

관동맥조영 소견상 관동맥 석회화가 관찰되었던 환자에 대한 연구*

연세대학교 원주의과대학 내과학교실

이용규 · 박금수 · 송광선 · 여경구 · 유병수 · 윤정한 · 최경훈

= Abstract =

Coronary Artery Calcification Its Incidence and Significance in Patients Detected by Cineangiography

Yong Gyu Lee M.D., Keum Soo Park M.D. Kwang Seon Song M.D.,
Kyung Gu Yoh M.D., Byung Soo Yoo M.D.,
Jung Han Yoon M.D., Kyung Hoon Choe M.D.

Department of Internal Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea

Background : The calcification of the wall and narrowing of the lumen of the coronary artery is closely related to the process of atherosclerosis and its severity.

Thus, the present study of calcified coronary artery lesions by analysis of cineangiography is attempt to define the incidence and factors to affect the coronary artery calcification.

Methods : Our report concerns a consecutive series of 513 patients who underwent coronary angiography between January 1, 1991 and September 30, 1993. We determined the relationship between the coronary artery calcification and sex, age, risk factors, serum calcium, BUN, creatinine, lesional lumen stenosis and severity of coronary artery disease.

Results : Among patients with significant coronary artery disease, 22% (62/282 cases) had the coronary artery calcification by cineangiography. Patients with calcification were older (62 ± 8 years) than those without calcification (56 ± 10 years) ($p=0.0001$). The distribution of calcified coronary artery was 35 lesions in LAD, 17 in LCX, 16 in RCA and 4 in LM. The calcification rate was 38% (40/104 cases) for patients with multi-vessel disease, compared to 12% (22/178 cases) for those with single vessel disease ($p=0.0001$). Patients with calcification significantly had the long lesion (22.4 ± 13.4 mm), compared to those without calcification (18.0 ± 11.3 mm) ($p=0.012$). Coronary artery calcification was correlated with smoking habits.

Conclusions : Coronary artery calcification was seen in 22 percent and strongly correlated with age, smoking habits, the severity of disease and lenght of lesion.

KEY WORDS : Coronary artery calcification · Cineangiography.

*본 논문의 요지는 1993년도 대한순환기학회 추계학술대회에서 발표하였음.

대상 및 방법

1. 대 상

대상은 1991년 1월부터 1993년 9월까지 연세대학교 원주의과대학 부속 원주기독병원에 입원하여 관동맥 조영술을 시행받은 513명의 환자중 50% 이상 의미있는 관동맥 협착이 있었던 환자 282예(404병소)를 대상으로 하였다. 남녀비는 1.7 : 1(남자 178예, 여자 104예)이었고 평균 나이는 58세(32~82세)였다.

대상환자 중 단일혈관질환은 178예 였고, 다혈관질환은 104예 였으며 병소부위의 분포는 좌전하행지(이하 LAD) 186병소, 우관동맥(이하 RCA로 약함) 108병소, 좌회선지(이하 LCX) 88병소, 좌관동맥 주간부(이하 LM) 12병소였다.

2. 방 법

1) 관동맥 조영술

관동맥 조영술은 Seldinger방법으로 심도자를 삽입한 후 Phillips사의 Optimus M200 관동맥 조영기기를 사용하여 좌우관동맥을 35mm 필름에 영화촬영하였다. 관동맥의 병변과 칼슘침착 유무는

1927년 Lenk에 의해 협심증 환자에서 관동맥의 칼슘 침착이 처음 보고된 이래 관동맥 석회화는 죽상경화증의 특징적인 소견중의 하나로 인식되고 있다¹⁾. 관동맥의 칼슘침착은 말초혈관의 칼슘침착과는 달리 석회화된 죽상경화성판의 존재시에 보이며, 섬유화를 동반한 죽종이나 다른 퇴행성 관동맥 질환을 동반한 죽종에서도 흔히 관찰된다^{2,3)}.

