

한국인 관상동맥의 직경 및 단면적: 정상치와 결정 인자

한림대학교 의과대학 내과학교실

김응주 · 유지연 · 천원석 · 한성우 · 최영진 · 유규형 · 임종윤

Coronary Artery Size in Korean: Normal Value and its Determinants

Eung Ju Kim, M.D., Ji Youn Yoo, M.D., Won Seok Cheon, M.D., Sung Woo Han, M.D.,
Young Jin Choi, M.D., Kyu Hyung Ryu, M.D. and Chong Yun Rhim, M.D.

Division of Cardiology, Department of Medicine, Hallym University, Anyang, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : Although the size of the coronary artery is known to be closely related to the outcome of coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention, its normal value and determinants have not been examined in Koreans. **Subjects and Methods** : One hundred and twenty seven normal coronary arteriograms were carefully selected from 3,412 studied consecutively. Of these, 53 women and 23 men, with no abnormalities in their cardiac function and not using nitrates, were studied. The lumen diameter was measured at 10 segments in the epicardial coronary arteries. **Results** : For men, the mean lumen diameter of the proximal left anterior descending and left circumflex coronary arteries were 3.88 ± 0.39 and 3.45 ± 0.47 mm, respectively, and were not affected by the anatomic dominance. However, the left main and proximal right coronary arteries varied between 4.44 ± 0.49 and 5.18 ± 0.32 mm ($p < 0.05$) and 3.29 ± 0.60 and 4.05 ± 0.42 mm ($p < 0.05$), respectively, by the anatomic dominance. Women had a smaller mean coronary artery size than men [for diameter, -7% ($p < 0.01$); for cross-sectional area, -13% ($p < 0.01$)], and the left ventricular (LV) mass was significantly associated with coronary artery diameter ($p < 0.05$). From a multiple linear regression analysis, gender was an only independent predictor of the coronary artery size ($p < 0.05$). **Conclusion** : We revealed normal coronary artery dimensions in Koreans. Although, body size, hypertension, use of calcium channel blockers, anatomic dominance and age had no effect on the size of the coronary artery, but the LV mass and gender were shown to have an effect. The multivariate regression analysis showed gender was an only independent predictor of the coronary artery size. (Korean Circulation J 2005;35:115-122)

KEY WORDS : Coronary arteries ; Koreans.

서 론

관상동맥의 크기는 관동맥우회로술의 수술 전후 사망률과 역상관 관계가 있으며 경피적 관동맥 중재시술(percutaneous coronary intervention; PCI) 후의 재협착율이나 재개통술 비율(target lesion revascularization; TLR) 등 성적과도 깊은 연관이 있는 것으로 알려져 있다.¹⁻⁸⁾ 관동맥의 직경은 혈

류와 관련된 혈관벽의 전단력에 좌우되고, 심근의 산소요구량을 증대시키거나 심근의 비후를 야기하는 환경 등에 영향을 받으며 유전적인 인자에 의해서도 영향을 받는다.⁹⁻¹¹⁾ 관동맥 직경의 결정인자로는 체표면적(body surface area; BSA), 체질량지수(body mass index; BMI), 키, 몸무게 등의 전신적 특성 뿐 아니라 심장의 무게, 좌심실 질량(left ventricular mass; LV mass) 등이 제시된 바 있으며, 성, 인종, 종족 간에도 차이가 있는 것으로 알려져 있으나, 보고마다 약간의 차이가 있다.²⁾³⁾⁹⁻²⁰⁾ 한국인 관상동맥의 형태학적 연구로는 몇몇 보고가 있었으나, 심장질환이 없는 정상 관상동맥을 대상으로 해부학적 우세를 나누고 그에 따른 각 관상동맥의 구획 별 정상 직경을 측정하는 연구는 없었다.²¹⁾²²⁾

논문접수일 : 2005년 1월 17일

심사완료일 : 2004년 1월 26일

교신저자 : 최영진, 431-070 경기도 안양시 동안구 평촌동 896

한림대학교 의과대학 내과학교실

전화 : (031) 380-3877 · 전송 : (031) 386-2269

E-mail : cyj@hallym.or.kr

따라서 저자 등은 심장질환이 없는 한국인 성인의 정상 관상동맥의 각 분절 별 직경을 측정하고, 관동맥 크기에 영향을 미치는 결정인자들을 확인함으로써 다양한 신체적, 생리적, 병리적 상태(예, 미만성 동맥경화, 확장성 심근증 등) 관동맥 직경에 대한 한국인의 정상 참고치로 활용함을 목적으로 본 연구를 수행하였다.

