

나선식 CT를 이용한 관상동맥 석회음영 정량화의 유용성¹

최병욱 · 강면식² · 조승연³ · 심원흠³ · 정남식³ · 이도연 · 김만득

목 적: 나선식 CT를 이용하여 관상동맥 석회음영을 정량화함으로써 관상동맥질환을 예측할 수 있는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 관상동맥조영술로 진단된 관상동맥질환군 25예와 정상대조군 6예를 대상으로 나선식 CT를 시행하였다. 방법은 3mm 두께, 테이블 이동속도 3mm/sec로 심장전체의 부피영상을 얻은후, 2mm 절편두께로 재구성하여 얻어진 근위부 관상동맥의 연속된 30영상을 분석하고, 각 석회음영의 넓이에 최고음영의 점수를 곱하여 점수를 구하였다. 먼저 질환군과 대조군으로 나누어 석회음영의 총점을 비교한 다음 전체와 60세 이하의 연령군에 대한 각각의 민감도, 특이도, 양성예측도를 구하여 비교하였다.

결 과: 석회음영은 관상동맥 석회음영이 양성(총점>0)으로 나타난 예는 질환군에서 20예(80%), 대조군에서 2예(33%)였다. 이 때 민감도 80%, 특이도 67%, 양성예측도 91%였다. 60세 이하로 대상을 제한했을 때, 민감도 64%로 떨어지나 특이도는 80%로 올랐다. 석회음영 양성을 총점 10점 이상으로 정했을 때, 민감도 76%, 특이도 83%, 양성예측도 95%였다.

결 론: 나선식 CT를 이용하여 석회음영을 정량화하는 것은 젊은 연령층에서는 민감도가, 늙은 연령층에서는 특이도가 낮아 관상동맥질환을 예측하는데 비침습적인 진단방법으로써의 유용성이 떨어질 것으로 생각되나, 젊은 연령군에서는 석회음영이 있을때, 진행된 관상동맥질환이 있을 가능성이 매우 크므로 심장질환에 대한 조사가 시행되어야 할 것이다.

서 론

관상동맥질환으로 사망한 환자에서 조직병리학적 연구보고(1-4)에 의하면 관상동맥의 석회화와 협착성 죽종판형성(stenotic atheromatous plaque formation)은 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 여러 종류의 영상진단법으로 발견된 관상동맥의 석회음영이 관상동맥질환을 비침습적 방법으로 예측할 수 있다는 보고가 있다(4-6).

현재까지 보고된 바에 의하면 관상동맥의 석회화 진단에 가장 좋은 방법은 전자선 CT(electron beam CT)로 알려져 있으나, 이 기기는 심장 전용의 영상기기로 기계 가격이 너무 비싸 전세계적으로 몇대가 보급되어있지 않기 때문에 임상적 이용은 어려운 형편이다. 이에 연구자들은 근래에

새로이 개발되어 임상에 널리 이용되고 있는 나선식 CT(spiral CT)를 이용하여 관상동맥 석회화에 관한 연구를 시행하고자 하였다. 나선식 CT는 고식적 CT가 가지고 있는 문제점들을 보완하여 전자선 CT로 얻는 영상과 같은 영상을 얻을 것으로 기대되었다. 따라서 연구자들은 나선식 CT로 관상동맥 석회화를 정량화하여 관상동맥 협착과의 연관성을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

93년 12월부터 95년 2월까지 신촌세브란스병원에서 관상동맥조영술을 시행하여 하나 또는 그이상의 관상동맥에서 50%이상 지름의 감소가 확인되어 관상동맥폐색성 질환으로 진단된 환자중 25예를 질환군으로 하였고 관상동맥조영술상 관상동맥이 정상이거나 내경이 좁아진 증거가 없어 폐색성 질환이 없는 것으로 판명된 6예를 정상대조군으로 하였다. 나이는 질환군에서 36세부터 73세까지(평균 57 ± 10 세), 정상대조군에서 39세부터 64세까지(평균 49 ± 10 세) 분포하였고 평균연령에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($P > .05$). 질환군중 1혈관질환(one vessel dis-

