DOI: 10.4046/trd.2011.71.1.37
ISSN: 1738-3536(Print)/2005-6184(Online)
Tuberc Respir Dis 2011;71:37-45
Copyright©2011. The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases. All rights reserved.

Original Article

단순 디지털 촬영과 저선량 CT의 폐기종 소견으로부터 폐쇄성 폐기능 장애 위험 비교

근로복지공단 직업성폐질환연구소
이원정, 이정오, 최병순

Evaluation of Obstructive Pulmonary Function Impairment Risks in Pulmonary Emphysema Detected by Low-Dose CT: Compared with Simple Digital Radiography

Won-Jeong Lee, Ph.D., Jeong-Oh Lee, M.P.H., Byung-Soon Choi, M.D., Ph.D.
Occupational Lung Diseases Institute, Korea Workers' Compensation & Welfare Service (KCOMWEL), Ansan, Korea

Background: Pulmonary emphysema (PE) is major cause of obstructive pulmonary function impairment (OPFI), which is diagnosed by spirometry. PE by high resolution CT is known to be correlated with OPFI. Recently, low dose CT (LDCT) has been increasingly used for screening interstitial lung diseases including PE. The aim of this study was to evaluate OPFI risks of subjects with PE detected by LDCT compared with those detected by simple digital radiography (SDR).

Methods: LDCT and spirometry were administered to 266 inorganic dust exposed retired workers, from May 30, 2007 to August 31, 2008. This study was approved by our institutional review board and informed consent was obtained. OPFI risk was defined as less than 0.7 of forced expiratory volume in one second (FEV_1)/forced vital capacity (FVC), and relative risk (RR) of OPFI of PE was calculated by multiple logistic regression analysis.

Results: Of the 266 subjects, PE was found in 28 subjects (10.5%) by LDCT and in 11 subjects (4.1%) by SDR; agreement was relatively low (kappa value=0.32, $p<0.001$). FEV_1 and FEV_1/FVC were significantly different between PE and no PE groups determined by either SDR or LDCT. The differences between groups were larger when the groups were divided by the findings of SDR. When PE was present in either LDCT or SDR assays, the RRs of OPFI were 2.34 and 8.65, respectively.

Conclusion: LDCT showed significantly higher sensitivity than SDR for detecting PE, especially low grade PE, in which pulmonary function is not affected. As a result, the OPFI risks in the PE group by LDCT was lower than that in the PE group by SDR.

Key Words: Tomography, X-Ray Computed; Radiation Dosage; Plumonary Emphysema; Spirometry; Radiography, Digital

서 론

만성 폐쇄성 폐질환(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)인 폐기종(pulmonary emphysema, PE)은 유해한 분진과 가스 등의 흡입으로 초래되며, 병리학적으로는 폐포벽이 손상되어 폐포가 비정상적이고 영구적으로 확장되며, 폐 탄성이 감소하는 질환으로 말초기도의 폐쇄를 유발하여 폐쇄성 폐기능 장애(obstructive pulmonary function impairment, OPFI)를 가져온다[1,2].

폐기종은 단순 흉부촬영에서 발견될 수도 있지만, 초기 미세한 폐 실질의 변화에 낮은 민감도를 보이고, 병변이 어느 정도 진행되었어도 범위 및 심한 정도를 평가하는데

Address for correspondence: **Won-Jeong Lee, Ph.D.**
Occupational Lung Diseases Institute, KCOMWEL, 87, Guryong-ro, Sangrok-gu, Ansan 426-858, Korea
Phone: 82-31-500-1806, Fax: 82-31-500-1811
E-mail: atomlwj@yahoo.co.kr
Received: Dec. 29, 2010
Accepted: Jun. 10, 2011

있어 제한적이다[3].

따라서, 고해상도 컴퓨터 단층촬영(high-resolution computed tomography, HRCT)은 분진에 노출된 집단의 초기 진폐 소견 및 폐기종의 범위와 분포를 평가하는데 표준 진단방법(gold standard)으로 사용되어 왔다[1,3-9]. 또한, 고해상도 CT에 의한 폐기종의 정량적인(quantification) 평가결과는 폐쇄성 폐기능 장애의 위험을 예측할 수 있는 폐활량 검사(spirometry) 결과와도 높은 관련성을 보였으며, 단순 흉부촬영 보다 호흡장애를 더 정확하게 반영할 수 있는 것으로 나타났다[4,5,10].

한편, 컴퓨터 단층촬영에서 민감도가 높은 해상력의 영상을 얻기 위해서는 높은 선량이 수반되어야 하기 때문에 선량감소 목적으로 1990년대에 Naidich 등[11]으로부터 흉부질환 진단에 저선량 CT (low-dose computed tomography, LDCT)가 처음 시도되었고, 그 후 계속된 저선량 CT 연구에서 폐기종 및 폐 실질의 진단에 고해상도 CT에 버금가는 민감도를 보였으며[12], 폐기종의 정량적 평가에서도 의미 있는 결과를 얻어 보고한 바 있다[13,14].

그러함에도 불구하고, 저선량 CT의 폐기종 소견과 폐활량 검사결과로 얻을 수 있는 폐쇄성 폐기능 장애와의 연관성에 대한 연구결과는 드물게 보고되었고[5,14,15], 더구나 폐기종 유병률이 높은 분진에 노출된 집단[16]을 대상으로 한 연구결과는 아직까지 보고된 바 없다.