관동맥벽의 석회화는 죽상 경화증의 진행과 관동맥 질환의 심한 정도와 연관이 있으며, 나이, 흡연유무와도 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다^{4,5)}.

최근 image amplication fluoroscopy와 관동맥 조영술 그리고 혈관내 초음파검사 등의 방법으로 2~3mm의 작은 직경을 가진 관동맥 석회침착까지도 발견 할 수 있다고 한다⁶⁻⁸⁾.

현재 우리나라에서도 관동맥 질환이 증가하는 추세에 있으며 관동맥조영술시 관동맥의 칼슘침착을 종종 접하게 된다^{9,10)}. 그러나 한국인에서의 관동맥 석회화에 대한 발생빈도 및 칼슘침착에 영향을 미치는 인자들에 관하여는 아직 알려져 있지 않다.

이에 저자들은 관동맥 조영술을 시행받은 환자를 대상으로 관동맥 석회화를 관찰하여 칼슘침착에

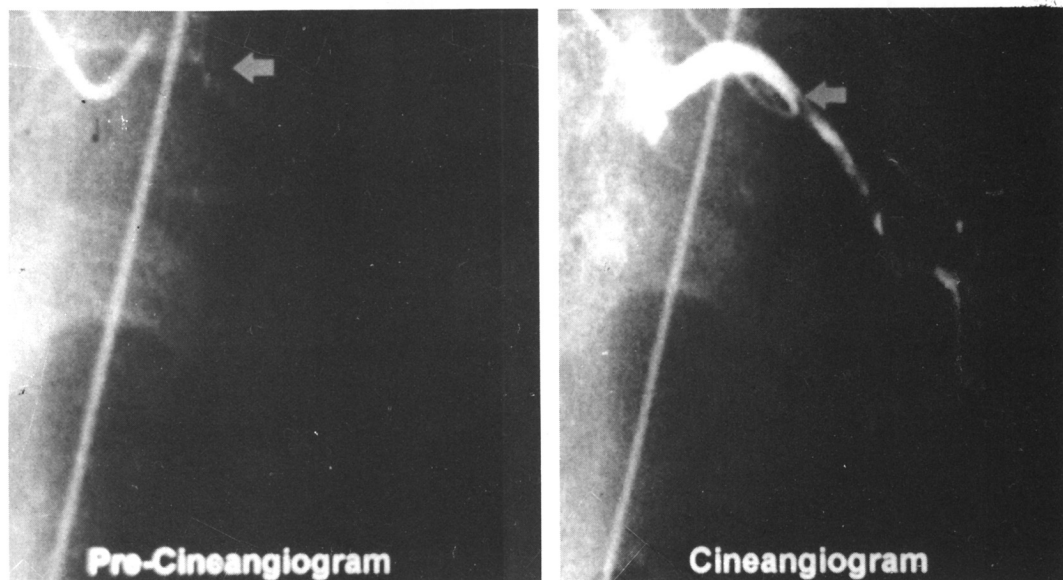


Fig. 1. Coronary artery calcification(arrow) on the left anterior descending artery(LAD) before(left panel) and after(right panel) dye injection by cineangiography.

여러 방향에서 촬영된 관동맥 영화사진을 2명 이상의 심장내과 의사가 관찰한 후 합의하여 결정하였다. 관동맥 내경 협착 정도는 캘리퍼로 측정하는 manual edge detection¹¹⁾ 방법을 이용하여 측정하였고 칼슘침착, 혈관침범수, 혈전, 병변의 길이, 분지, 병변의 위치 등 병변의 특성을 관찰하였다(Fig. 1). 관동맥조영술상 관동맥에 칼슘침착이 관찰된 환자들을 칼슘침착군, 칼슘침착이 관찰되지 않았던 환자들을 비칼슘침착군으로 분류하여 양군에서 칼슘침착에 관여할 것으로 생각되는 인자들을 비교하였다.