¹연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²연세대학교 의과대학 흉부외과학교실

³연세대학교 의과대학 심장내과학교실

이 연구는 연세대학교 의과대학 연구위원회 연구비 보조로 이루어진 논문임
이 논문은 1996년 2월 6일 접수하여 1996년 5월 2일에 채택되었음

ease), 2혈관질환(two vessel disease), 3혈관질환(three vessel disease)을 가진 환자의 수는 각각 6, 7, 12명이었으며 각 그룹간의 평균연령에도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 남녀비는 질환군에서 17:8, 정상대조군에서 4:2이었다. 나선식 CT는 94년7월부터 95년 3월 사이에 시행되었으며 관상동맥조영술을 시행받고 난후 60일 이내에 시행되었다.

단층촬영은 SOMATOM PLUS-S(Siemens, Erlangen, Germany)의 spiral mode를 이용하였다. 조영제는 사용되지 않았으며, 환자가 한번 숨을 참는 동안 주폐동맥 하연을 포함하여 심첨부까지 하방으로 3mm 두께로 3mm/sec로 테이블을 움직여 심장전체의 부피영상을 얻었다(pitch 1.0). 영상분석은 관상동맥의 영상을 2mm 절편두께로 재구성하여 얻은후, 주폐동맥 하연을 기시부로하여 연속된 30영상에서 관상동맥의 HU(Hounsfield Unit)를 구하고 면적을 측정했다. HU가 130이상이고 그 면적이 1mm제곱 이상이 되는 영역만을 석회음영이 있는 것으로 기록하였으며, 석회음영 양성인 영역만을 세분하여 석회영역의 최고음영이 130HU이상 199HU 이하일때는 1점, 200HU이상 299HU 이하일때는 2점, 300HU이상 399HU이하일 경우는 3점, 400HU이상일 경우는 4점으로 각각 단순화하였다. 이렇게 구해진 점수에 영역의 면적을 곱한것을 그 영역의 점수로 하고 30영상에서 구해진 모든 석회음영 양성인 영역들의 점수를 더하여 총점으로 하였다.

먼저, 질환군과 대조군사이의 석회음영 양성도를 비교하여 민감도와 특이도, 양성예측도를 구하였고, 60세이하를 대상으로 민감도, 특이도, 양성예측도를 구하였다. 또, 총점을 로그화하여(logarithmic transformation) 연령과 질환 유무의 두가지 요인에 의한 교호작용에 대하여 알아보고자 회귀분석을 시행하였다. 석회음영 양성의 기준을 총점 10 이상으로 정했을 때의 민감도, 특이도, 양성예측도를 구하여 비교하여보았다. 끝으로 관상동맥조영술상 50%이상의 협착을 보인 혈관의 수와 총점과의 관계도 알아보았으며 각 혈관별로 민감도를 비교하여 보았다.

결 과

1혈관질환, 2혈관질환, 3혈관질환을 가진 각 질환군 사이의 평균연령에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 관상동맥조영술로 확인된 50%이상의 혈관 지름 협착을 보이는 하나 이상의 관상동맥을 가진 질환군과 관상동맥조영술에서 모든 관상동맥이 정상으로 확인된 대조군 사이의 석회음영 총점은 통계적으로 유의하게 대조군에서 낮게 나타났다($p<.05$) (Table 1).