따라서, 본 연구에서는 분진에 노출된 집단을 대상으로 한 흉부 단순 디지털 촬영(simple digital radiography, SDR)과 저선량 CT 간의 폐기종 진단차이 및 두 영상에서 보인 폐기종 소견으로부터 폐활량 검사결과에 의한 폐쇄성 폐기능 장애 위험을 평가하고 비교하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2007년 5월부터 2008년 8월 사이, 분진에 노출된 직업력을 갖고 있는 322명이 진폐 정밀 건강진단을 받기 위해 흉부 단순 디지털 촬영을 받은 후, 우리 연구소 자체 연구과제 수행을 위해 저선량 CT와 폐활량 검사를 실시하였다. 저선량 CT와 폐활량 검사는 기관연구윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인과 모든 대상자로부터 연구참여동의서(informed consent)를 받은 후 이루어졌고, 연구대상자의 나이, 분진 노출 기간, 흡연력 등의 일반적인 특성에 대해서는 구조화된 설문지를 통해 얻었다.

따라서, 본 연구는 자체 연구과제 수행에서 얻은 자료를 후향적으로 분석하기 위해 설계 되었으며, 진폐결절의 융합으로 생성된 대음영은 폐기종의 합병률을 증가시키고, 폐활량 결과에 영향을 미칠 수 있어[9,16] 단순 디지털 촬영에서 대음영 소견을 보인 56명을 제외한 266명을 분석대상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 단순 디지털 촬영: 진폐 심사를 위한 단순 디지털 촬영은 amorphous silicon 디텍터를 이용하여 진폐 정밀진단 촬영정도 관리 기준[17]에 적합한 상태(촬영거리 180 cm, 관전압 125, 그리드 비 12 : 1, 조사시간 automatic exposure control)에서 실시하였다(Digital diagnost; Philips Medical Systems, Netherlands). 모든 디지털 영상은 흉부 영상의학과 전문의 6명으로 구성된 진폐심사위원회에서 2명의 판독자가 국제노동기구 가이드라인에 따라(ILO, 2000)[18] 아날로그 표준 사진을 참조하여 합의판독한 결과에서 진폐병형과 진폐합병증인 폐기종 소견(정상 폐실질 조직보다 투과도가 증가하여 나타남)만을 본 연구의 분석을 위해 사용하였다.

2) 저선량 CT촬영: 저선량 CT는 진폐 정밀진단 기간 내(5일)에 앙와위(supine position) 자세에서 최대 흡기상태로 폐첨부를 충분히 포함한 위치부터 폐 실질이 보이지 않을 때까지 실시(WCT-500-140/Brilliance™ 16 slice, Philips Medical Systems)하였다. 모든 영상(2 mm thickness, 1 mm increment, 0.938 pitch, 30 mAs, 120 kVp, standard resolution, 16×1.5 collimation)은 진폐 판독 정도관리 교육을 수료하고 진폐 판독경험(15년 이상)이 많은 흉부 영상의학과 전문의 1명이 판독한 결과 중에서 폐기종 소견만을 분석대상으로 하였다. 폐기종은 주위의 정상 폐 실질에 비하여 혈관 분포가 감소되어 −950 HU (hounsfield unit) 이하의 감쇄도(attenuation)를 보인 경우로 정의하였고[19], 전체 영상 중에서 어느 한 영상에서라도 소견을 보인경우에 유소견자로 분류하였다.

3) 폐활량 검사: 폐활량 검사는 숙련된 검사자에 의해 폐활량 측정기 Vmax-229 (Viasys Healthcare, CA, USA)를 사용하여 미국흉부학회(ATS) 및 유럽호흡기학회(ERS) 지침[20]에 따라 실시하였다. 검사 실시 전에 3리터 용량의 실린지(syringe)로 약 6초에 걸쳐 서서히 측정한 공기의 양과, 0.5～1초 동안 빠르게 측정한 공기의 양이 2.91～3.09 L 범위가 되도록 측정기를 보정하였다. 연구 대상자의 과거 및 현재의 질병력과 건강상태를 파악한 후, 의자

에 앉은 자세에서 상체를 똑바로 펴고 턱은 약간 들고 목은 약간 뒤로 젖히고 코 집게를 착용한 상태에서 폐쇄순환법으로 검사하였다. 적합성 있는 검사를 3번 이상하여 각 검사의 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC) 및 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in one second, FEV_1)이 서로 5% (150 mL) 이내가 되는 측정치 중 가장 좋은 측정치를 선택하였다(best value method). FVC와 FEV_1는 연구대상자의 성별과 연령, 신장, 체중 등을 고려하여 Moris 예측식을 적용하여 측정한 값을 예측치에 대한 실측치의 비율로 나타내었고, 일초간 노력성 호기량과 노력성 폐활량의 비(FEV_1/FVC)를 산출하였다. 국제분류기준[20]에 따라 FEV_1/FVC가 70% 미만인 경우를 폐쇄성 폐기능 장애(obstructive pulmonary function impairment, OPFI)가 있는 것으로 정의하였다.