대상 및 방법

대 상

한림대학교 성심병원에서 최근 4년간(2000년 3월~2004년 7월) 시행한 관상동맥 조영술 3,412예 중, 2명의 혈관 조영술 전문 관찰자에 의해 관동맥 내경의 불규칙한 변연이나 협착이 전혀 없다고 판정된 127예의 정상 관상동맥을 대상으로 하였다. 이 중 좌심실 구혈율이 45% 미만이거나, 의미 있는 심장 판막질환, 조영술 도중 나이트레이트 제제를 투여한 경우, 조영술 당일 서방형 나이트레이트 제제를 복용한 경우를 제외한 76예가 최종 연구 대상이었다.

관상동맥 직경 측정 및 해부학적 우세 분류

관상동맥의 내경은, 좌주간지의 가운데 부위와 좌전하행지, 좌회선지 및 우관동맥의 각 근위부, 중간부, 원위부에서 가장 직경이 큰 지점을 각각 측정하였다. 각 관동맥의 분절 별 해부학적 경계는 Bypass Angioplasty Revascularization Investigation(BARI) 연구 수행자들이 취하였던 정의에 따랐다(Fig. 1).²³⁾ 일반적으로 각 혈관의 중첩을 피하기 위해 좌주간지, 우관동맥, 좌회선지는 좌전사위(LAO view), 좌전하행지는 우전사위(RAO view)를 취하였으나, 각 혈관의 기시

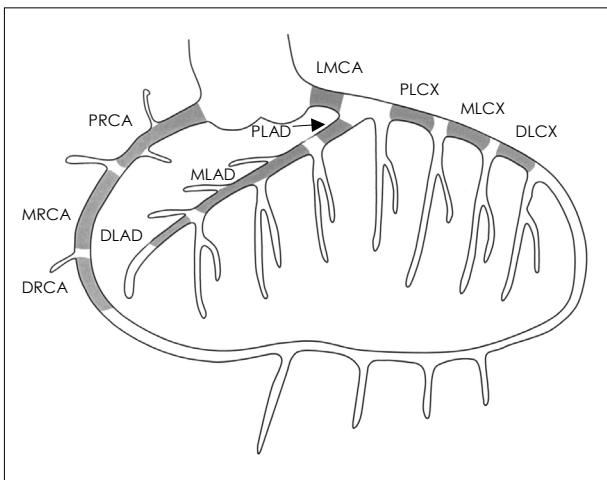


Fig. 1. Coronary artery map used for measurement. LMCA: left main coronary artery, PLAD/MLAD/DLAD: proximal/mid/distal left anterior descending artery, PLCX/MLCX/DLCX: proximal/mid/distal left circumflex artery, PRCA/MRCA/DRCA: proximal/mid/distal right coronary artery.

부나 주행의 굴곡 정도의 다양성을 고려하여, 최적의 촬영 위치를 취하였다.⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹⁵⁾ 또한 영상 변두리에 위치하는 혈관의 직경이 pincushion distortion에 의해 실제보다 확장되어 보이는 것을 방지하기 위해 가능한 영상의 중앙에 혈관이 위치했을 때 심장 이완기에서 혈관의 직경을 측정하였다.¹¹⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾ 이미 알고 있는 카테터 끝의 직경을 측정 기준으로 삼아 심도 자동 표준 디지털 quality control analysis 소프트웨어(지멘스, 독일)를 이용하여 2명의 독립적인 관찰자가 측정하였다. 관동맥의 우세는 Coronary Artery Surgery Study(CASS)에서 제시한 정의에 따라서 후하행동맥과 좌심실의 후측벽에 분포하는 후측분지(posterolateral branch)가 우관동맥에서 기시하는 경우를 우측 우세(right dominance), 양혈관이 좌관동맥에서 기시하는 경우를 좌측 우세(left dominance), 후하행동맥은 우관동맥에서 후측분지는 좌관동맥에서 각각 기시하는 경우를 균형 우세(balanced dominance)로 분류하였다.²⁴⁾