석회음영 양성의 결과를(총점>0) 보인 예는 질환군 25예중 20예(80%)였고, 정상군 6예중 2예(33%)에서였다. 이 때, 발견된 석회화가 관상동맥질환을 예측할 수 있는 민감도는 80%, 특이도 67%, 양성예측도 91%로서 특이도가

Table 1. Coronary Calcification Scores

Parameter	Normal coronary artery (n=6)	One vessel disease (n=6)	Two vessel disease (n=7)	Three vessel disease (n=12)
Age*	49 ± 10	57 ± 7	56 ± 11	58 ± 12
No of patients with coronary calcification ¹	2(33%)	3(50%)	6(86%)	11(92%)
Calcification score*	50 ± 120	304 ± 571	397 ± 414	548 ± 918
Log score*	0.51 ± 0.99	1.28 ± 1.44	2.00 ± 1.12	2.05 ± 1.04

* All values are mean ± standard deviation

1. Zero(0) of total calcium score is used as a cutoff value for positive calcification.

Table 2. Sensitivity, Specificity and Positive Predictive Value in Different Cutoff Scores

	All Patients (n=31)		Patients with Age ≤ 60 (n=19)	
	Total Score > 0	Total Score > 10	Total Score > 0	Total Score > 10
Normal	2(6)	1(6)	1(5)	0(5)
1 vessel disease	3(6)	3(6)	2(5)	2(5)
2 vessel disease	6(7)	6(7)	3(4)	3(4)
3 vessel disease	11(12)	10(12)	4(5)	4(5)
Sensitivity	80%(20/25)	76%(19/25)	64%(9/14)	64%(9/14)
Specificity	68%(4/6)	83%(5/6)	80%(4/5)	100%(5/5)
Positive predictive value	91%(20/22)	95%(19/20)	90%(9/10)	100%(9/9)

* Numbers in parenthesis are numbers of patients.

낮게 나타났다. 이는 관상동맥질환이 없음에도 불구하고 석회음영을 나타내는 비율이 높다는 것을 의미한다. 이렇게 질병을 가지고 있지 않으면서 석회음영이 양성으로 나타난 예는 2예였으며 나이는 각각 58세와 64세였다. 이는 질병이 있음에도 불구하고 석회음영이 발견되지 않았던 5예의 연령분포가 56세 이하인 것과 대조를 이룬다. Table 2에서 보듯이 연령군을 나누었을 때 젊은층은 민감도를 고 연령층은 특이도를 떨어뜨림을 알 수 있었다.

석회음영 총점을 로그화하여 비교하였을때, 질환군에서 50%이상의 협착을 보인 혈관의 수에 따라 나눈 각 질환군의 석회음영 총점의 평균은 좁아진 혈관이 없을때, 0.51, 1혈관질환일때 1.28, 2혈관질환일때 2.01, 3혈관질환일때 2.05로 질환의 정도에 비례하여 석회음영의 총점이 증가함을 알 수 있었고 연령을 혼란변수로 통제후 회귀분석하였을때에도 이환된 혈관의 수에 따라 총점이 유의한 수준으로 증가함을 알 수 있었다($p < .05$). 이환된 혈관의 수에 따른 각각의 군에서 석회화 양성의 민감도는 혈관질환이 없는 군에서 3혈관질환군까지 점차 증가함을 알 수 있었다 (Table 1).

한편 어느 군에서나 석회음영 음성의 예는 각 군의 평균 연령보다 낮았다. 이것은 연령에 비례하여 석회화가 증가한다는 사실을 반영하는것으로, 다중 회귀분석의 결과에 의하면 관상동맥 폐쇄질환의 유무에 관계없이($p = .0002$), 또 이환된 관상동맥의 수와 무관하게($p = .0003$) 석회음영의 총점은 나이와 비례관계에 있음을 나타냈다. 연령층에 따른 각각의 석회음영 양성 민감도와 특이도를 알아본 결과(Table 2), 60세 미만을 대상으로 하였을때, 민감도 61%, 특이도 80%, 양성예측도 88%로 전체를 대상으로 했을때보다 민감도는 낮아지고 특이도는 높아졌음을 알 수 있었다. 마지막으로 50%이상의 좌전하행동맥(left ante-

rior descending coronary artery, Fig. 1) 협착을 보인 18예중 17예에서 석회화를 보여 민감도 94%로 53%의 민감도를 보인 회선동맥(circumflex artery, Fig. 2)과 64%의 민감도를 보인 우관상동맥(right coronary artery, Fig. 2)에 비하여 가장 높은 민감도를 보여주었다.

