

폐질환 선별검사를 위한 저선량 CT영상의 관상동맥 석회화 소견으로부터 폐쇄성 관상동맥질환 예측: 석회화수치 CT검사와 비교

Prediction of Obstructive Coronary Artery Disease by Coronary Artery Calcification Finding on Low-dose CT Image for screening of lung diseases: Compared with Calcium Scoring CT

이원정

근로복지공단 직업성폐질환연구소 임상연구팀

Won-Jeong Lee(atomlwj@yahoo.co.kr)

요약

분진에 노출 되었던 집단을 대상으로 폐질환 선별검사를 위해 시행한 저선량 CT영상의 관상동맥 석회화 소견과 석회화수치 CT검사 결과를 비교 분석하였다. 연구윤리심의위원회의 승인과 연구대상자로부터 동의서를 받은 후, 과거 분진에 노출된 직업력을 갖고 있는 61명의 남자를 대상으로 폐질환의 선별검사를 위해 저선량 CT촬영과 석회화수치 CT검사를 동시에 실시하였다. 저선량 CT영상(Axial image)은 영상의학과 전문의로부터 진폐 소견 및 폐질환과 관상동맥 석회화소견에 대해 판독하였고, 석회화수치 CT검사로부터 얻은 기초 영상(Raw image)은 별도의 워크스테이션으로 보내져 상업적인 라피디아 소프트웨어(ver 2.8)를 이용하여 관상동맥 석회화수치를 구하였다. 저선량 CT영상에서 석회화소견을 보이지 않은 그룹(42명, 68.9%)과 보인 그룹(19명, 31.1%)사이에 총 석회화(13.68 vs. 582.93, p=.009), 좌전하행관상동맥 (3.15 vs. 248.95, p=.006)의 석회화수치가 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, 좌주관상동맥, 좌회전관상동맥, 우관상동맥에서 석회화소견을 보인 그룹에서 높게 나타났다(p>0.05). 저선량 CT영상의 석회화소견은 석회화수치 CT검사의 석회화수치 100에서 가장 높은 일치도(K-value=0.80, 95% 신뢰구간=0.69-0.91)를 보였다. 폐질환을 조기 발견하기 위해 시행된 저선량 CT영상에서 보여진 석회화소견은 석회화수치 검사결과와 높은 관련성을 보임으로써 폐쇄성 관상동맥질환을 예측할 수 있는 것으로 사료된다.

■ 중심어 : | 폐쇄성 관상동맥질환 | 저선량 CT | 석회화수치 검사CT | 관상동맥 석회화 |

Abstract

To compare between calcium scoring CT (CSCT) and Low-dose CT (LDCT) image finding for coronary artery calcification (CAC) in screening of lung disease by MDCT. A total of 61 subjects who retired-workers exposed to inorganic dust were performed LDCT and CSCT by using a MDCT scanner on the same day, after be approved by the institutional review board, and obtaining the written informed consent from all subjects. LDCT images were read for detecting lung diseases as well as CAC by a experienced chest radiologist, then the subjects were divided either the positive group with CAC or the negative group without it. The CSCT was used to quantify and detect the presence of calcification in the coronary artery, and score of CAC calculated by using a Rapidia software (ver 2.8). In all coronary arteries, calcium score of positive group was higher better than that in negative group, especially in the total calcium (13.7 vs. 582.9, p=0.008) and the left anterior descending artery (3.2 vs. 249.0, p=0.006). CAC findings between CSCT and LDCT image were showed excellent agreement in cut-off point 100(K-value=0.80, 95% CI=0.69-0.91) from total calcium score. CAC findings on LDCT images showed the higher relation with CSCT. Therefore, the obstructive coronary artery disease could be predicted by CAC on LDCT images for screening of lung diseases.

■ keyword : | Obstructive Coronary Artery Disease | Low-dose CT | Calcium Scoring CT | Coronary Artery Calcification |

I. 서론

최근 국내에서 사망률이 계속 증가 추세에 있는 폐쇄성 관상동맥질환(OCAD, Obstructive Coronary Artery Disease)은 위험요인을 갖고 있는 사람에서 서서히 진행하기 때문에 조기에 발견하여 적절한 관리 및 치료가 이루어지면 예방이 가능하여 증상 발현전 선별검사는 매우 중요하다.