4) 분석: 연속형 변수에 대해서는 평균과 표준편차로 나타내었고, 범주형 변수에 대해서는 빈도로 나타내었다. SPSS version 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 교차분석을 통해 단순 디지털 촬영과 저선량 CT 간의 폐기종 진단차이(Chi-square test)와 일치도(Kappa test)를 비교하였고, 연속형 변수에 대해서는 student t-test 실시하여 평균을 비교하였다. 또한 두 촬영에서 발견된 폐기종 소견이 폐활량 검사결과로부터 얻은 폐쇄성 폐기능 장애(FEV_1/FVC <70%)에 어느 정도 연관성이 있는지 알아보고자 나이, 분진 노출 기간, 흡연력 및 진폐증을 보정 후 다변량 로지스틱 회귀분석을 실시하여 비차비(odds ratio)를 추정하였다.

결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성과 폐활량 검사결과

Table 1에서는 연구대상자들의 일반적인 특성과 폐활량 검사결과를 보여주고 있다. 연구대상자들의 평균 나이는 63±7.6세(범위, 45～85)였고, 60대가 126명(47.4%)으로 가장 많았다. 평균 분진 노출기간은 18.6±7.9년(범위, 3～43)으로 10～20년 미만이 106명(39.8%)으로 가장 많은 빈도를 보였다. 현재 또는 과거흡연자가 전체 대상자의 84.2%로 높은 흡연력을 보였고, 진폐증자(병형 ≥1/0)는 181명(68%)이었다. 나이가 증가함에 따라 폐활량 검사결과는 감소하는 경향을 보여 FEV_1/FVC는 그룹 간에 유의한 차이가 있었고(p=0.008), 분진 노출 기간 20년 이상 그룹과 현재 또는 과거 흡연자 그룹에서 FEV_1/FVC이 유의하게 감소했지만(p<0.05), 진폐증 유무에 따라서는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.490).

2. 단순 디지털 촬영과 저선량 CT로부터 폐기종 진단

전체 대상자 266명 중 단순 디지털 촬영에서는 11명(4.1%)이 폐기종 소견을 보였고, 저선량 CT에서는 28명(10.5%)이 폐기종 소견을 보여 통계학적인 유의한 차이

Table 1. Spirometry according to subject demographics

Variable		n	Spirometry (%)		
			FVC	FEV_1	FEV_1/FVC
Age, yr	<50	10	96.7±8.9	94.3± 8.6	74.3±4.3
63±7.6 (45～85)	50～<60	74	96.2±11.4	90.4±16.6	69.0±9.3
	60～<70	126	92.2±14.3	86.8±20.7	66.1±11.6
	≥70	56	90.9±14.4	87.5±21.1	64.1±11.4
	p-value	266	0.086	0.445	0.008
Dust expose duration, yr	<20	138	93.5±14.6	89.9±19.7	68.4±10.8
18.6±7.9 (3～43)	≥20	128	92.9±12.2	86.4±19.0	65.1±10.9
	p-value	266	0.744	0.140	0.016
Smoking	Non	42	89.4±14.5	90.7±19.9	70.6±10.4
	Current/Ex	224	93.9±13.2	87.7±19.3	66.1±10.9
	p-value	266	0.046	0.355	0.013
Pneumoconiosis	No	85	93.5±13.0	88.7±21.6	67.5±12.4
	Yes	181	93.1±13.7	88.0±18.3	66.5±10.2
	p-value	266	0.840	0.785	0.490

Data are presented as mean±SD. Statistical analysis was calculated by student t-test or one-way anova.
FVC: froced vital capacity; FEV_1: forced expiratory volume in one second; SD: standard deviation.

(chi-square value=34.4, p＜0.001)가 있었다(Table 2). 또한, 두 영상에서 총 32명이 폐기종 소견을 갖고 있었지만 두 영상에서 폐기종 소견이 일치한 경우는 7명(21.9%)으로 낮은 일치도(fair agreement, Kappa value=0.32)를 보였다(Figure 1).

3. 단순 디지털 촬영과 저선량 CT의 폐기종 소견에 따른 일반적인 특성 및 폐활량 검사결과 비교

단순 디지털 촬영과 저선량 CT에서 폐기종 소견을 보인 두 그룹 간에 나이, 분진 노출 기간, 흡연력 및 진폐증은 통계적인 유의한 차이가 없었지만(p＞0.05), 폐활량 검사결과의 FVC와 FEV_1, FEV_1/FVC에서는 단순 디지털 촬영에서 폐기종 소견을 보인 그룹이 유의하게 낮았다. 폐쇄성 폐기능 장애의 빈도는 단순 디지털 촬영에서 폐기종 소견을 보인 그룹이 저선량 CT에서 폐기종 소견을 보인 그룹에 비해 높았지만 유의한 차이는 없었고, 국제분류기준에 따른 장애 등급에서는 두 촬영 간에 통계학적인 유의한 차이를 보였다(Table 3).

저선량 CT에서 폐기종 소견을 보이지 않은 그룹과 보인 그룹 간에 나이, 분진 노출 기간, 흡연력, 진폐증은 통계적인 유의한 차이가 없었지만(p＞0.05), 폐쇄성 폐기능 장애의 빈도는 두 촬영 모두 폐기종 소견을 보인 그룹에서 유의하게 높았다(Table 4).