고 찰

근래에 우리나라에서도 관상동맥질환에 의한 심근경색 증으로 사망하는 환자가 급격히 증가하는 추세이다. 따라서 비침습적인 방법으로 관상동맥질환으로 인한 심근경색증의 위험도를 알아낼 수 있다면 임상에서 매우 유용하게 이용할 수 있을 것이다. 관상동맥 내막에 발생하는 죽종(atheroma)의 석회화가 관상동맥질환을 발견하는데 지표로서 사용될 수 있다는 많은 보고가 있었다(1, 2, 7-10).

Reinmuller등(7)은 고식적 CT를 이용하여 심장을 8 mm 절편 두께로 영상을 얻어, 관상동맥 석회화 발견율이 35%인 투시(fluorography)와 비교하여, 62%로 발견율에 현격한 차이가 남을 보고하였다. Timins등(11)은 관상동맥질환의 증상과 과거력이 없는 환자의 고식적 CT영상에서 석회화가 발견될때, 관상동맥질환에 대한 검사가 필요하다고 보고하였다. 그러나 고식적 CT는 주사시간(scan time)이 길다는 단점이 있어 석회화를 정확히 정량화할 수 없었다. 주사시간이 100msec정도인 전자선 CT의 출현과 더불어 관상동맥에서 발견되는 석회음영의 정량화에 관한 연구가 활기를 띠게 되어 1990년 Agaston등(6)은 584명을 대상으로 하여 전자선 CT를 시행, 관상동맥질환을 가진 환자중 96%에서 석회음영을 보이고, 이 석회음영을 정량화한 값의 크기는 관상동맥조영술에서 확인된 질환의 정도와 비례한다고 보고하였다. 석회음영의 정량화된 값이 죽

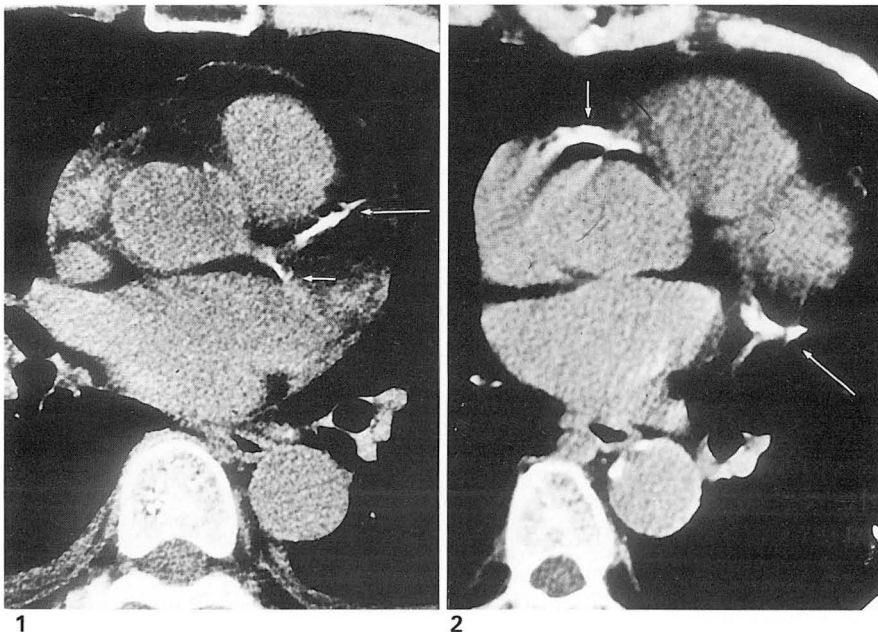


Fig. 1. Spiral CT scan shows calcification in left anterior descending artery(large arrow) and initiating portion of the circumflex artery(small arrow).

