 조영제를 사용하지 않고도 충분히 감별이 가능한 낭종(cyst) 및 석회화(calcification), 담석(stone in gall bladder)이 주요한 소견이었고, 간(liver)에서 가장 많은 소견(33명, 62.3%)이 보였는데 이는 간을 충분히 포함되어 검사가 이루어졌기 때문이다. 간에서 발견된 혈관종(hemangioma)은 조영제를 사용한 추가검사가 필요하였다.

본 연구는 후향적 단면연구로 다음과 같은 제한점을 갖고 있었다. 첫째, 연구대상자들의 현재 앓고 있는 질환에 대해 임상 기록이나 설문지를 통해 확인하지 못했다. 하지만 대상자를 선정할 때 최근 1년 이내에 흉부 CT촬영을 받은 사람은 포함시키지 않았다. 둘째, 저선량 CT영상은 1명의 영상의학과 전문의가 판독을 실시하였지만, 진폐 판독 경험이 많기 때문에 판독 결과에 대한 신뢰성을 보장할 수 있다. 셋째, 추가검사가 필요한 대상자들에 대한 추가검사 실시 여부 및 검사 결과를 확인할 수 없었다.

본진에 노출되었던 집단의 흉부 디지털영상의 진폐 소견에 따라 저선량 CT영상에 발견된 소견을 비교 분석한 결과, 전체 대상자 328명 중에서 245명(74.7%)이 저선량 CT영상에서 13 종류의 소견이 발견되었고, 관상동맥 석회화와 별집모양 소견이 흉부 디지털영상에서 진폐 소견이 있는군에서 높은 빈도를 보였다. 또한 소음영을 시사하는 작은 결절이 진폐 소견이 없는군에서 높은 빈도를 보인 것은 흉부 디지털영상의 낮은 민감도 때문으로 여겨지고, 흉부외의 다른 부위에서도 다수의 소견이 발견되었다. 이상의 결과에서 본진 노출에 의한 진폐 소견이 저선량 CT영상의 관상동맥 석회화 소견과 유의한 관련성을 보였지만, 독립적인 위험요인임을 규명하기 위해서는 관상동맥 혈관 조영술을 이용한 전향적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Mathieson JR, Mayo JR, Staples CA, Muller NL: Chronic diffuse infiltrative lung disease: comparison of diagnostic accuracy of CT and chest radiography, *Radiology*, 171(1), 111-116, 1989
2. Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, et al.: Peripheral lung cancer: screening and detection with low-dose spiral CT versus radiology, *Radiology*, 201(3), 798-802, 1996
3. Remy-Jardin M, Degreef JM, Beuscart R, Voisin

- C, Remy J: Coal workers pneumoconiosis: CT assessment in exposed workers and correlation with radiographic findings, *Radiology*, 177(2), 363-371, 1990
4. Gevenois PA, Vuyst PD, Dedeire S, Cosaert J, Vande Weyer R, Struyven J: Conventional and high-resolution CT in asymptomatic asbestos-exposed workers, *Acta Radiol*, 35(3), 226-229, 1994
  5. 김건일, 최석진, 손혜숙 등: 용접공진폐증의 고해상 CT 소견, *대한영상의학회지*, 34(3), 367-371, 1996
  6. Kim KL, Kim CW, Lee MK, et al.: Imaging of occupational lung disease, *RadioGraphics*, 21(6), 1371-1391, 2001
  7. Roach HD, Davies GJ, Attanoos R, Crane M, Adams H, Phillips S: Asbestos: when the dust settles-An imaging review of asbestos-related disease, *RadioGraphics*, 22, S167-S184, 2002
  8. Remy-Jardin M, Sobaszek A, Duhamel A, Mastora I, Zanetti C, Remy J: Asbestos-related pleuropulmonary disease: evaluation with low-dose four-detector row spiral CT, *Radiology*, 233(1), 182-190, 2004
  9. ICRP. Managing patient dose in computed tomography. Publication 87, 2000
  10. Naidich DP, Marshall CH, Gribbin C, Arams RS, McCauley DI: Low-dose CT of the lungs: preliminary observations, *Radiology*, 175(3), 729-731, 1990
  11. Chong SM, Lee KS, Chung MJ, et al.: Lung cancer screening with low-dose helical CT in Korea: experiences at the Samsung Medical Center, *J Korean Med Sci*, 20(3), 402-408, 2005
  12. 이원정, 최병순, 박영선, 선종률, 배석환: 폐질환의 선별검사를 위한 저선량 전산화 단층촬영의 적용. *방사선기술과학*, 32(2), 129-140, 2009
  13. 이원정, 이정오, 최병순: 단순 디지털 촬영과 저선량 CT의 폐기종 소견으로부터 폐쇄성 폐기능 장애 위험 비교. *대한결핵 및 호흡기학회지*, 71(1), 37-45, 2011
  14. ILO: Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconioses. Revised ed. Geneva: International Labour Office, 2002
  15. Berrington de Gonzalez A, Darby S: Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries, *Lancet*, 363 (9406), 345-351, 2004
  16. 윤임중: 우리나라 진폐증의 현황, 결핵 및 호흡기질환, 39(5), 375-379, 1992
  17. Brenner DJ: Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer, *Radiology*, 231(2), 440-445, 2004
  18. 김경아, 김지홍, 장황신, 안형숙, 임영, 윤임중: 단순 진폐증에 대한 흉부 고해상 전산화 단층촬영의 진단적 의의, *예방의학회지*, 29(3), 471-482, 1996
  19. Rehani MM, Berry M: Radiation doses in computed tomography: the increasing doses of radiation need to be controlled, *BMJ*, 320(7235), 593-594, 2000
  20. 임수진, 추기석, 김창원 등: 비전형적 흉통을 가진 환자를 평가하는데 있어 저선량 흉부 CT를 포함한 CT 관상동맥 조영술의 임상적 유용성: 예비보고서, *대한영상의학회지*, 58(4), 351-356, 2008
  21. 김미영: 흉부 CT 판독 시 보이는 심장 관련 질환, *결핵및호흡기질환*, 56(2), 127-143, 2004
  22. 이상훈, 홍용국, 박성일, 이향미, 최규욱: 전자선 단층촬영의 관상동맥 석회수치와 폐쇄성 관상동맥질환의 상관관계에 관한 연구, *대한영상의학회지*, 39(2), 293-299, 1998
  23. Sanders WL: Heart disease and pneumoconiosis, *Thorax*, 25, 223-225, 1970
  24. Davies D: Deaths from coronary artery disease and coalworkers pneumoconiosis, *BMJ*, 2, 925-927, 1976
  25. Majurin ML, Varpula M, Kurki T, Pakkala L: High-resolution CT of the lung in asbestos-exposed subjects: comparison of low-dose and high-dose HRCT, *Acta Radiologica*, 35(5), 473-477, 1994
  26. Swensen SJ, Jett JR, Sloan JA, et al.: Screening for lung cancer with low-dose spiral computed tomography, *Am J Respir Crit Care Med*, 165(4), 508-513, 2002
  27. Savranlar A, Altin R, Mahmutyazicoglu K, et al.: Comparison of chest radiography and high-