FEV_1은 폐기종 소견을 보이지 않은 그룹과 보인 그룹 간에 단순 디지털 촬영(89.7±17.8 vs. 53.6±23.3, p＜0.001)과 저선량 CT (89.4±18.4 vs. 78.2±24.2, p=0.024) 모두 유의한 차이를 보였고(Figure 2), FEV_1/FVC도 단순 디지털 촬영(67.6±9.8 vs. 47.6±17.2, p=0.003)과 저선량 CT (67.6±10.2 vs. 60.3±14.7, p=0.015) 모두 폐기종 소견을 보인 그룹이 통계적으로 유의하게 낮았으며, 특히 두 그룹 간에 단순 디지털 촬영에서 더 큰 차이를 보였다.

Table 2. Diagnostic agreement between SDR and LDCT for PE

Method		SDR		Total	Kappa-value
		Without	With		
LDCT	Without	234	4	238	0.32
	With	21	7	28	
Total		255	11	266	

Data are presented as the number of subjects. Diagnosis of PE is significant differences between SDR and LDCT using chi-square test (p＜.001).
PE: pulmonary emphysema; SDR: simple digital radiography; LDCT: low dose computed tomography.

4. 폐기종에 의한 폐쇄성 폐기능 장애 위험

폐쇄성 폐기능 장애는 전체 266명 중에서 125명(47%)에서 있었고, 이들 중에서 단순 디지털 촬영과 저선량 CT에서 각각 5명(4%), 16명(12.8%)씩 폐기종 소견을 보였다.

단순 디지털 촬영과 저선량 CT의 폐기종 소견으로부터 폐쇄성 폐기능 장애의 위험을 알아보고자 나이, 분진 노출 기간, 흡연, 진폐증을 보정하고 로지스틱 회귀분석을 실시

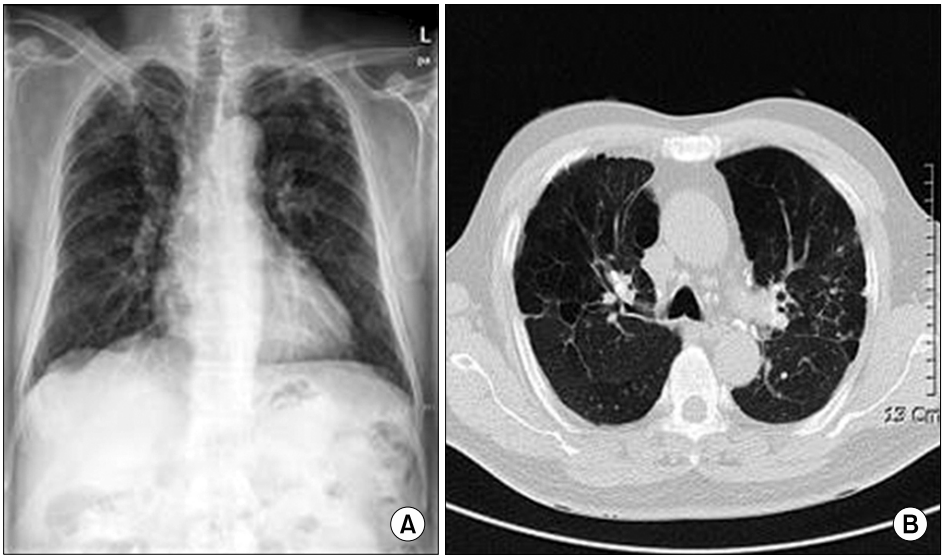

Figure 1. A 57-year old man (current smoker, 25-year history of dust exposure) with pneumoconiosis (profusion=1/1) and obstructive pulmonary function impairment (FEV_1/FVC=60). Pulmonary emphysema can barely be seen on simple digital radiography (A), but low dose computed tomography is seen definitely to pulmonary change (B).

Table 3. Comparison of variables related to PE and OPFI between SDR and LDCT

Variable	PE		p-value
	SDR (n=11)	LDCT (n=28)	
Age, yr	64.9±5.2	65.0±5.7	0.976*
Dust expose duration, yr	16.3±6.7	18.9±6.7	0.285*
Current/Ex-smoker, %	90.9	92.9	1.000†
Pneumoconiosis, %	63.6	60.7	1.000†
FVC, % pred	79.1±17.0	90.2±14.8	0.050*
FEV_1, % pred	53.6±23.3	78.2±24.2	0.007*
FEV_1/FVC, %	47.6±17.2	60.3±14.7	0.027*
OPFI, %§ [19]	90.9	75.0	0.400†
Normal (FEV_1/FVC≥70%)	9.1	25.0	
Mild (OPFI & FEV_1≥80%)	18.2	32.1	
Moderate (OPFI & 50%≤FEV_1<80%)	36.4	32.1	0.038‡
Severe (OPFI & 30%≤FEV_1<50%)	18.2	7.1	
Very severe (OPFI & FEV_1<30%)	18.2	3.6	

*Calculated by student t-test, †Calculated by fisher's exact test, ‡Calculated by linear by linear association, §Defined as FEV_1/FVC <70.
PE: pulmonary emphysema; SDR: simple digital radiography; LDCT: low dose computed tomography; FVC: froced vital capacity; FEV_1: forced expiratory volume in one second; OPFI: Obstructive pulmonary function impairment.