폐쇄성 관상동맥질환의 예측인자로 알려진[1-3] 관상동맥 석회화소견은 관상동맥의 협착(Stenosis)이나 폐쇄(Obstruction)를 일으켜 심장근육에 혈액공급이 부족하게됨으로서 허혈성 심장질환(Ischemic Heart Disease)을 일으키게 된다. 관상동맥의 석회화소견을 진단할 수 있는 영상의학적 방법으로는 단순 흉부영상(Simple Chest Radiograph)에서 보일 수도 있지만 민감도가 낮아[4-6], 고식적 관상동맥 혈관조영술(Conventional Coronary Angiography)이 표준 진단(Gold Standard)방법으로 사용되어 왔고, 수년전부터는 다중검출기 CT (MDCT, Multi-detector Computed Tomography)에 의한 비 침습적인(Non-invasive) 관상동맥 혈관조영술이 실시되기 시작하였고, 그후 지속적인 기술개발로 공간 분해능(Spatial Resolution)과 시간 분해능(Temporal Resolution)의 향상과 함께 다양한 영상 재구성 가능성이 가능하여 최근에는 침습적인 고식적 관상동맥 혈관조영술을 대신하여 표준 진단 방법으로 자리 잡고 있다[1][7].

하지만, MDCT에 의한 관상동맥 혈관조영술은 다른 관상동맥질환 검사에 비해 고가의 검사비용 및 높은 방사선 노출, 조영제 사용으로 인한 부작용 등으로 위험요인을 갖고는 있지만 무증상 집단의 선별검사로서는 적절하지 못하다[8][9].

이와 같은 배경하에, 폐쇄성 관상동맥질환 선별검사 목적으로 개발된 관상동맥 석회화수치 CT검사(Calcium Scoring CT)는 저가의 검사비용, 낮은 방사선 노출, 조영제를 사용하지 않고도 각각의 관상동맥에 대한 석회화의 정량화(Quantification)가 가능하고[10] [11], MDCT에 의한 관상동맥 혈관조영술과 높은 일치도를 보임으로써 폐쇄성 관상동맥질환의 위험을 예측할 수

있는 진단방법으로 사용할 수 있다[3][12]. 또한, 폐암 및 다른 폐질환의 선별검사를 위한 저선량 CT (Low-dose CT)영상에서 보여진 관상동맥 석회화소견은 석회화수치 CT검사 결과와도 높은 관련성을 보였다 [13-15].

한편, 고혈압, 나이, 성별, 당뇨병, 심혈관질환의 가족력, 고지혈증, 비만 등이 관상동맥질환의 전통적인 위험요인인 것은 이미 알려져 있고[12][16][17], 분진에 노출된 집단[18]과 진폐 요양환자[19]에서도 관상동맥질환에 의한 사망률이 높은 것으로 보고된 바 있지만, 국내에서는 아직까지 분진 노출 집단이나 진폐 요양환자의 관상동맥질환으로 인한 사망률 뿐만 아니라 관상동맥 석회화소견과의 관련성에 대해서도 보고된 바 없다.

따라서, 본 연구의 목적은 분진에 노출되었던 집단을 대상으로 폐질환의 선별검사를 위해 시행된 저선량 CT 영상의 관상동맥 석회화소견과 폐쇄성 관상동맥질환을 예측할 수 있는 석회화수치 CT검사와 비교 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상자

과거 분진에 노출된 직업력을 갖고 있는 61명의 남자를 연구대상자로 선정 후 구조화된 설문지를 통해 나이, 분진노출기간, 흡연력 등의 개인정보를 확보하였다. 평균 연령 60.4세(범위: 45.9세-75세)였고, 분진노출기간은 19년(범위: 4년-40년)이었다. 흡연력은 비흡연자 7명(11.5%), 과거흡연자 33명(54.1%), 현재흡연자 21명(34.4%)으로 조사되었다.

우리연구소 자체연구과제 수행을 위해 기관연구윤리심의위원회의 승인과 연구참여동의서를 받은 후 흉부 저선량 CT촬영과 관상동맥 석회화수치 CT검사가 이루어졌고(Brilliance 16, Philips, The Netherlands), 본 연구에서는 두 검사에서 얻은 관상동맥 석회화 소견만을 후향적으로 비교 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 단순 흉부영상 소견

진폐 심사를 위한 단순 흉부영상은 amorphous silicon 디텍터를 이용한 디지털촬영(초점-필름간거리 180 cm, 관전압 125 kVp, 격자비 12:1, 조사시간 automatic exposure control)으로부터 얻었다(Digital Diagnost, Philips, The Netherlands). 모든 영상은 흉부 영상의학과 전문의 6명으로 구성된 진폐심사위원회에서 2명의 판독자가 국제노동기구 가이드라인에 따라(ILO, 2000) 아날로그 표준 사진을 참조하여 합의판독한 진폐 소음영 결과에서 진폐증자(병형 >0/1)의 빈도를 알아보았다.