- resolution computed tomography finding in early and low-grade coal workers pneumoconiosis, *Eur Radiol*, 51(2), 175-180, 2004
28. Bauer TT, Heyer CM, Duchna HW, et al.: Radiological findings, pulmonary function and dyspnea in underground coal miners, *Respiration*, 74(1), 80-87, 2007
29. Litmanovich D, Boiselle PM, Bankier AA: CT of pulmonary emphysema-current status, challenges, and future directions, *Eur Radiol*, 19(1), 537-551, 2009
30. 강정학, 전진호, 구혜원 등: 용접공진폐증 집단검진을 위한 단순 흉부방사선 촬영과 고해상 흉부전산화 단층촬영의 진단적 의의, *예방의학회지*, 29(4), 853-862, 1996
31. Gierada DS, Pilgram TK, Whiting BR, et al.: Comparison of standard and low radiation dose CT for quantification of emphysema, *AJR*, 188(1), 42-47, 2007
32. Stevic R, Masulovic DM, Jovanovic DM, et al.: Thoracic manifestations of gastrointestinal diseases, *Acta Chir Jugosl*, 54(3), 21-26, 2007

• Abstract

## Findings on Chest Low-Dose CT Images of Group Exposed to Inorganic Dusts

Won-Jeong Lee · Jong-Ryul Seon<sup>1)</sup> · Bong-Seon Ahn<sup>1)</sup> · Young-Sun Park<sup>1)</sup>

*Occupational Lung Diseases Institute, COMWEL*

<sup>1)</sup>*Department of Radiological Technology, Daejeon Health Science College*

The purpose of this study was to compare the findings on the chest low-dose CT (LDCT) images between the negative and positive groups for pneumoconiosis in the group exposed to inorganic dust. From May 30, 2007 to August 31, 2008, total 328 subjects were examined by a LDCT. LDCT images were read by a chest radiologist who has much experience for reading of pneumoconiosis. All subjects were classified into two groups based on digital images after consensus reading of two radiologists according to the ILO 2000 guidelines; negative group (87, 26.5%) without pneumoconiosis and positive group (241, 73.5%). Statistical analysis was performed using a SPSS 14.0. There were significant differences in age (60.9 vs. 65.0,  $p < 0.001$ ), and in dust expose duration (17.0 vs. 19.2,  $p=0.024$ ) between two groups, but no significant difference in smoking ( $p=0.784$ ). Of the 328 subjects, 13 diagnosis were extracted from 245 subjects (74.7%). Coronary artery calcification (CAC) was significantly higher in positive group than that in negative group (36.9% vs. 25.3%,  $p=0.049$ ). Honeycombing showed higher frequency in positive group than in negative group (6.2% vs. 1.2%,  $p=0.079$ ). Pneumoconiosis findings caused by inorganic dusts exposure showed the significant relation with CAC on LDCT images. Future studies need to prove that pneumoconiosis finding is independent risk factor for CAC using a coronary artery angiography.

**Key Words :** Low-dose computed tomography, Pneumoconiosis, Coronary artery calcification, Digital radiography