Table 4. Comparison of subject demographics and OPFI between without and with PE by SDR or LDCT

Variable	SDR			LDCT		
	Without (n=255)	With (n=11)	p-value	Without (n=238)	With (n=28)	p-value
Age, yr	63.2±7.7	64.9±5.2	0.484*	63.1±7.8	65.0±5.7	0.130*
Dust expose duration, yr	18.7±7.9	16.3±6.7	0.315*	18.6±8.1	18.9±6.7	0.869*
Current/Ex-smoker, %	83.9	90.9	1.000†	83.2	92.9	0.273†
Pneumoconiosis, %	68.2	63.6	0.748†	68.9	60.7	0.379†
OPFI, %‡	54.5	90.9	0.026†	53.8	75.0	0.032†

*Calculated by student t-test, †Calculated by pearson chi-square test or fisher's exact test, ‡Defined as FEV_1/FVC<70.
PE: pulmonary emphysema; SDR: simple digital radiography; LDCT: low dose computed tomography; OPFI: obstructive pulmonary function impairment.

한 결과(Table 5), 단순 디지털 촬영의 폐기종에 의한 폐쇄성 폐기능 장애의 위험도는 8.65배(1.05～71.26)로 유의하게 높았지만, 저선량 CT에서는 2.34배(0.93～5.91)로 통계학적인 유의한 차이를 보이지 않았다.

고 찰

국내에서도 2009년도 통계청 자료[21]에 따르면 지난 10년간 호흡기계통 질환으로 인한 사망자수가 증가하면서 폐기종으로 인한 사망률도 증가해 왔다. 폐기종은 폐쇄성 폐기능 장애를 일으키는 주요인자로 폐활량 검사결과와 밀접한 관련이 있다.

단순 흉부촬영에 의한 초기 폐기종 진단은 특이도와 민감도가 낮고 폐기종의 심한 정도와 범위를 평가하기 어렵지만, 고해상도 CT는 단순 흉부촬영에서 발견되지 않을 수 있는 초기 폐기종 진단이 가능하고 범위나 분포를 알 수 있어 표준 진단방법으로 사용하고 있다. 더욱이, 최근 다중채널 CT의 다양한 기능(minimum intensity projection, MinIP)은 폐기종의 진단능력을 더욱 향상시킬 수 있었고, 폐기종을 정량화하는데 선량 감소(20 mAs)가 가능한 것으로 보고하였다[3].

고해상도 CT에서 진단된 폐기종은 일반인 집단(8.7%)[5]

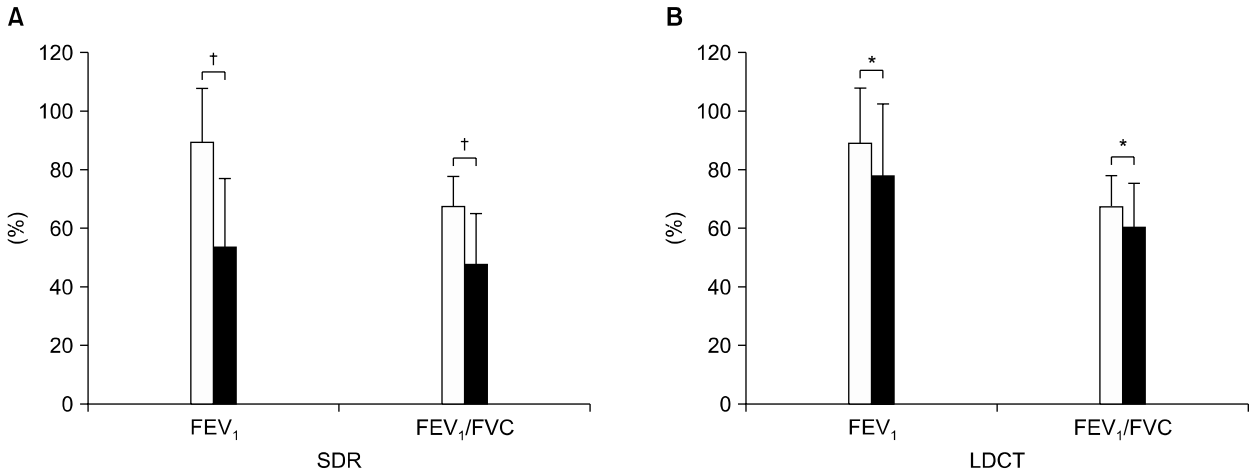

Figure 2. FEV_1 and FEV_1/FVC were significantly different in both simple digital radiography (SDR) and low dose computed tomography (LDCT) between groups with (■) and without pulmonary emphysema (PE) (□), and the differences were larger in SDR. *$p<0.05$, †$p<0.01$.

Table 5. Relative risks of obstructive pulmonary function impairment by PE detected by SDR or LDCT

Method	Variable	Beta	SE	Adjusted OR	95% CI
SDR	Age, ≥60 yr	0.55	0.28	1.73	0.99～3.01
	Dust expose duration, ≥20 yr	0.61	0.25	1.84	1.09～3.09
	Current/Ex-smoker	0.89	0.37	2.43	1.19～4.97
	Pneumoconiosis	0.55	0.28	1.73	1.00～3.00
	PE	2.16	1.08	8.65	1.05～71.26
LDCT	Age, ≥60 yr	0.56	0.28	1.74	1.00～3.04
	Dust expose duration, ≥20 yr	0.55	0.26	1.73	1.03～2.89
	Current/Ex-smoker	0.85	0.36	2.33	1.14～4.77
	Pneumoconiosis	0.56	0.28	1.75	1.01～3.04
	PE	0.85	0.47	2.34	0.93～5.91

Relative risks of obstructive pulmonary function impairment by PE were calculated by using multiple logistic regression after adjusting age, dust expose duration, smoking and the presence of pneumoconiosis.
PE: pulmonary emphysema; SE: standard error; SDR: simple digital radiography; LDCT: low dose computed tomography; OR: odds ratio; CI: confidence interval.