2.2 저선량 CT촬영

폐질환 선별검사를 위한 저선량 CT촬영은 심전도를 동조화하지 않고(ECG-ungated) 실시하였다[표 1]. 저선량 CT촬영으로 얻은 원천 측면 영상(Row Axial Image, 2mm thickness/1mm increment)을 진폐 판독 경험이 많은 영상의학과 전문의가 진폐 소견(Pneumonia Nodule)을 포함한 기타 폐질환과 각각의 관상동맥(좌주관상동맥, 좌전하행관상동맥, 좌회선관상동맥, 우관상동맥)에 대해 판독한 결과에서 관상동맥 석회화 소견을 보이지 않은 그룹(Negative)과 보인 그룹(Positive)으로 분류하였다. 판독자는 환자 정보 및 석회화수치 CT검사 결과를 전혀 알지 못한 상태에서 판독 하였다.

2.3 관상동맥 석회화수치 CT검사

심전도 동조화(ECG-gated)에서 관상동맥 석회화수치 CT검사를 실시하였고[표 1], 원천 영상(Row Image)을 별도의 워크스테이션으로 전송하여 상업적인 라피디아 소프트웨어(ver 2.8)를 이용하여 각각의 관상동맥(좌주관상동맥, 좌전하행관상동맥, 좌회선관상동맥, 우관상동맥)에 대한 석회화수치 결과를 얻었다. 총 석회화수치(Total Calcium Score)로부터 폐쇄성 관상동맥 질환의 발생 위험에 따라 4개 그룹(Total Calcium Score 0-10=low, 11-100=moderate, 101-400=high, over 400=very high)으로 나눈 후, 다시 두 그룹(총 석회화 수치 ≤100 그룹, >100 그룹)으로 분류하였다[3].

2.4 통계 분석

모든 통계 분석은 SPSS 14.0을 사용하였고, 저선량 CT영상에서 관상동맥 석회화소견을 보이지 않은 그룹과 보인 그룹 사이에 총 석회화수치 및 각각의 관상동맥에 대한 석회화수치의 평균값을 Independent t-test을 이용하여 비교하였고, 관상동맥 석회화에 대한 저선량 CT영상 소견과 석회화수치 CT검사 결과의 총 석회화수치 절단점(Cut-off Point)에 따른 일치도를 kappa 분석(K-value < 0.20=poor, 0.21-0.40=fair, 0.41-0.60=moderate, 0.61-0.80=good, 0.81-1.00=excellent)을 통해 평가하였다[20].

표 1. Scanning parameters of LDCT and CSCT

Parameter	LDCT	CSCT
kVp	120	120
mAs	30	55
ECG	Ungated	Gated
DLP (mGy×cm)*	73.6±4.55	47.3±4.60
ED (mSv)†	1.25±0.08	0.80±0.08
Th/In (mm)	2/1	3/24
Scan range	Lung apex to diaphragm	Carina to cardiac apex

LDCT : Low-dose CT. CSCT : Calcium scoring CT. ECG : Electro-cardiographic triggering. ED : Effective dose. Th/In : Thickness/Increment. * : Dose length product. † : DLP × 0.017(chest constant).

III. 결 과

1. 저선량 CT영상 소견

전체 61명에서 10명(16.4%)이 저선량 CT영상 소견에서 어떤 질환도 발견되지 않았으며, 51명(83.6%)은 한가지 이상의 소견(abnormal finding)을 갖고 있었다[표 2]. 소견이 있는 51명 중에서 진폐 결절 소견이 25명(49.0%)으로 가장 많은 빈도를 보였고, 관상동맥 석회화소견 19명(37.3%), 무기폐 14명(27.5%), 폐기종 11명(21.6%), 비활동성 폐결핵 10명(19.6%), 기관지 확장증 2명(3.9%) 순으로 나타났으며, 5명은 폐질환 이외의 소견을 보였다.

표 2. Finding distribution confirmed on low-dose CT image

N=51		
Finding	No	%
Pneumoconiosis nodule	25	49.0
Coronary artery calcification	19	37.3
Atelectasis	14	27.5
Emphysema (bullae)*	11(5)	21.6(9.8)
Inactive tuberculosis	10	19.6
Fibrotic change	6	11.8
Granuloma	2	3.9
Bronchiectasis*	2	3.9
Other †	5	9.8

* : Pneumoconiosis complication, † : Stones in gall bladder, calcification and cyst in liver, lipoma at abdominal wall, mass at tail of pancreas

2. 저선량 CT영상과 석회화수치 CT검사에서 석회화소견에 따른 일반적인 특성 비교

저선량 CT영상에서 석회화소견을 보인 그룹과 석회화수치 CT검사에서 석회화수치 100초과 그룹에서 통계학적으로 유의하게 차이가 많았지만, 분진노출기간과 현재 또는 과거흡연자의 빈도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다[표 3]. 단순 흉부영상에서 진폐증자의 빈도는 두 검사 모두 석회화소견을 보인 그룹(석회화수치 CT검사에서는 석회화수치 >100 그룹)에서 높았고, 특히 석회화수치 CT검사에서는 유의한 차이를 보였다.