신체 지수의 측정 및 심초음파를 이용한 측정

환자의 기본적인 인구통계학적 특성을 조사하고 신체 지수를 측정하였다. 즉, 키(cm), 체중(kg)을 측정하고 체표면적과 체질량지수를 계산하였다. 체표면적(m^2)=[키(cm)×체중(kg)/3600]^{1/2}, 체질량지수(kg/m^2)=체중(kg)/키²(m^2)

심장초음파는 표준 흉골연 단면도와 심첨 단면도를 이용하여 좌심실 구혈율을 구하고, 좌심실 후벽과 중격의 두께 및 좌심실의 확장기말과 수축기말 직경을 측정하였다. 좌심실 질량은 공인된 공식에 의해 계산하였다.²⁵⁾ 좌심실 질량(g)=1.04[(좌심실확장기말 직경+좌심실후벽두께+심실중격두께)³-(좌심실확장기말 직경)³]×0.8+0.6,

또한 좌심실 질량 지수(LV mass index; g/m^2)는 좌심실 질량을 체표면적으로 나누어 계산하였다.

통계 분석

모든 자료는 평균±1표준편차로 표시하였으며, 통계분석에는 윈도우용 SPSS 10.0(Statistical Package for Social Science) 프로그램을 이용하였다. 두 군간의 비교는 명목 변수인 경우 카이제곱법을 이용하였고 연속변수인 경우 Student's T 검정과 비모수적 Mann-Whitney 검정을 이용하였다. 해부학적 우세 별 세 군 사이의 비교는 분산분석의 비모수적 통계기법인 Kruskal-Wallis 검정을 행하였고, 관동맥 직경에 영향을 미치는 연속변수의 결정인자를 찾기 위한 단변량 분석을 위해 단순 선형회귀분석을, 다변량 분석을 위해 다중선형회귀분석을 시행하였다. 통계학적 유의성은 p값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

환자의 임상적 특성

대상 환자의 평균 연령은 50.4 ± 11.9 세(20~80세)였으며, 총 대상 환자 76명 중 여성이 53명(69.7%)이었다. 고혈압은 26명(34.2%), 당뇨병은 7명(9.2%)이 있었으며, 관상동맥의 확장에 영향을 미칠 수 있는 칼슘통로차단제는 13명(17.1%)이 복용하고 있었다. 관상동맥 조영술은 대부분 비전형적 흉통에 대한 검사(58명, 76.3%)를 목적으로 시행하였고 그 외 호흡곤란(11명, 14.5%), 부정맥(5명, 6.6%) 등이 시행 이유였다. 관상동맥의 해부학적 우세는 우측이 52명(68.4%)으로 가장 많았으며 균형 우세와 좌측 우세가 각각 18명(23.7%), 6명(7.9%)이었다. 포함된 남녀 대상 사이에 연령, 당뇨병, 고혈압, 칼슘통로차단제 복용, 관상동맥의 해부학적 우세의 분포는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 키, 체중, 체표면적 및 좌심실 질량은 유의하게 남성이 컸다. 그러나, 좌심실 구혈율이나, 좌심실 질량지수는 남녀간 유의한 차이가 없었다(Table 1).