Fig. 2. CT scan shows calcification in the circumflex artery(large arrow) and right coronary artery(small arrow).

상경화증의 정도나 심각도와 비례한다는 연구결과들이 계속 나오고 있는 가운데(1, 12-16), Simons등(17)은 병리학적인 연구를 병행하여 관상동맥 협착의 정도가 심해질수록 전자선 CT에 의해 발견되는 석회음영의 면적이 증가함을 보고하였고, Gisela등(18)은 관상동맥 절편 4928예를 대상으로 전자선 CT를 시행하고 histomorphometry에서 병변의 면적과 비교하여 전자선 CT상에 발견되는 석회음영의 양이 병변의 면적과 비례함을 보고하였다. Susanne등(19)은 전자선 CT를 이용한 연구에서 전자선 CT로 석회화 음영을 정량화 함으로써 관상동맥질환을 진단하고 치료 방침을 결정하는데 중요한 역할을 할 것이라고 하였다.

근래 개발되어 임상에서 널리 사용되고 있는 나선식 CT는 주사시간이 전자선 CT에 비하여 느리나 고식적 CT에 비하여 1초로 짧아져 고식적 CT에서 문제가 되었던 breathing misregistration 및 volume averaging등의 문제점들을 해결할 수 있어 심장 영상에서도 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 기대되었다. 본 연구에서는 Timins등(11)이 고식적 CT를 이용한 연구에서의 민감도 16-78%, 특이도 78-100%와 비교하여 볼 때, 민감도는 80%로 조금 높고, 특이도는 67%로 떨어지는것으로 나타났으며 좌전하행동맥(Fig. 1) 협착을 보인 18예중 17예에서 석회음영 양성을 보여 민감도 94%, 특이도 81%로 3개의 관상동맥중 가장 관상동맥 협착을 잘 반영하는것으로 나타나 종래의 연구 결과(11)와 일치하였다. 석회음영 양성의 기준을 석회음영 총점 10점을 넘는것으로 정했을때 가장 이상적인 질환 반영도를 보여, 특이도는 80%로 양성예측도는 95%로 높아지게 되고 민감도는 76%로 약간 떨어졌다. 이러한 결과는 연령별로 각각 적당하게 석회음영 양성의 기준치를 높여 민감도 71-74%, 특이도 70-91%를 얻었던 Agaston등(6)의 연구 결과와 유사했다.

대부분의 연구들은 본 연구에서와 같이 기본적으로 Agaston등(6)의 방법에 따라 석회음영을 정량화 하여왔지만 여러 연구들에서 각기 다른 석회음영 양성의 기준을 정해왔는데 voxel의 수(12), Hounsfield Unit(21), 그리고 이 두가지 조건이 조합된 총점(6)의 조절이 그 대상이 되어왔다. 석회음영 양성의 기준으로 130HU를 정한것은 Simons등(22)의 연구에 의해 타당성을 인정받고 있지만 Joseph등(21)은 최초로 이중나선식(Double-Helix) CT를 이용하여 90HU 이상을 보이고 면적이 0.5mm²이상인 부분을 석회음영 양성으로 하여 91%의 민감도와 52%의 특이도를 얻었다. 이 연구와 본 연구 결과와의 차이는 석회음영 양성의 기준을 다르게 정한 것에서 기인한 것으로 보이며, 이것은 기존의 전자선 CT를 이용한 많은 연구에서 밝혀진대로 석회음영 양성의 기준 점수를 올려잡을 때, 민감도는 내려가고 특이도는 올라간다는 결과와 맥을 같이한다. 이렇게 작은 석회음영까지 발견하여 민감도를 높이는 것은 특이도를 떨어뜨릴 수 있는데 그 것은 의미있는 관상동맥질환이 없음에도 불구하고 적은 양의 석회음영을 가진 예를 더 쉽게 발견해낼 수 있기 때문이거나, Hounsfield Unit이 낮은