표 3. Demographics comparison according to coronary artery calcification finding in low-dose CT and calcium scoring CT

Parameter	Low-dose CT			Calcium scoring CT		
	Negative (n=42)	Positive (n=19)	P-value	≤100 (n=45)	>100 (n=16)	P-value
Age (year)	58.8 ±7.4	64.0 ±8.0	.016	59.0 ±7.3	64.5 ±8.3	.015
DED (year)	19.2 ±8.1	18.8 ±7.0	.857	19.0 ±8.0	19.1 ±7.2	.968
Smoker (%)*	88.1	89.5	1.000	88.9	87.5	1.000
CWP(%)†	57.1	78.9	.101	55.6	87.5	.022

Continuable variables were analyzed by Independent t-test, and Chi-square test for categorical variables. DED : Dust-exposed duration, CWP : Coal workers pneumoconiosis. * : Current or Ex-smoker. † : Profusion>0/1

3. 저선량 CT영상에서 석회화소견에 따른 석회화수치

총 대상자 61명 중에서 저선량 CT영상에서 석회화소견을 보이지 않은 그룹(Negative) 42명(68.9%)과 보인 그룹(Positive) 19명(31.1%)의 빈도를 보였다. 저선량 CT영상의 석회화소견을 보인 그룹에서 모든 관상동맥의 석회화수치가 높았고[표 4], 특히 총 석회화(p=.008)와 좌전하행관상동맥(p=.006)에서는 통계학적인 유의한 차이를 보였다. 두 그룹사이 가장 큰 차이를 보인 것은 우관상동맥(3.5±11.6 vs. 283.7±590.8, p=.053)이었고, 우관상동맥, 좌전하행관상동맥, 좌회선관상동맥 그리고 좌주관상동맥 순으로 낮은 석회화수치를 보였다[그림 1].

표 4. Comparison of calcium score in each coronary artery according to calcification findings of low-dose CT

Coronary artery	Low-dose CT		P-value*
	Negative (n= 42, 68.9%)	Positive (n= 19, 31.1%)	
Total calcium	13.7±30.7	582.9±826.1	.008
Lt-main	0.9±4.8	7.8±20.4	.162
LAD	3.2±10.6	249.0±342.9	.006
CRX	6.1±22.6	42.5±97.7	.126
RCA	3.5±11.6	283.7±590.8	.053

Lt-main : main left coronary artery, LAD : left anterior descendingartery, CRX : left circumflex artery, RCA : right coronary artery. * : Independent t-test

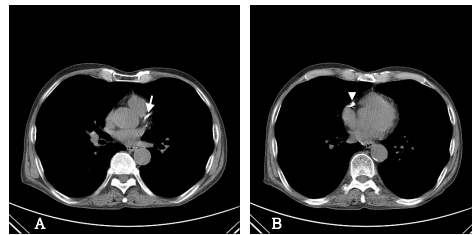


그림 1. A 71-year old man with dust-exposed duration of 30years. Axial low-dose CT images reveal the severe calcification in the left anterior descending artery with calcium score of 472.2 (A, white arrow) and in the right coronary artery with calcium score of 2125.6 (B, arrow head).

4. 관상동맥 석회화에 대한 저선량 CT영상과 석회화수치 CT검사의 관련성

관상동맥 석회화에 대한 저선량 CT영상의 석회화소견과 석회화수치 CT검사에서 석회화수치에 따른 일치도를 분석한 결과[표 5], 총 석회화수치 100에서 가장 높은 일치도(K-value=.80)를 보였고, 총 석회화수치 50, 1, 그리고 400에서 각각 0.78, 0.56, 그리고 0.45의 일치도를 보였다.

표 5. Agreement of calcium scoring CT and low-dose CT for coronary artery calcification finding

Total calcium score	K-value*	SE	95% CI
1	0.56	0.04	0.47-0.64
50	0.78	0.05	0.67-0.88
100	0.80	0.05	0.69-0.91
400	0.45	0.05	0.35-0.55

SE : standard error, CI : confidence interval. * : k-value<0.20=poor, 0.21-0.40=fair, 0.41-0.60=moderate, 0.61- 0.80=good, 0.81-1.00=excellent

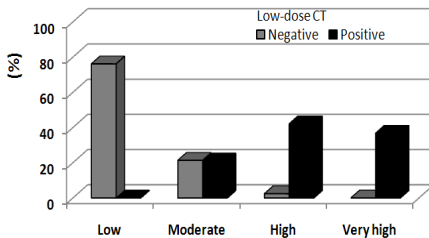


그림 2. Relationship between Low-dose CT finding and obstructive coronary artery disease risk (OCAD risk). OCAD risk is classified into four groups from total calcium score as follows: low=0-10, moderate=11-100, high= 101-400, very high=over 400. Statistical analysis was performed by linear by linear (p=.000).