관상동맥의 크기

남성의 경우, 좌전하행지 근위부의 내경은 각 우세 별 측정값의 평균이 3.9 ± 0.4 mm, 좌회선지 근위부의 내경은 평균이 3.5 ± 0.5 mm 였으며 각각은 해부학적 우세에 영향을 받지 않았다. 그러나 좌주간지는 우측 우세의 경우 4.4 ± 0.5 mm, 균형 우세에서 4.7 ± 0.3 mm, 좌측 우세의 경우 5.2 ± 0.3 mm로 측정되어 통계학적으로 유의하게 우세간 차

Table 1. Baseline clinical characteristics (n=76)

	Male (n=23)	Female (n=53)	p
Age*	46.7 ± 12.7	52.0 ± 11.2	0.11
Height, cm*	168.9 ± 5.8	156.7 ± 5.6	<0.001
Weight, kg*	73.8 ± 15.2	60.8 ± 9.1	<0.001
BSA, m ² *	1.72 ± 0.39	1.32 ± 0.21	<0.001
BMI, kg/m ² *	25.7 ± 5.4	24.8 ± 3.6	0.63
LV mass, g*	176.2 ± 48.8	155.4 ± 46.5	0.048
LVMI, g/m ² *	105.7 ± 35.5	121.5 ± 35.6	0.12
EF, %*	61.4 ± 7.2	60.5 ± 8.5	0.85
DM [†]	1 (4.3%)	6 (11.3%)	0.67
Hypertension [†]	4 (17.4%)	22 (41.5%)	0.06
CCB use [†]	3 (13.0%)	10 (18.9%)	0.74
Dominance [†]			0.44
Right	16 (69.6%)	36 (68.4%)	
Balanced	4 (17.4%)	14 (26.4%)	
Left	3 (13.0%)	3 (5.7%)	

BSA: body surface area, BMI: body mass index, LV: left ventricle, LVMI: LV mass index, EF: ejection fraction, DM: diabetes mellitus, CCB: calcium channel blocker. *: by Mann-Whitney test, †: by χ^2 test

이가 있었다($p=0.02$). 우관동맥 근위부의 경우도, 우측 우세는 4.1 ± 0.4 mm였으나, 균형우세 및 좌측 우세 모두 3.3 ± 0.6 mm로 측정되어 우측 우세가 유의하게 내경이 큼을 알 수 있었다($p=0.02$). 각 혈관의 중간 분절과 원위부에서 측정된 혈관의 내경은 좌전하행지와 좌회선지의 경우 해부학적 우세 별 유의한 차이가 없었으며, 우관동맥만이 우측 우세가 유의하게 다른 우세에 비해 컸다($p<0.01$)(Table 2).

여성에서는, 좌주간지 내경의 우세 별 측정값의 평균이 4.5 ± 0.6 mm 였으며 좌전하행지와 좌회선지 근위부 내경의 우세 별 측정값의 평균은 각각 3.6 ± 0.5 mm, 3.3 ± 0.6 mm로서 해부학적 우세 별 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 반면, 근위부 우관동맥의 경우 우측 우세에선 3.7 ± 0.5 mm, 균형 우세에선 3.1 ± 0.4 mm, 좌측 우세에선 3.2 ± 0.4 mm로 측정되어 유의하게 우측 우세에서의 내경이 다른 우세에

Table 2. Lumen diameter (mm) of coronary artery segments in normal men

Location	RD (n=16)	BD (n=4)	LD (n=3)	p
LMCA	4.4 ± 0.5	4.7 ± 0.3	5.2 ± 0.3	0.03
PLAD	3.9 ± 0.4	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	0.95
MLAD	3.0 ± 0.4	2.9 ± 0.2	3.3 ± 0.1	0.31
DLAD	2.4 ± 0.2	2.3 ± 0.3	2.7 ± 0.1	0.06
PLCX	3.3 ± 0.5	3.5 ± 0.3	4.0 ± 0.1	0.06
MLCX	3.0 ± 0.5	2.9 ± 0.2	3.1 ± 0.6	0.90
DLCX	2.4 ± 0.4	2.4 ± 0.2	2.6 ± 0.6	0.95
PRCA	4.1 ± 0.4	3.3 ± 0.6	3.3 ± 0.6	0.03
MRCA	3.6 ± 0.4	2.9 ± 0.5	2.7 ± 0.2	<0.01
DRCA	3.2 ± 0.4	2.5 ± 0.4	2.4 ± 0.2	<0.01