2) 관동맥 질환의 정도

한 분지에만 병변이 있는 경우를 단일혈관질환으로 하였고 두 분지 이상에 병변이 있는 경우를 다혈관질환으로 분류하였다. 의미있는 관동맥 협착은 관동맥 내경이 50% 이상 협착이 있는 경우로 하였으며, 50% 미만의 협착은 연구대상에서 제외하였다. 환자의 질병력 중 고혈압, 당뇨와 흡연 여부를 파악하였으며 그들의 혈중 콜레스테롤과 칼슘치등을 측정하였다.

3) 통계방법

모든 자료는 SPSS/PC⁺를 이용하여 통계처리하였는데, 각 변수간의 상관관계는 simple correlation을 이용하였고, 관동맥 석회화와 여러 인자들과의 상관관계는 Student's t-test, Chi-square test, ANOVA test를 이용하였고, p 값이 0.05 이하일 때 통계학적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

1. 환자의 특성

대상환자의 평균 나이는 58세였으며(32~82세), 남녀비는 1.7:1로 남자가 많았고, 당뇨병이 있던 환자 24예(8.5%), 고혈압이 있던 환자 96예(34.0%), 흡연자 174예(61.7%)였다.

의미있는 관동맥 협착을 보인 282예중 62예에서 칼슘침착이 관찰되어 22%의 칼슘침착율을 보였다.

2. 관동맥의 칼슘침착과 나이와의 관계(Table 1)

비칼슘침착군에서의 나이는 56 ± 10 세였고, 칼슘

침착군은 62 ± 8 세로 칼슘침착군에서 유의있게 나이가 많았다($p=0.0001$).

3. 관동맥의 칼슘침착과 생화학적 검사소견과의 관계(Fig. 2, Table 2)

관동맥의 칼슘침착 여부와 혈중 calcium, phosphorus, BUN, creatinine치와의 상관관계를 조사한 결과 칼슘침착군과 비칼슘침착군 사이에 유의한 차이가 없었다. 관동맥 칼슘침착과 혈중지질과의 관계도 혈중 콜레스테롤, 중성지질, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol치 모두 두군간에 유의한 차이가 없었다.

Table 1. Comparison of age between the groups with and without coronary calcification

	Calcium(+)*	Calcium(-)	p
N(cases)	62	220	
Age(yrs.)	62 ± 8	56 ± 10	0.0001

*Calcium(+) = group with coronary calcification ;
Calcium(-) = group without coronary calcification.

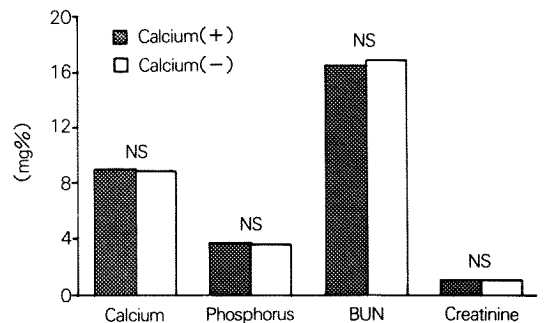


Fig. 2. Comparison of serum calcium, phosphorus, BUN and creatinine between groups with and without coronary calcification.

Table 2. Comparisons of serum lipids between Groups with and without coronary calcification

	Calcium(+)*	Calcium(-)	p
T-Chol(mg %)	183 ± 43	196 ± 40	NS
HDL-Chol(mg %)	38 ± 11	39 ± 12	NS
TG(mg %)	169 ± 113	179 ± 118	NS

*Calcium(+) = group with coronary calcification ;
Calcium(-) = group without coronary calcification.

**T-Chol = total cholesterol ; HDL-Chol = high density lipoprotein cholesterol ; TG = triglyceride

4. 관동맥의 칼슘침착과 병변의 분포와의 관계 (Fig. 3)

병변의 분포상태는 칼슘침착군에서 LAD에 35병소(47%), LCX에 17병소(22%), RCA에 16병소(28%), LM에 4병소(3%)로 LAD에 칼슘침착이 많았으나 칼슘침착 여부와 병변의 분포와는 통계적인 차이가 없었다.