총 석회화수치에 따라 폐쇄성 관상동맥질환의 위험도를 4개 그룹으로 나누어 저선량 CT영상의 석회화소견을 보이지 않은 그룹과 보인 그룹사이에 분포를 비교한 결과[그림 2]에서 저선량 CT영상에서 석회화소견을 보인 그룹에서 폐쇄성 관상동맥질환의 위험이 증가할수록 대상자의 빈도(low 76.2% vs. 0.0%, moderate

21.4% vs. 21.1%, high 2.4% vs. 42.1%, very high 0.0% vs. 36.8%)가 통계학적으로 유의하게 증가 하였다 (p=.000).

IV. 고찰

MDCT 검사에 의해 발견된 관상동맥 석회화소견은 폐쇄성 관상동맥질환을 일으킬 수 있는 독립적인 위험요인[13]으로 저선량 CT영상과 관상동맥 석회화수치 CT검사로 발견 및 정량화가 가능하다. 또한, 이미 알려진 성별, 나이, 흡연, 비만, 고혈압, 당뇨병, 가족력 등의 관상동맥질환의 전통적인 위험요인을 보정 후에도 석회화수치가 증가할 수록 사망위험이 높아지는 것으로 나타났다[21].

영국에서 분진에 노출되었던 대규모 코호트를 대상으로 사망원인을 연구한 결과에서 일반인 집단보다 심혈관질환으로 인한 표준화 사망률(SMRs, Standardised Mortality Ratios)이 증가하였고[18], 분진에 노출되었던 진폐 요양환자에서 관상동맥질환을 포함한 심혈관질환으로 인한 사망이 전체 사망자의 50%에 이르는 것으로 보고[19] 된 바 있어 분진 노출로 인한 진폐증이 새로운 관상동맥질환의 위험요인으로서의 가능성을 시사하고 있지만 석회화소견과의 연관성에 대한 연구는 아직까지 보고된 바 없다.

본 연구의 저선량 CT영상에서 석회화소견을 보인 그룹과 석회화수치 CT검사 결과에서 석회화수치 100초과 그룹에서 진폐증자의 빈도가 높게 나타난 결과로부터 분진 노출에 의한 진폐증이 관상동맥 석회화의 발생과 관련성이 있는 것으로 추측할 수 있다. 하지만, 이미 알려진 위험요인을 고려하지 않아 통계학적인 의미를 갖을 수 없어 향후 전향적인 추가적인 연구가 필요하다.

폐야 및 종격동, 흉막의 진단을 위한 흉부 CT촬영에서 우연히 폐 이외의 질환을 발견할 수 있다. Lim 등[22]의 비전형적인 흉통을 호소하는 사람 96명을 대상으로 한 저선량 흉부 CT와 MDCT 관상동맥 혈관조영술을 시행한 연구에서 관상동맥의 의미있는 협착이 있는 경우는 7명뿐 이었고, 협착이 없던 89명중 18명이 폐

기준, 무기폐, 기관지확장증 등의 폐질환의 소견을 보였고, 흉부에서 특별한 이상소견이 없었던 70명중 12명은 소화기질환으로 진단되었다. 우리연구의 저선량 CT영상 판독소견에서 진폐 소견을 시사하는 결절(Complicated Pneumoconiosis Nodules)이 폐질환 유소견자 51명중 49%로 가장 높은 빈도를 보였고, 진폐합병증인 폐기종과 기관지 확장증이 발견되었다. 또한, 폐질환이 외에 담석, 간 석회화 및 낭종, 췌장 종양 등이 발견되었다.

나이, 흡연은 관상동맥질환의 위험요인으로 이미 알려져 있는 바와 같이[14][16], 나이 증가와 더불어 관상동맥의 석회화수치도 증가한다[1]. 우리연구의 저선량 CT영상 석회화 소견을 보인 그룹과 석회화수치 CT검사서 석회화수치 100초과 그룹에서 나이가 유의하게 많았다($p<.05$). Kim 등[16]의 관상동맥질환 환자-대조군연구에서 흡연율이 환자군에서 63.0%로 대조군의 55.8% 보다 유의하게 높게 나타났지만, 우리연구에서는 저선량 CT영상과 석회화수치 CT검사서 석회화소견에 따른 현재/과거 흡연자의 빈도는 유의한 차이를 보이지 않았고, 데이터를 나타내지 않았지만 비흡연자, 과거흡연자, 현재흡연자 순으로 석회화수치 CT검사서 총 석회화수치가 증가하였다($p=.354$). 이는 Schermund 등[12]의 석회화수치 CT검사에서는 흡연 상태에 따라 총 석회화수치의 유의한 차이가 없었다는 연구결과와 일치하였다.