LMCA: left main coronary artery, PLAD/MLAD/DLAD: proximal/mid/distal left anterior descending artery, PLCX/MLCX/DLCX: proximal/mid/distal left circumflex artery, PRCA/MRCA/DRCA: proximal/mid/distal right coronary artery, RD: right dominance, BD: balanced dominance, LD: left dominance. By Kruskal-Wallis test

Table 3. Lumen diameter (mm) of coronary artery segments in normal women

Location	RD (n=36)	BD (n=14)	LD (n=3)	p
LMCA	4.5 ± 0.6	4.4 ± 0.6	5.4 ± 1.1	0.17
PLAD	3.6 ± 0.6	3.6 ± 0.3	4.0 ± 0.7	0.41
MLAD	3.0 ± 0.4	2.9 ± 0.3	3.1 ± 0.3	0.58
DLAD	2.3 ± 0.3	2.3 ± 0.3	2.2 ± 0.1	0.89
PLCX	3.1 ± 0.5	3.5 ± 0.6	4.2 ± 1.3	0.08
MLCX	2.7 ± 0.4	3.2 ± 0.6	3.6 ± 0.7	<0.01
DLCX	2.2 ± 0.4	2.7 ± 0.5	2.8 ± 0.4	0.01
PRCA	3.7 ± 0.5	3.1 ± 0.4	3.2 ± 0.4	<0.01
MRCA	3.3 ± 0.5	2.8 ± 0.4	3.0 ± 0.3	<0.01
DRCA	3.0 ± 0.4	2.5 ± 0.4	2.4 ± 0.13	<0.01

LMCA: left main coronary artery, PLAD/MLAD/DLAD: proximal/mid/distal left anterior descending artery, PLCX/MLCX/DLCX: proximal/mid/distal left circumflex artery, PRCA/MRCA/DRCA: proximal/mid/distal right coronary artery, RD: right dominance, BD: balanced dominance, LD: left dominance. By Kruskal-Wallis test

Table 4. Cross-sectional area (mm²) of coronary artery segments in normal men

Location	RD (n=16)	BD (n=4)	LD (n=3)	p
LMCA	15.6±3.1	17.6±2.3	21.1±2.7	0.03
PLAD	12.2±2.9	11.1±1.4	11.4±1.0	0.95
MLAD	7.4±2.0	6.7±1.1	8.4±0.6	0.31
DLAD	4.5±0.9	4.2±1.1	5.8±0.6	0.06
PLCX	9.0±2.5	9.5±1.8	12.5±0.4	0.06
MLCX	7.1±2.4	6.7±1.1	7.9±2.9	0.90
DLCX	4.5±1.5	4.6±1.5	5.3±2.4	0.95
PRCA	13.0±2.7	8.7±3.1	8.8±3.2	0.03
MRCA	10.4±2.1	6.7±2.3	5.9±0.9	<0.01
DRCA	8.1±2.0	5.2±1.7	4.4±0.8	<0.01

LMCA: left main coronary artery, PLAD/MLAD/DLAD: proximal/mid/distal left anterior descending artery, PLCX/MLCX/DLCX: proximal/mid/distal left circumflex artery, PRCA/MRCA/DRCA: proximal/mid/distal right coronary artery, RD: right dominance, BD: balanced dominance, LD: left dominance. By Kruskal-Wallis test