5. 관동맥의 칼슘침착과 혈관질환의 정도와의 관계 (Table 3)

178예의 단일혈관질환자중 칼슘침착은 22예(12%)에서 관찰되었으며, 다혈관질환의 경우 104예중 40예(38%)에서 관찰되어 다혈관질환에서 칼슘침착이 유의있게 많았다($p=0.0001$).

6. 관동맥의 칼슘침착과 혈관의 특성과의 관계 (Table 4)

칼슘침착군에서의 병변의 길이는 22.4 ± 13.4 mm로 비칼슘침착군의 18.0 ± 11.3 mm에 비해 유의있게 길었으며($p=0.012$), 병변의 협착정도는 칼슘침착

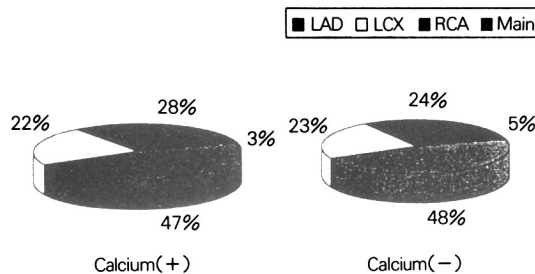


Fig. 3. Comparison of coronary lesion distribution between groups with and without coronary calcification.

Table 3. The relationship between cineangiographically demonstrated calcification and the patient's number of single or multi-vessel disease

	Calcium(+)* (no.)	Calcium(-) (no.)	p
Single vessel disease	29	149	
Multi-vessel disease	40	64	0.0001

*Calcium(+)=group with coronary calcification ;
Calcium(-)=group without coronary calcification.

Table 4. Comparison of lesion lengths and % stenosis between groups with and without coronary calcification

	Calcium(+)*	Calcium(-)	p
Length(mm)	22.4 ± 13.4	18.0 ± 11.3	0.012
% Diameter Stenosis	75 ± 20	77 ± 17	NS

*Calcium(+)=group with coronary calcification ;
Calcium(-)=group without coronary calcification.

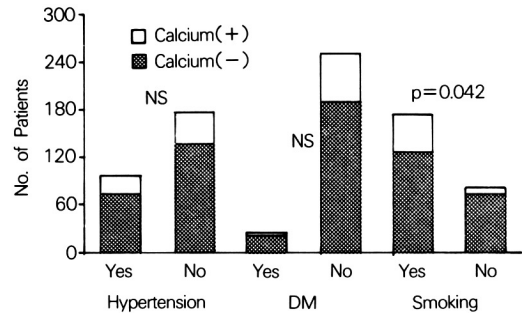


Fig. 4. Relationship between cineangiographically demonstrated calcification and the patient's number of hypertension, diabetes and smoking habit.

군에서 $75 \pm 20\%$ 로 비칼슘침착군의 $77 \pm 17\%$ 과 비교해 유의한 차이가 없었다.

7. 관동맥의 칼슘침착과 위험인자들과의 관계 (Fig. 4)

칼슘침착군에서 흡연율이 30%로 비칼슘침착군의 11%에 비해 흡연율이 높았으며, 고혈압과 당뇨병에서는 두군간에 유의한 차이가 없었다.

고 안

관동맥 석회화에 대한 연구는 1927년 Lenk에 의해 좌전하행동맥의 석회화에 대한 보고¹⁾ 이래 현재까지 많은 연구가 진행되었다. 1961년 Vermont 의과대학에서 방사선 조영술이 소개되면서 관동맥 칼슘침착을 이전의 고식적인 방사선 투시검사방법보다 빠르고 정확하게 발견할 수 있었다¹²⁾.