관상동맥 석회화소견 여부가 반드시 유의한 협착을 의미하는 것은 아니지만, 폐압과 폐질환을 조기발견하기 위해 얻어진 저선량 CT영상에서 관상동맥의 석회화를 발견하는데 있어 높은 양성예측도(97%)와 음성예측도(98%)를 보였고[15], Timins 등[23]의 연구결과에서는 CT로부터 진단된 관상동맥의 석회화는 관상동맥질환의 발생과 임상적으로 의미 있는 88~100%의 높은 양성예측도(Positive Predictive Value)를 보였다. Lau 등[24]의 연구에서 석회화 수치가 50 이상일 때 관상동맥 협착을 발견하는데 가장 높은 민감도와 특이도를 보였고, 관상동맥의 각 혈관(Vessel)과 분절(Segment)의 협착($\geq 50\%$ Stenosis)이 있는 그룹과 없는 그룹사이에 석회화 수치를 비교했을 때 모두 통계학적인 유의한 차이를 보였으며($p<.001$), 협착 혈관의 수와 석회화 수치사

이에도 높은 상관성을 보였다(Spearman $r=.75$). 이 결과로부터 우리연구의 저선량 CT영상의 석회화소견을 보인 그룹에서 좌전하행관상동맥과 우관상동맥은 유의한 관상동맥 협착을 의심할 수 있다.

Arad 등[20]의 연구결과에서 총 석회화수치의 절단점(Cut-off Point)을 100으로하여 죽상경화심혈관질환(ACD, Atherosclerotic Cardiovascular Disease)의 상대 위험도(Relative Risk)는 9.6(6.7-13.9)배로 유의하게 높게 나타났다. 또한, Rumberger 등[11]의 관상동맥질환을 진단하는데 협착의 심한 정도를 예측하는데 고식적인 혈관조영술을 표준 진단(Gold Standard)으로 하여 총 석회화수치의 절단점 100에서 협착의 정도가 60%이상이었고 가장 높은 민감도와 특이도를 보였다. 따라서, 우리연구의 저선량 CT영상에서 확인할 수 있는 석회화소견과 석회화수치 CT검사의 석회화수치 절단점 100에서 가장 높은 일치도를 보임으로써 저선량 CT영상에서 보여진 석회화소견으로부터 폐쇄성 관상동맥질환을 예측할 수 있을 것으로 생각되고, 저선량 CT영상의 석회화소견과 관상동맥 석회화수치 CT검사서 높은 일치도를 보인 것은 두 검사 모두 방사선의 조직 감약 계수(HU, Hounsfield Unit)의 차이에 따라 영상으로 보여지거나 수치로 정량화되기 때문이다.

관상동맥 총 석회화수치에 따라 폐쇄성 관상동맥질환의 위험도(매우 낮음, 보통, 높음, 매우 높음)가 증가할 수 있는데[3], 우리연구 결과에서도 총 석회화수치에 따라 폐쇄성 관상동맥질환의 위험도를 분류했을 때 위험도가 높아짐에 따라 저선량 CT영상에서 석회화소견을 보인 대상자의 빈도가 유의하게 증가하였다.

하지만, 관상동맥질환은 감쇠계수 50 HU 이하의 석회화 침착이 없는 연반(Soft Plaque)에 의해서도 일어날 수 있지만[25][26], 석회화수치 CT검사에서는 발견되지 않을 수 있기 때문에 비록 석회화수치가 없더라도 관상동맥질환이 없는 것을 보장할 수 없다[27][28]. 따라서, 100이하의 낮은 석회화수치가 발견되었을 때는 석회화수치 CT검사의 낮은 특이도 때문에 MDCT 관상동맥 혈관조영술을 시행함으로써 민감도를 높일 수 있어[29], 우리연구 결과에서 100이하의 석회화수치를 보인 16명은 MDCT 관상동맥 혈관조영술을 실시하여

확인할 필요가 있다.

본 연구는 후향적 연구로 몇가지 제한점을 갖고 있다. 첫째, 관상동맥질환의 위험요인으로 알려진 고혈압, 당뇨, 고지혈증 등에 대한 요인을 충분히 고려하지 않아 석회소견을 보인 그룹에서 진폐증자의 빈도가 높았을 지라도 통계학적인 의미를 부여할 수 없다. 따라서, 분진 노출로 인한 진폐증이 폐쇄성 관상동맥질환의 위험요인임을 규명하기 위해서는 향후 전통적인 위험요인을 고려한 대규모 전향적인 연구가 필요하다. 둘째, 각각의 관상동맥 석회화소견에 대해 저선량 CT영상과 석회화수치 CT검사결과와 비교하지 못했다. 하지만 본 연구에서 얻은 의미 있는 결과는 향후 연구의 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 셋째, 폐쇄성 관상동맥질환의 표준 진단방법인 MDCT 관상동맥 혈관조영술을 시행하지 않아 정확도를 평가할 수 없었지만, 본 연구는 관상동맥 석회화소견에 대한 저선량 CT영상과 관상동맥 석회화수치 CT검사를 비교한 신뢰성평가에 목적을 두었기 때문에 의미 있는 결과라고 생각한다.