보다는 분진에 노출된 집단(61.4%)[16]에서 높은 유병률을 보였고, 단순 흉부촬영에서 보이지 않던 폐기종 소견의 32.7%가 발견되어 높은 민감도를 보였다[9].

한편, 분진 노출 집단을 대상으로 한 본 연구의 저선량 CT에서 10.5%의 낮은 폐기종 양성률을 보인 것은 유병률 추정을 위해 설계된 연구가 아니었기 때문에 대상자 선정에서 온 선택 편견의 영향과 더불어 저선량 CT는 초기 폐기종(3～5 mm) 진단에 낮은 민감도를 보일 수 있기 때문인 것으로[5] 해석할 수 있으며, 단순 디지털 촬영과 저선량 CT에서 폐기종 소견을 보인 전체 32명 중에서 21명은 저선량 CT에서만 폐기종 소견을 보임으로써 65.6% 더 높은 민감도를 보였다.

CT 영상의 민감도는 선량과 높은 양의 상관성을 보임으로써[22] 선별검사로 사용하고 있는 저선량 CT로 얻은 영상(38 mAs, 범위; 30～60)은 잡음의 증가를 가져오지만 표준선량 CT (122 mAs, 범위; 100～250)와 폐기종의 진단에서 유의한 차이를 보이지 않았고, 두 영상 간의 폐기종 지수에서도 높은 상관성을 보였다[13].

하지만, 전체 859명의 일반인 집단을 대상으로 한 다른 연구결과[5]에서 저선량 CT (6.3%)는 고해상도 CT (8.7%)보다 초기 단계 폐기종 진단에 낮은 민감도를 보였기 때문에, 우리연구의 저선량 CT에서도 초기 단계 폐기종은 발

견하지 못할 수도 있었을 것으로 추측할 수 있다.

단순 흉부촬영으로는 환자 호흡곤란과 폐기능의 정도를 예측할 수 없지만 고해상도 CT로부터 진단된 폐기종의 지수는 호흡곤란의 정도를 알 수 있는 객관적인 지표가 될 수 있고[4,10], 폐쇄성 폐기능 장애를 객관적으로 측정하고 예측할 수 있는 지표는 폐활량 검사결과의 FEV_1과 FEV_1/FVC를 이용하고 있다[2,10].

유리규산(silica)에 노출된 집단의 고해상도 CT에서 발견된 폐기종 지수는 FVC와 FEV_1 결과와 유의한 음의 상관관계가 있었고[16], 탄광근로자를 대상으로 한 연구[4]에서도 고해상도 CT의 폐기종 지수와 FEV_1는 의미 있는 음의 상관성을 보여 단순 흉부촬영의 진폐 병형보다 호흡장애의 정도를 정확히 반영하는 것으로 나타났다. 우리연구는 판독소견에 대해 후향적으로 분석하였기 때문에 폐기종 지수에 따른 분석은 할 수 없었지만 단순 디지털 촬영과 저선량 CT 모두 폐기종 소견을 보인 그룹의 FEV_1과 FEV_1/FVC가 폐기종 소견을 보이지 않은 그룹보다 유의하게 낮았고, 그 차이는 단순 디지털 촬영에서 더 크게 나타났다. 따라서, 이전의 고해상도 CT의 연구결과와 마찬가지로 저선량 CT에서 발견된 폐기종 소견도 호흡장애와 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다.

Kim 등[9]의 연구결과에서 단순 흉부영상의 진폐 병형이 증가할수록 폐활량 검사결과의 FVC와 FEV_1이 낮아지는 경향을 보였지만 유의한 차이는 없었고, 고해상도 CT에서 폐기종 소견을 보인 그룹에서 폐기능이 현저하게 감소하였다. 따라서, 폐기능은 진폐 병형보다 폐기종의 동반여부가 더 많은 영향을 주는 것으로 나타나 고해상도 CT에서 진단된 폐기종은 폐쇄성 폐기능 장애의 원인이 될 수 있는 것으로 보고하였다.

탄광근로자를 대상으로 한 연구결과[4]에서는 단순 흉부영상의 진폐 병형과 폐활량 검사결과의 FEV_1는 의미 있는 관련성을 보이지 않았지만, 흡연자의 FEV_1이 비흡연자보다 유의하게 낮았다. 본 연구결과에서는 과거 또는 현재 흡연자 그룹이 비흡연자 그룹보다 FEV_1/FVC이 유의하게 낮았고($p=0.013$), 결과를 나타내지 않았다. FEV_1/FVC는 나이가 증가함에 따라 유의하게 감소하는 음의 상관성을 보였지만($r=-0.215$, $p<0.001$), 진폐 병형과 분진노출기간은 의미 있는 상관성을 보이지 않았다. 또한, FEV_1은 나이, 진폐 병형, 분진 노출 기간과 유의한 상관성을 보이지 않았다.