음영일수록 영상의 잡음(noise)이나 인공음영(artifact), partial volume effect등에 쉽게 영향을 받아서 일 수도 있을 것이다. 실제로 석회음영의 정량화에 있어서 관찰자간 평가의 차이는 주로 partial volume effect에 의한다는 보고(23)가 있었다. 본 연구에서는 partial volume effect를 줄이기 위해 영상을 2mm 절편두께로 재구성하였다.

연령의 증가에 따른 석회음영의 증가는 Agaston(6)의 보고외에도 많이 보고가 되어 있으며(1, 13, 15, 16, 19) 이는 연령의 증가에 따라 관상동맥질환이 증가한다는 사실과 부합한다. 본 연구에서 1 혈관질환부터 3 혈관질환까지 나이의 중간값은 56.5, 60, 62세로 점차 증가하며 이는 석회음영 총점의 나이에 따른 증가를 일부 설명해 준다. 그러나 본 연구에서의 회귀분석에 의하면 관상동맥질환이 없으면서 석회음영을 보인 2예는 질환의 유무와 관계없이 나이에 따른 석회화의 증가로 볼 수 있겠다. Khan등(24)은 65세 이상의 79%에서 CT상 관상동맥의 석회음영이 보인다고 보고하였고, 관상동맥조영술상 협착을 보이지 않는 정상 혈관에서 CT에 석회음영이 나타날 때, 비록 좁아져 있지는 않지만 혈류가 적어져 심실 기능을 저하시킨다는 보고도 있어(25) 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다. 그러나 총점이 비록 높지는 않지만 특이도를 떨어뜨리는 주 요인이 고 연령군에 속한 가양성에 의한다고 본다면 연령층을 나누어 분석하거나 석회음영 양성의 기준점을 올려 가양성을 배제할 수도 있겠다. 그러나 기준점을 올릴 경우 언급된 것처럼 민감도를 떨어뜨리며 결국 젊은 연령층에서 가양성을 더욱 많게 하는 결과를 초래할 것이다. 그러므로 연령층을 나누어 분석하는 것이 선행되고 각 연령층 내에서 석회음영 양성의 기준점을 조절하는 것이 타당할 것으로 보인다. 대부분의 연구들은 관상동맥질환을 예측하는데 젊은 연령군에서 석회음영의 유용성이 두드러짐을 보고하고 있다(1, 16, 20). 본 연구에서도 60세 이상인 예를 모두 제외했을때 특이도가 67%에서 88%로 올랐다. 또 60세 이하의 연령층에서 석회음영 양성의 기준점을 10점으로 올렸을때, 민감도의 저하없이 특이도만 100%로 올랐다.

결론적으로, 나선식 CT로 관상동맥 석회음영에 관한 연구를 진행한 자료가 거의 없어서 정상군에서의 관상동맥 석회화의 발견율을 알 수 없는 상태이나 기존에 전자선 CT를 사용하여 연구된 자료와 비교하여 볼때, 민감도가 조금 떨어지는 편으로 이는 Joseph등(21)의 연구에서처럼 석회음영 양성의 기준 Hounsfield Unit을 낮추어서 비슷한 민감도를 얻을 수 있기 때문에 비침습적인 선별검사로서도 역시 전자선 CT에 상응하는 역할을 기대할 수 있을 것으로 전망된다. 그러나 Hounsfield Unit을 낮추어야 하기 때문에 육안적으로 발견율이 떨어지며, 이것은 나선식 CT상에서 우발적으로 발견되는 관상동맥 석회음영이 전자선 CT상에 보일 때에 비하여 더 진행된 병변일 수 있음을 의미한다. 그러므로 특히 젊은 연령층에서 발견되는 관상동맥 석회음영에 대하여는 철저한 검사가 진행되어야