V. 결론

본문에 노출되었던 그룹을 대상으로 시행한 저선량 CT영상의 관상동맥 석회화소견과 석회화수치 CT검사와 높은 일치도를 보임으로써 저선량 CT영상에서 보여진 관상동맥 석회화소견은 폐쇄성 관상동맥질환을 예측할 수 있는 것으로 사료되고, 향후 MDCT 관상동맥 혈관조영술을 표준으로 한 전향적인 대규모 연구를 통해 진폐증이 관상동맥질환과 연관성이 있는지 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 이상훈, 홍용국, 박성일, 이향미, 최규옥, “전자선 단층촬영의 관상동맥 석회수치와 폐쇄성 관상동맥질환의 상관관계에 관한 연구,” *대한영상의학회지*, 제39권, 제2호, pp.293-299, 1998.
- [2] W. Stanford, “Coronary Artery Calcification as an Indicator of Preclinical Coronary Artery Disease,” *RadioGraphics*, Vol.19, No.6, pp.1409-1419, 1999.
- [3] M. J. Pletcher, J. A. Tice, M. Pignone, and W. S. Browner, “Using the coronary artery calcium score to predict coronary heart disease events: a systematic review and meta-analysis,” *Arch Intern Med*, Vol.164, No.12, pp.1285-1292, 2004.
- [4] A. S. Souza, P. R. Bream, and L. P. Elliott, “Chest film detection of coronary artery calcification: the value of the CAC triangle,” *Radiology*, Vol.129, No.1, pp.7-10, 1978.
- [5] M. J. Kelley and J. D. Newell, “Chest radiography and cardiac fluoroscopy in coronary artery disease,” *Cardiol Clin*, Vol.1, No.4, pp.575-585, 1983.
- [6] E. Tamiya, H. Matsui, T. Nakajima, Y. Hada, and K. Asano, “Detection of coronary artery calcification by x-ray computed tomography and Its significance: A new CT scoring technique,” *Angiology*, Vol.43, No.1, pp.22-31, 1992.
- [7] S. M. Ko, J. G. Yi, C. W. Nam, and D. H. Kim, “The diagnostic accuracy of the 64-slice multi-detector CT coronary angiography for the assessment of coronary artery stenosis in symptomatic patients,” *J Korean Radio Soc*, Vol.59, No.4, pp.225-234, 2008.
- [8] 김동훈, 최상일, 전은주, 장성아, 최의근, 장혁재, 최동주, 이활, 박재형, “관상동맥 전산화단층촬영 혈관조영술: 새로운 진단기법으로서 임상에서의 적응증 및 역할을 중심으로,” *대한영상의학회지*, 제56권, 제5호, pp.461-472, 2007.
- [9] 김상태, 최지원, 조정근, “열형광선량계를 이용한 16-MDCT와 64-MDCT의 관상동맥 CT 혈관조영술 시 선량평가,” *한국콘텐츠학회논문지* 제10권, 제6호, pp.336-343, 2010.