죽상 경화성 심질환 환자에서 관동맥 석회화는 흔히 관찰되는 소견으로 Hamby등⁶⁾에 의하면 76%에서 관동맥 칼슘침착을 관찰하였다고 하며, 보고자마다 검사방법의 차이에 의해 그 빈도가 다른데 임상소견과 관동맥조영술로 조사한 경우 50%에

불과하나, 사후 부검에 의한 경우는 93%의 높은 빈도를 보여준다고 한다. 또한 Margolis등⁴⁾은 관동맥조영술로 검사한 결과 관동맥 석회화율은 40%이었고, 이중 의의있는 관동맥 협착을 보인 환자들에게서는 94%에서 관동맥 석회화가 발견되었다고 한다.

관동맥 석회화가 죽상경화성 심질환의 중증도와 예후에 연관이 있다고 알려져 있어 관동맥 석회화에 영향을 미치는 인자들에 대해 많은 연구가 진행되어왔다. 관동맥 석회화에 영향을 미치는 인자들 중 가장 밀접한 관련이 있다고 알려진 것은 환자의 나이로 70세 이상의 죽상경화성 심질환 환자중 90%이상에서 관동맥 석회화가 발견되며, 30~40대의 연령군에서 정상 관동맥을 가진 경우 관동맥 석회화는 2~7%에 불과하나 죽상경화성 관동맥 질환을 가진 경우는 칼슘침착이 37~65%까지 있어 젊은 성인에서도 관동맥의 칼슘침착 여부가 중요한 의미를 갖는다고 생각된다⁶⁾. 젊은 성인에서 관동맥 석회화는 탄성섬유의 퇴행과 동반된 내탄성막(intimal elastic membrane)의 조기 죽상경화성 변화에 국한된다³⁾. 그러므로 관동맥 조영술상 정상 소견을 보인 환자에서 관동맥 석회화의 소견은 조기 죽상경화가 발생하였다는 표지자로 볼 수 있다. 본 연구에서도 50% 이상 관동맥 협착이 있었던 환자 중 관동맥 석회화가 관찰된 환자들의 나이가 석회화가 관찰되지 않았던 환자에 비하여 의의있게 많았다($p=0.0001$).

관동맥의 석회화와 내경의 협착정도는 죽상경화증의 진행과 관동맥 질환의 심한 정도와 연관이 있다고 알려져 있다^{4,6)}. Rifkin등¹³⁾은 칼슘이 침착된 관동맥 혈관수와 허혈성 심질환의 심한 정도와는 직접적인 연관이 있으며, 허혈성 심질환이 심할수록 많은 칼슘침착이 있었고 이는 부검소견과 일치하였다고 하나, Hudson등¹⁴⁾의 보고에 의하면 서로 연관이 없다고 하였다. 본 연구의 결과 단일혈관 질환의 환자보다 다혈관질환의 환자에서 관동맥 석회화가 많아($p=0.0001$) 침범 관동맥 수가 많을수록 칼슘침착이 많은 것을 알 수 있었으나, 두 혈관질환과 세 혈관질환을 비교하였을 때는 차이를 보이지 않았다($p=0.45$).

또한 관동맥 협착과 석회화를 비교한 Hamby등⁶⁾은 관동맥 협착이 50%에서 95%인 경우와 관동

맥이 완전폐쇄된 경우를 비교하였을 때 칼슘침착의 차이는 없었다고 한다. 그러나 Margolis등⁴⁾은 의의있는 관동맥 협착이 있는 환자들에서 칼슘 침착이 많이 관찰되었으며, 관동맥 석회화가 있었던 환자들을 추적관찰하여 5년 생존율을 비교한 결과 칼슘침착이 관찰되었던 환자군에서 58%, 칼슘침착이 관찰되지 않았던 환자군에서 87%로 칼슘침착 유무만으로 예후를 판정했을때는 칼슘 침착이 관찰된 환자들에서 예후가 나쁘다고 한다. 본 연구에서는 관동맥 칼슘침착과 협착 정도와는 상관관계가 없었고($p=0.45$), 관동맥 질환의 예후와 관련이 있는지 여부에 대해서는 현재 추적관찰중이다.