Omori 등[15]에 의한 폐암 선별 검사를 위해 시행된 저선량 CT에서 발견된 폐기종의 유병률이 현재 흡연자와 과거 흡연자에서 각각 30.5%, 14.1%로 비흡연자의 3.0%보다 높았고, 나이가 증가할수록 높은 유병률을 보였다. 또 다른 연구[5]에서도 나이가 증가함에 따라 폐기종자에서 흡연자(과거 흡연자 포함)의 비율이 증가하였고, 건강흡연자를 대상으로 저선량 CT의 폐기종 소견과 폐활량 검사와의 관련성에 관한 연구[14]에서 폐기종의 유병률이 흡연자에서 높은 것으로 나타나 흡연은 폐기종 발생에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만, 본 연구결과에서는 나이와 흡연이 폐기종 소견을 보인 그룹에서 유의하지는 않았지만 높은 경향을 보임으로서 분진에 노출된 집단을 대상으로 한 연구결과[9]와 일치하였으므로, 분진노출이 흡연에 의한 영향을 희석시킬 수도 있는 것으로 추측해 볼 수 있다.

한편, 저선량 CT에서 발견된 폐기종에 대한 판독자의 주관적인 시각평가 결과에서 폐기종의 범위가 클수록 폐활량 검사 결과의 FEV_1/FVC와 FEV_1이 의미 있게 감소하였고[15], 폐기종이 있는 그룹에서 FEV_1/FVC가 유의하게 감소하여[14] 저선량 CT에 의한 폐기종의 정량적 평가는 폐쇄성 폐기능 장애를 예측할 수 있는 것으로 보인다. 본 연구결과에서는 폐활량 검사결과에 의한 폐쇄성 폐기능 장애($FEV_1/FVC < 70\%$)는 전체 266명 중 56% (149명)의 높은 빈도를 보였고, 저선량 CT에서 폐기종 소견을 보인 그룹이 보이지 않는 그룹보다 폐쇄성 폐기능 장애의 높은 양성률(75.0 vs. 53.8)을 보였다.

또한, 단순 디지털 촬영에 비해 저선량 CT는 폐기종 진단에 높은 민감도를 보였지만, 폐쇄성 폐기능 장애의 양성률은 단순 디지털 촬영의 폐기종 소견을 보인 그룹에서는 90.9%로 저선량 CT의 75.0%보다 높았다. 단순 디지털 촬영과 저선량 CT 모두 나이가 60세 이상, 분진 노출 기간이 20년 이상, 현재 또는 과거 흡연자 그리고 진폐증이 있을 경우 폐쇄성 폐기능 장애의 위험이 높았으며, 이들 요인을 보정하고 폐기종에 의한 폐쇄성 폐기능 장애의 위험을 알아보고자 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과에서도 단순 디지털 촬영이 8.65배로 저선량 CT의 2.34배보다 높았다. 이러한 결과를 보인 것은 단순 디지털 촬영에 의한 영상은 초기 폐 실질 변화로 나타난 폐기종에 민감도가 낮아 광범위하게 진행되었을 때 비로소 진단할 수 있는데 반해 저선량 CT는 단순 디지털 촬영에 비해 높은 민감도로 비교적 폐기능에 영향이 적은 초기 단계의 폐기종 진단이 가능하였기 때문으로 여겨진다. 따라서, 단순 디지털 촬영에서 폐기종 소견이 보이면, 폐쇄성 폐기능 장애의 위험이 높은 것으로 예측할 수 있다.

본 연구는 후향적으로 분석한 단면연구로써 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 단순 디지털 촬영에 의한 영상은 2명의 흉부 영상의학과 전문의가 합의판독을 실시하였지만, 저선량 CT로부터 얻은 영상은 1명의 흉부 영상의학과 전문의가 판독을 실시하였다. 하지만, 모든 판독자는 15년 이상의 진폐 판독경험이 있기 때문에 판독결과의 신뢰성에 문제가 되지 않을 것으로 생각한다. 둘째, 본 연구의 폐기종 양성률은 일개 진폐 정밀 진단기관에 내원한 정밀건강 진단자로부터 얻은 결과로 국내 전체 집단의 폐기종 유병률을 추정할 수 없다. 셋째, 폐기종의 범위 및 심한 정도에 따라 폐쇄성 폐기능 장애가 달라질 수 있는데, 본 연구는 후향적으로 분석한 연구결과로 폐기종의 정량적 평가는 이루어지지 않았다. 따라서, 향후에는 전향적인 연구를 통해 저선량 CT의 폐기종에 대한 정량적인 평가결과와 폐쇄성 폐기능 장애 위험에 대한 관련성을 알아볼 필요가 있겠다. 넷째, 단순 디지털 촬영에서 폐쇄성 폐기능 장애와 폐기종 유병률에 관련 있는 대음영자만을 본 연구대상에서 제외하였고, 일부 소견을 보인 만성 기관지염(chronic bronchitis) 등 폐활량 검사결과에 영향을 줄 수 있는 다른 소견을 충분히 고려하지 못했다. 하지만 동일 대상자의 폐기종 소견에 대한 두 영상 간에 차이를 분석하였기 때문에 폐기능에 영향을 줄 수 있는 일부 소견이 있었을지라도 본 연구의 의미에 영향을 미치지는 않았을 것으로 생각된다.