- [10] A. S. Agatston, W. R. Janowitz, F. J. Hildner, N. R. Zusmer, M. Jr. Viamonte, and R. Detrano, "Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography," *J Am Coll Cardiol*, Vol.15, No.4, pp.827-832, 1990.
- [11] J. A. Rumberger, P. Sheedy, J. F. Breen, and R. S. Schwartz, "Electron beam computed tomographic coronary calcium score cut points and severity of associated angiographic lumen stenosis," *J Am Coll Cardiol*, Vol.29, No.7, pp.1542-1548, 1997.
- [12] A. Schmermund, D. Baumgart, G. Gorge, D. Gronemeyer, R. Seibel, K. R. Bailey, J. A. Rumberger, D. Paar, and R. Erbel, "Measuring the Effect of Risk Factors on Coronary Atherosclerosis: Coronary Calcium Score Versus Angiographic Disease Severity," *J Am Coll Cardiol*, Vol.31, No.6, pp.1267-1273, 1998.
- [13] 김미영, "흉부 CT판독 시 보이는 심장 관련 질환," *대한결핵 및 호흡기학회지*, 제56권, 제2호, pp.127-143, 2004.
- [14] J. Shemesh, C. I. Henschke, A. Farooqi, R. Yip, D. F. Yankelevitz, D. Shaham, and O. S. Miettinen, "Frequency of coronary artery calcification on low-dose computed tomography screening for lung cancer," *Clinical Imaging*, Vol.30, No.3, pp.181-185, 2006.
- [15] M. T. Wu, P. Yang, Y. L. Huang, J. S. Chen, C. C. Chuo, C. Yeh, and R. S. Chang, "Coronary arterial calcification on low-dose ungated MDCT for lung cancer screening: concordance study with dedicated cardiac CT," *AJR Am J Roentgenol*, Vol.190, No.4, pp.923-928, 2008.
- [16] 김기순, 류소연, 박종, 박종구, 김춘배, 천병렬, 이태용, 이강숙, 이덕희, 고광욱, 지선하, 서일, "관상동맥질환 위험요인 구명을 위한 코호트내 환자-대조군 연구," *예방의학학회지*, 제34권, 제2호, pp.149-156, 2001.
- [17] 문일봉, 손석준, "무증상 성인에서 심혈관질환 위험요소와 관상동맥 석회 수치와의 관계," *한국콘텐츠학회논문지*, 제10권, 제7호, pp.268-275, 2010.
- [18] B. G. Miller and L. MacCalman, "Cause-specific mortality in British coal workers and exposure to respirable dust and quartz," *Occup Environ Med*, Vol.67, No.4, pp.270-276, 2010.
- [19] W. L. Sanders, "Heart disease and pneumoconiosis," *Thorax*, Vol.25, pp.223-225, 1970.
- [20] Y. Arad, K. J. Goodman, M. Roth, D. Newstein, and A. D. Guerci, "Coronary calcification, coronary disease risk factors, C-reactive protein, and atherosclerotic cardiovascular disease events," *J Am Coll Cardiol*, Vol.46, No.1, pp.158-165, 2005.
- [21] L. J. Shaw, P. Raggi, E. Schisterman, D. S. Beriman, and T. Q. Callister, "Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery calcium screening for all-cause mortality," *Radiology*, Vol.228, No.3, pp.826-833, 2003.
- [22] 임수진, 추기석, 김창원, 김건일, 정연주, 김준홍, 이한철, 전국진, 김준, 전용배, "비전형적 흉통을 가진 환자를 평가하는데 있어 저선량 흉부 CT를 포함한 CT 관상동맥 조영술의 임상적 유용성: 예비보고서," *대한영상의학학회지*, 제58권, 제4호, pp.351-356, 2008.
- [23] M. E. Timins, R. Pinski, L. Sider, and G. Bear, "The functional significance of calcification of coronary arteries as detected on CT," *J Thorac Imaging*, Vol.7, No.1, pp.79-82, 1991.
- [24] G. T. Lau, L. J. Ridley, M. C. Schieb, D. B. Brieger, S. B. Freedman, L.A. Wong, S. K. Lo, and L. Kritharides, "Coronary artery stenoses: detection with calcium scoring, CT angiography, and both methods combined," *Radiology*, Vol.235, No.2, pp.415-422, 2005.
- [25] I. J. Kullo, W. D. Edwards, and R. S.

Schwartz, "Vulnerable plaque: Pathobiology and clinical implication," *Ann Intern Med*, Vol.129, No.12, pp.1050-1060, 1998.

[26] S. Schroeder, A. F. Kopp, A. Baumbach, C. Meisner, A. Kuettner, C. Georg, B. Ohnesorge, C. Herdeg, C. D. Claussen, K. R. Karsch, "Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multislice computed tomography," *J Am Coll Cardiol*, Vol.37, No.5, pp.1430-1435, 2001.

[27] 김명희, 김정호, 변성수, 황희영, 양달모, 김형식, "관상동맥 석회화가 없는 환자에서 다중검출기 CT를 이용한 동맥경화반의 평가: 110명을 대상으로 한 예비 연구," 대한영상의학회지, 제58권, 제1호, pp.29-37, 2008.

[28] D. B. Simons, R. S. Schwartz, W. D. Edwards, P. F. Sheedy, J. F. Breen, and J. A. Rumberger, "Noninvasive definition of anatomic coronary artery disease by ultrafast computed tomographic scanning: a quantitative pathologic comparison study," *J Am Coll Cardiol*, Vol.20, No.5, pp.1118-1126, 1992.

[29] C. Herzog, M. Britten, J. O. Bazer, M. G. Mack, S. Zangos, H. Ackermann, V. Schaechinger, S. Schaller, T Flohr, and T. J. Vogt, "Multidetector-row cardiac CT: diagnostic value of calcium scoring and CT coronary angiography in patients with symptomatic, but atypical, chest pain," *Eur Radiol*, Vol.14, No.2, pp.169-177, 2004.

저 자 소 개

이 원 정(Won-Jeong Lee)

정회원



- 2001년 2월 : 충남대학교 보건대학원(보건학석사)
- 2007년 2월 : 충남대학교 보건대학원(보건학박사)
- 2006년 6월 ~ 현재 : 근로복지공단 직업성폐질환연구소 책임

연구원

<관심분야> : 방사선 생물학, 분자 영상, 흉부 영상학