할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 정상대조군의 수가 너무 적어 음성예측도를 구하지 못하였고, 특이도의 신뢰도가 떨어졌다. 또한 질환군 전체가 혈관 지름 50% 이상의 협착을 갖고 있고, 3 혈관질환이 상대적으로 많아 자료의 해석이 제한적인 것도 사실이었다. 관상동맥 석회음영의 발견과 정량화에 있어 나선식 CT의 유용성은 경제성과 편의성, 비침습성 등을 고려하여 결정되어야 하고 좀더 많은 예를 대상으로 한 연구가 진행되어야 하며 새로운 검사 방법에 따르는 새로운 정량화 방법의 시도도 있음직하다. 나선식 CT상의 석회음영은 그 자체로서 반드시 혈관협착을 의미하지는 않으며 고 연령층에서는 특이도가 떨어지고 저 연령층에서는 민감도가 떨어지는 지표이지만, 혈관 내막의 죽상경화증을 나타내므로 그 경감에 따른 추적검사나 치료 결정에도 도움을 줄 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Eggen DA, Strong JP, McGill HC Jr. Coronary calcification: relationship to clinically significant coronary lesions and race, sex and topographic distribution. *Circulation* **1965**;32: 948-955
2. McCarthy JH, Palmer FJ. Incidence and significance of coronary artery calcification. *Br Heart J* **1974**;36:499-506
3. Warburton PK, Tampas JP, Soule AB, et al. Coronary artery calcification: its relationship to coronary artery stenosis and myocardial infarction. *Radiology* **1968**;91:109-115
4. Margolis JR, Chen JTT, Kong Y, et al. The diagnostic and prognostic significance of coronary artery calcification: a report of 800 cases. *Radiology* **1980**;137:609-616
5. Loecker TH, Schwartz RS, Cotta CW, et al. Fluoroscopic coronary artery calcification and associated coronary disease in asymptomatic young men. *J Am Coll Cardiol* **1992**;19:1167-1172
6. Agaston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using electron beam computed tomography. *J Am Coll Cardiol* **1990**;15:827-832
7. Rienmuller R, Lipton MJ. Detection of coronary artery calcification by computed tomography. *Dynamic Cardiovasc Imaging* **1987**;1:139-145
8. Habbe JE, Wright HH. Roentgenographic detection of coronary arteriosclerosis. *AJR* **1950**;63:50-62
9. Jorgens J, Blank N, Wilcox WA. The cinefluorographic detection and recording of calcifications within the heart: results of 803 examinations. *Radiology* **1960**;74:550-554
10. Blankenhorn DH, Stem D. Calcification of the coronary arteries. *AJR* **1959**;81:772-777
11. Timins ME, Pinski R, Sider L, Bear G. The functional significance of calcification of coronary arteries as detected on CT. *J Thorac Imaging* **1991**;7:79-82
12. Breen JF, Sheedy PF, Schwartz RS, et al. Coronary artery calcification detected with electron beam CT as an indication of coronary artery disease. *Radiology* **1992**;185:435-439
13. Oliver MF, Samuel E, Morley P, Young GB, Kapur PL. Detection of coronary artery calcification during life. *Lancet* **1964**;1:891-895
14. Tanenbaum SR, Kondos GT, Veselik KE, Prendergast MR, Brundage BH, Chomka EV. Detection of calcific deposits in coronary arteries by electron beam computed tomography in asymptomatic men and women. *Am J Cardiol* **1993**;72: 247-254
15. Bartel AG, Chen JT, Peter RH, Behar VS, Kong Y, Lester RG. The significance of coronary calcification detected by fluoroscopy: a report of 360 patients. *Radiology* **1974**;49:1247-1253
16. Hamby RI, Tabrah F, Wisoff BG, Hartstein ML. Coronary artery calcification: clinical implications and angiographic correlates. *Am Heart J* **1974**;87:565-570
17. Simons DB, Schwartz RS, Sheedy PF, et al. Coronary artery calcification by electron beam CT predicts size: a necropsy study. *Circulation* **1990**;82[suppl III]: III-62
18. Gisela CM, Susanne LM, Juergen F, et al. Coronary artery calcification: assessment with electron beam CT and histomorphometric correlation. *Radiology* **1994**;192:619-623
19. Susanne LM, Gisela CM, Juergen F, et al. Coronary artery disease: prediction with in vitro electron beam CT. *Radiology* **1994**;192:625-630
20. James AF, Alan SB, Ivan LB, Krishna K, John MC Jr. Fast computed tomography detection of coronary calcification in the diagnosis of coronary artery disease: comparison with angiography in patients <50 years old. *Circulation* **1994**;89: 285-290
21. Joseph S, Sara A, Judith R, et al. Calcification of coronary arteries: detection and quantification with double-helix CT. *Radiology* **1995**;197:779-783
22. Simons DB, Schwartz RS, Sheedy PF, Breen JF, Rumberger JA. Noninvasive detection of anatomic coronary artery disease by ultrafast CT: a quantitative pathologic study. *J Am Coll Cardiol* **1991**;17:104A
23. Kajinami K, Sek H, Takekoshi N, Mabuchi H. Quantification of coronary artery calcification using ultrafast computed tomography: reproducibility of measurement. *Coron artery dis* **1993**;4(12):1103-1108
24. Khan A, Mond DJ, Kallman CE, Murata K, Rojas KA, Herman PG. *J Thorac Imaging*. **1994**;9(1):1-7
25. Sekiya M, Mukai M, Suzuki M, et al. Clinical significance of the calcification of coronary arteries in patients with angiographically normal coronary arteries. *Angiology* **1992**;43(5): 401-407