Jorgens등¹⁵⁾과 Oliver등¹⁶⁾은 좌전하행동맥 기시부에 칼슘침착이 가장 많고 대부분 기시부 3~4cm 이내에 존재하였다고 하며 우관동맥이 좌회선동맥보다 많다고 하였다. 본 연구에서도 좌전하행동맥에 칼슘침착이 가장 많았고 우관동맥, 좌회선동맥의 순이었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 박 등¹⁷⁾ 관동맥 조영술상 좌관동맥 주관부에 50% 이상의 협착을 보인 25예중 5예(20%)에서 뚜렷한 석회화 협착을 관찰하였으나 우관동맥과 좌회선동맥에 대한 관찰은 없어, 관동맥의 칼슘분포에 대해 비교할 수 없었다.

관동맥 석회화와 죽상경화증의 위험인자인 고혈압, 당뇨병, 흡연과의 관계에 대해 Oliver등¹⁶⁾은 고혈압이 있었던 환자에서 관동맥 석회화가 더 많다고 하였으나, Frink등은¹⁸⁾ 고혈압과 협심증 증상의 발현기간, 심근경색증 등의 과거력과는 연관이 없다고 하였다. 당뇨병과 흡연등과의 관련성은 아직 잘 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 흡연과 관동맥 석회화와는 밀접한 연관성이 있어($p=0.0001$) 흡연자에서 칼슘침착이 빨리 진행되는 것을 알 수 있었고 당뇨병과는 상관성이 없었다.

본 연구에서 관동맥 조영술을 시행후 병변의 계측은 manual edge detection(Brown-Dodge Method)¹¹⁾를 이용하였다. 최근 측정의 정확성을 위하여 CAAS(computer-based coronary angiography analysis system)을 사용하여 측정자간의 오차를 줄이고 있으나 Langer등은¹¹⁾ CAAS와 manual edge detection 사이에 큰 차이가 없다고 한다.^{19,20)} 관동맥 칼슘 침착의 관찰은 처음에는 방사선 투시 방법을 이용하였고 그후 관동맥조영술을 이용하여

정확성을 높였다. 보고자에 따라 차이는 있으나 관동맥조영술상 칼슘침착은 40%에서 관찰할 수 있으며 의미있는 관동맥협착이 있는 환자들에서는 70% 이상 관찰할 수 있다고 한다⁶⁾. 비관혈적 방법인 ultrafast computed tomography를 이용하여 칼슘침착여부를 규명할 수 있으며 관동맥조영술과 비슷한 결과를 얻을 수 있다^{14,21)}. 최근 혈관내 초음파 검사를 시행하여 관동맥칼슘을 관찰한 경우 병리학적인 방법으로 조직의 칼슘을 관찰하였을 때와 비교하여 같은 정확성을 보여주어 혈관내 칼슘침착을 규명하는데 사용되는 방법중 가장 정확한 방법으로 알려져 있다^{22,23)}. 그러나 혈관내 초음파 검사를 이용한 칼슘침착의 검출은 관혈적인 방법일 뿐만 아니라 검사비용이 많이 들어 칼슘침착 여부를 확인하기 위해 모든 관동맥 환자에서 검사할 수 없으므로 관동맥조영술을 이용한 방법이 보다 효율적이고 유용하다 하겠다.

결론적으로 관동맥 칼슘 침착은 노년층 환자에게서 많이 관찰되며, 관동맥 질환의 심한 정도와 연관이 있고 질환의 예후를 판단하는데도 도움을 줄 수 있다. 또한 석회침착이 많은 관동맥 병변을 경피적 풍선성형술로 치료시 혈관 박리를 잘 일으킬 뿐만 아니라 치료의 결과에 영향을 미치는 요인으로 알려져 있으므로^{21,23,24,25)} 관동맥조영술시 관동맥 병변의 칼슘침착 여부를 세심히 관찰한 후 치료 방침을 결정하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