위와 같이 본 연구는 일부 제한점이 있었지만, 저선량 CT에서 폐기종 소견을 보인 그룹이 보이지 않은 그룹 보다 폐활량 검사결과가 낮아 폐쇄성 폐기능 장애의 양성률이 높게 나타남으로서 이전의 고해상도 CT 연구결과와 마찬가지로 저선량 CT의 폐기종 소견으로부터도 호흡 장애 및 폐쇄성 폐기능 장애의 위험을 예측할 수 있었다. 하지만, 저선량 CT는 폐기종을 발견하는데 있어 단순 디지털 촬영 보다 유의하게 높은 민감도를 보였음에도 불구하고, 폐기능에 영향을 주지 않는 초기 단계 폐기종 진단으로 폐쇄성 폐기능 장애의 위험을 예측 하는데는 낮은 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구결과는 초기 단계에 있는 저선량 CT의 폐기종 소견과 폐활량 검사결과와의 관련성에 대한 연구에 기초자료로 사용될 것으로 기대하며, 분진 노출 집단을 대상으로 한 저선량 CT에 의한 첫 보고라는 점에서 의미가 있다. 하지만, 일부 연구결과에서 저선량 CT는 초기 단계 폐기종을 발견하는데 있어 낮은 민감도를 보임으로서 신뢰성 있는 폐기종 진단방법으로 사용하기 위해서는 지금까지 널리 사용되고 있는 고해상도 CT와 비교한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Thurlbeck WM, Müller NL. Emphysema: definition, imaging, and quantification. AJR Am J Roentgenol 1994;163:1017-25.
2. Kim HK, Lee SD. Pathophysiology of chronic obstructive pulmonary disease. Tuberc Respir Dis 2005; 59:5-13.
3. Litmanovich D, Boiselle PM, Bankier AA. CT of pulmonary emphysema--current status, challenges, and future directions. Eur Radiol 2009;19:537-51.
4. Bauer TT, Heyer CM, Duchna HW, Andreas K, Weber A, Schmidt EW, et al. Radiological findings, pulmonary function and dyspnea in underground coal miners. Respiration 2007;74:80-7.
5. Horiuchi N, Fujita J, Suemitsu I, Yamasaki Y, Higa F, Tateyama M. Low-dose multislice CT and high-resolution CT assessment of pulmonary emphysema in public school teachers. Lung 2007;185:25-30.
6. Lee SM, Hur J, Kim TH, Kim SJ, Kim HJ. Quantitative assessment of lung volumes using multi-detector row computed tomography (MDCT) in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). J Korean Radiol Soc 2008;59:91-7.
7. Kang JH, Chun JH, Gu HW, Ko KS, Yu BC, Sohn HS, et al. Diagnostic meaning of high resolution computed tomography compared with chest radiography for screening of welder's lung. J Prev Med Public Health 1996;29:853-62.
8. Kim KI, Choi SJ, Sohn HS, Lee JW, Jung DH, Lee SH, et al. High-resolution CT findings of welders' pneumoconiosis. J Korean Radiol Soc 1996;34:367-71.
9. Kim KA, Kim JH, Chang HS, Ahn HS, Lim Y, Yun IG. The diagnostic role of HRCT in simple pneumoconiosis. Korean J Prev Med 1996;29:471-82.
10. Jung EJ, Kim YK, Lee YM, Kim KU, Uh ST, Kim YH, et al. The correlation of dyspnea and radiologic quantity in patients with COPD. Tuberc Respir Dis 2009; 66:288-94.
11. Naidich DP, Marshall CH, Gribbin C, Arams RS, McCauley DI. Low-dose CT of the lungs: preliminary observations. Radiology 1990;175:729-31.
12. Diederich S, Wormanns D, Heindel W. Lung cancer screening with low-dose CT. Eur J Radiol 2003;45:2-7.
13. Gierada DS, Pilgram TK, Whiting BR, Hong C, Bierhals AJ, Kim JH, et al. Comparison of standard- and low-ra-

diation-dose CT for quantification of emphysema. AJR Am J Roentgenol 2007;188:42-7.
14. Sim YS, Ham E, Choi KY, Lee SY, Kim SC, Kim YK, et al. Longitudinal evaluation of lung function associated with emphysema in healthy smokers. Tuberc Respir Dis 2010;69:177-83.
15. Omori H, Nakashima R, Otsuka N, Mishima Y, Tomiguchi S, Narimatsu A, et al. Emphysema detected by lung cancer screening with low-dose spiral CT: prevalence, and correlation with smoking habits and pulmonary function in Japanese male subjects. Respirology 2006;11:205-10.
16. Lopes AJ, Mogami R, Capone D, Tessarollo B, de Melo PL, Jansen JM. High-resolution computed tomography in silicosis: correlation with chest radiography and pulmonary function tests. J Bras Pneumol 2008;34:264-72.
17. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI). Guideline of quality assurance for pneumoconiosis [Internet]. Incheon: OSHRI; 2010 [cited: Mar 10, 2010]. Available from: http://oshri.kosha.or.kr/board?tc=RetrieveBoardViewCmd&boardType=A&contentId=208741&pageNum=1&urlCode=T1|Y|404|371-|||||/board&tabId.
18. International Labour Office (ILO). Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconioses. Revised ed. Geneva: International Labour Office; 2002.
19. Friedman PJ. Imaging studies in emphysema. Proc Am Thorac Soc 2008;5:494-500.
20. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005;26:319-38.
21. Korean Statistical Information Service. The cause of death statistics [Internet]. Daejeon: Korea National Statistical Office [cited: March 10, 2010]. Available from: http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp.
22. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Hamberg LM, Blake MA, Shepard JA, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. Radiology 2004;230:619-28.