Utility of Quantification of Coronary Artery Calcification Using Spiral CT¹

Byoung Wook Choi M.D., Myun Sik Kang M.D.², Seung Yun Cho M.D.³,
Won Heum Shim M.D.³, Nam Sik Chung M.D.³, Do Yun Lee M.D., Man Deuk Kim, M.D.

¹ Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine

² Department of Thoracic Surgery, Yonsei University College of Medicine

³ Department of Cardiology, Yonsei University College of Medicine

Purpose: To evaluate the utility of quantification of coronary artery calcification using spiral CT.

Materials and Methods: Spiral CT scans of the heart were obtained in 25 patients with coronary artery disease diagnosed by coronary angiography and in six controls without coronary artery disease. Spiral CT was performed with 3mm collimation at 3mm/sec table speed and the obtained volume data of the heart was reconstructed at 2mm intervals. Total calcium scores of the 30 contiguous slices of the proximal coronary artery were calculated based on the areas and peak density. Two groups were compared for total scores and sensitivity, and specificity and positive predictive values were calculated.

Results: The number of subjects with coronary calcification (total calcium score > 0) detected by spiral CT were 20 (80%) of 25 with coronary artery disease and 2 (33%) of 6 without coronary artery disease. The sensitivity, specificity, and positive predictive values were 80%, 67% and 91% respectively. Sensitivity was 64%, specificity was 80% in patients aged ≤ 60. Sensitivity was 76% and specificity was 83% (total calcium score 10).

Conclusion: Quantification of coronary artery calcification using spiral CT has low specificity in the older group and low sensitivity in the younger group; the procedure is therefore may not be useful as a noninvasive screening test to predict the presence of coronary artery disease. In the younger group, however, a cardiac workup is strongly indicated if calcification is present.

Index Words: Coronary vessels, calcification

Coronary vessels, CT

Coronary vessels, stenosis or obstruction

Address reprint requests to: Do Yun Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine. # 134, Shinchon-dong, Seodaemun-ku Seoul 120-752 Korea.
Tel. 82-2-361-5837 Fax. 82-2-393-3035