우리나라에서도 관동맥 질환이 증가하는 추세에 있으며 관동맥조영술시 관동맥의 칼슘침착을 종종 접하게 된다. 그러나 한국인에서의 관동맥 석회화에 대한 빈도 및 칼슘침착에 영향을 미치는 인자들에 관하여는 아직 알려져 있지 않다. 이에 관동맥 조영술을 시행받은 환자를 대상으로 관동맥 석회화를 관찰하여 칼슘침착에 영향을 주는 인자들을 알아 보기 위하여 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

1991년 1월부터 1993년 9월까지 본원에 내원하여 관동맥조영술을 시행받은 513명의 환자중 50% 이상 의미있는 관동맥 협착이 있는 환자 282예(404

병소)를 대상으로 하여 관동맥 칼슘침착 여부와 혈관침범수, 병변의 협착정도, 길이 및 위치, 고혈압, 당뇨병, 흡연 등의 석회화에 영향을 미칠 것으로 생각되는 인자들을 조사하였다.

결 과 :

1) 관동맥 협착을 보인 282예중 62예(22%)에서 칼슘침착이 있었다.

2) 칼슘침착 부위는 LAD 47%, LCX 22%, RCA 28%, LM 3%로 LAD에 칼슘침착이 많았으나 칼슘침착 여부와 병변의 분포와는 통계적인 차이가 없었다.

3) 칼슘침착군의 나이는 62 ± 8 세였고, 비칼슘침착군의 나이는 56 ± 10 세로 칼슘침착군에서 나이가 많았다($p=0.0001$).

4) 178예의 단일혈관질환자중 칼슘침착이 관찰된 경우는 22예(12%)였으며, 다혈관질환의 경우 104예중 칼슘침착이 40예(38%)에서 관찰되어 다혈관질환에서 칼슘침착이 유의하게 많았다($p=0.0001$).

5) 칼슘침착군에서 병변의 길이는 22.4 ± 13.4 mm로 비칼슘침착군의 18.0 ± 11.3 mm에 비해 유의하게 길었으며($p=0.012$), 병변의 협착정도는 칼슘침착군에서 $75 \pm 20\%$ 로 비칼슘침착군의 $77 \pm 17\%$ 과 비교해 유의한 차이가 없었다.

6) 칼슘침착군에서 흡연율이 30%로 비칼슘침착군의 11%에 비해 흡연율이 높았으며, 고혈압과 당뇨병에서는 두군간에 차이가 없었다.

결 론 :

관동맥 칼슘침착율은 22%였으며 칼슘침착과 상관관계가 있는 인자로는 환자의 나이, 흡연, 다혈관질환과 병변의 길이가 관련이 있었다.

References

- 1) Lenk R : Roentgendiagnose der Koronarsklerose in vivo. Fortschr. a.d. Geb.d. Roentgenstrahlen 35 : 1265, 1927
- 2) Frink RJ, Achor RWP, Brown AL, Kincaid OW, Brandenburg RO : Significance of calcification of the coronary arteries. Am J Cardiol 26 : 241, 1970
- 3) Blankenhorn DH : Coronary arterial calcification : A review. AM J Med Sci 242 : 41, 1961
- 4) Margolis JR, Chen JT, Kong Y, Peter RH, Behar VS, Kisslo JA : The diagnostic and prognostic sig-

- nificance of coronary artery calcification : A report of 800 cases. *Radiology* 137 : 609, 1980
- 5) Eggen DA, Strong JP, McGill HC : *Coronary calcification : Relationship to clinically significant coronary lesions and race, sex, and topographic distribution.* *Circulation* 32 : 948, 1965
 - 6) Hamby RI, Tabrah F, Wisoff BG, Hartstein ML : *Coronary artery calcification : Clinical implications and angiographic correlates.* *Am Heart J* 5 : 565, 1974
 - 7) Goar FG, Pinto FJ, Alderman EL, Fitzgerald PJ, Stinson EB, Billingham ME, Popp RL : *Detection of coronary atherosclerosis in young adult hearts using intravascular ultrasound.* *Circulation* 86 : 756, 1992
 - 8) Breen JF, Sheedy PF, Schwart RS, Stanson AW, Kaufmann RB, Moll PP, Rumberger JA : *Coronary artery calcification detected with ultrafast CT as an indication of coronary artery disease.* *Radiology* 185 : 435, 1992
 - 9) 이웅구 : 관상동맥 질환, 과연 증가하고 있는가? 대한의학협회지 35 : 734, 1992
 - 10) 박영배 : 관상동맥 질환의 진단. 대한의학협회지 35 : 746, 1992
 - 11) Langer A, Wilson RF : *Comparison of manual versus automated edge detection for determining degrees of luminal narrowing by quantitative coronary angiography.* *Am J Cardiol* 15 : 885, 1991
 - 12) Tampas JP, Soule AB : *Coronary artery calcification : Its incidence and significance in patients over forty years of age.* *Am J Roentgenol* 97 : 369, 1966
 - 13) Rifkin RD, Parisi AF, Folland E : *Coronary calcification in the diagnosis of coronary artery disease.* *Am J Cardiol* 44 : 141, 1979
 - 14) Hudson NM, Walker JK : *The prognostic significance of coronary artery calcification seen on fluoroscopy.* *Clin Radiol* 27 : 545, 1976
 - 15) Jorgens J, Blank N, Wilcox WA : *The cinefluorographic detection and recording of calcification within the heart : results of 803 examinations.* *Radiology* 74 : 550, 1960
 - 16) Oliver MF, Samuel E, Morley P, Young GB, Kapur PL : *Detection of coronary artery calcification during life.* *Lancet* 1 : 891, 1964
 - 17) 박승정 · 조승연 · 정남식 · 정상만 · 윤정환 · 심원홍 · 이웅구 : 좌관동맥 중간부 협착병변과 다혈관 질환군과의 임상 및 혈액학적 소견의 비교관찰. 순환기 16 : 435, 1986
 - 18) Frink AJ, Achur RW, Brown AL, Kincaid OW, Brandenburg RO : *Significance of calcification of the coronary arteries.* *Am J Cardiol* 26 : 241, 1970
 - 19) Brown BG, Bolson E, Frimer M, Dodge HT : *Quantitative coronary arteriography : Estimation of dimension, hemodynamic resistance, and atheroma mass of coronary artery lesions using the arteriogram and digital computation.* *Circulation* 55 : 329, 1977
 - 20) Janowitz WR, Agatston AS, Viamonte M : *Comparison of serial quantitative evaluation of calcified coronary artery plaque by ultrafast computed tomography in persons with and without obstructive coronary artery disease.* *Am J Cardiol* 68 : 1, 1991
 - 21) Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Detrano R : *Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography.* *J Am Coll Cardiol* 15 : 827, 1990
 - 22) Tobis JM, Mallery J, Mahon D, Lehmann K, Zalesky P, Griffith J, Gessert J, Moriuchi M, McRae M, Dwyer ML, Greep N, Henry WL : *Intravascular ultrasound imaging of human coronary arteries in vivo ; Analysis of tissue characterizations with comparison to in vitro histological specimens.* *Circulation* 83 : 913, 1991
 - 23) Honye J, Mahon DJ, Jain A, White CJ, Ramee SR, Wallis OB, Al-Zarka A, Tobis JM : *Morphological effect of coronary balloon angioplasty in vivo assessed by intravascular ultrasound imaging.* *Circulation* 85 : 1012, 1992
 - 24) Fitzgerald PJ, Ports TA, Yock PG : *Contribution of localized calcium deposits to dissection after angioplasty : An observational study using intravascular ultrasound.* *Circulation* 86 : 64, 1992
 - 25) 탁승제 · 조승연 · 이문형 · 김한수 · 장양수 · 심원홍 · 김성순 · 이웅구 · 박승정 : 경피적 관동맥 확장성형술에서 관동맥 및 협착병소의 형태학적 특징과 조기결과에 관한 관찰. 순환기 21 : 197, 1991