Table 5. Cross-sectional area (mm²) of coronary artery segments in normal women

Location	RD (n=36)	BD (n=14)	LD (n=3)	p
LMCA	15.8±4.2	15.4±5.1	23.1±9.4	0.17
PLAD	10.3±3.4	10.0±1.7	12.8±3.9	0.41
MLAD	7.0±1.7	6.8±1.3	7.7±1.3	0.58
DLAD	4.3±1.2	4.1±1.0	3.9±0.4	0.89
PLCX	7.8±2.5	9.7±3.9	14.5±8.7	0.08
MLCX	6.0±1.9	8.3±3.1	10.4±4.0	<0.01
DLCX	4.0±1.3	5.8±2.4	6.3±1.7	0.01
PRCA	10.8±2.8	7.8±2.1	7.9±1.8	<0.01
MRCA	8.6±2.6	6.4±1.7	6.9±1.3	<0.01
DRCA	7.1±2.1	5.2±1.6	4.5±0.3	<0.01

LMCA: left main coronary artery, PLAD/MLAD/DLAD: proximal/mid/distal left anterior descending artery, PLCX/MLCX/DLCX: proximal/mid/distal left circumflex artery, PRCA/MRCA/DRCA: proximal/mid/distal right coronary artery, RD: right dominance, BD: balanced dominance, LD: left dominance. By Kruskal-Wallis test

비해 컸다($p<0.01$). 각 관동맥 중간 분절과 원위부의 경우 좌전하행지는 우세 별 차이가 없었으나, 좌회선지는 좌측 우세가 우관동맥은 우측 우세가 다른 우세의 동일 부위에 비해 의미있게 컸다(Table 3). 모든 혈관 내경의 측정은 두 명의 관찰자가 독립적으로 수행했으며, 관찰자간 평균 오차는 0.11 ± 0.02 mm였다.

본 연구는 정상 관상동맥만을 대상으로 하였으므로, 동맥의 단면은 원형이고 따라서 그 단면적은 $\pi D^2/4$ (D: 내경)로 계산할 수 있다고 가정하였다.⁹⁾²⁰⁾ 공식에 의거 각 관동맥의 부위별 단면적을 구하였으며, 성별 해부학적 우세에 따른 차이는 관동맥 내경 측정에서의 결과와 같았다(Table 4, 5).

관상동맥 크기 결정인자

관상동맥의 분포는 해부학적 우세 등의 특징에 따라 각각

Table 6. Univariate analysis for TVD and TCA

	p for TVD	p for TCA
Sex*	<0.01	<0.01
Hypertension [†]	0.50	0.46
CCB [‡]	0.37	0.37
Dominance [‡]	0.19	0.16
Age [§]	0.58	0.53
BSA [§]	0.10	0.13
BMI [§]	0.49	0.53
LV mass [§]	0.04	0.04
LVMI [§]	0.32	0.26
Height [§]	0.10	0.14
Weight [§]	0.19	0.25

CCB: calcium channel blocker, BSA: body surface area, BMI: body mass index, LV: left ventricle, LVMI: LV mass index, TVD: total vessel diameter= (PLAD+PLCX+PRCA) diameter, TCA: total coronary area= (PLAD+PLCX+PRCA) cross-sectional area (PLAD: proximal left anterior descending artery, PLCX: proximal left circumflex artery, PRCA: proximal right coronary artery). *: student t-test, †: Mann-Whitney U-test, ‡: Kruskal-Wallis test, §: simple linear regression

Table 7. Multiple linear regression models predicting TVD and TCA

	TVD		TCA	
	β	p	β	p
Sex	-0.876	0.015	-4.814	0.019
Age	0.082	0.519	0.088	0.490
Hypertension	0.001	0.994	-0.011	0.933
LV mass	0.220	0.080	0.230	0.068
BSA	0.077	0.614	0.058	0.704

LV: left ventricle, BSA: body surface area, TVD: total vessel diameter= (PLAD+PLCX+PRCA) diameter, TCA: total coronary area= (PLAD+PLCX+PRCA) cross-sectional area (PLAD: proximal left anterior descending artery, PLCX: proximal left circumflex artery, PRCA: proximal right coronary artery)

매우 다양하므로 그 크기에 영향을 미치는 결정인자를 찾기 위해 관상동맥 크기의 대표 매개변수로 총혈관직경과 총관동맥단면적을 이용하였다. 총혈관직경은 좌전하행지, 좌회선지, 우관동맥 각 근위부 직경의 합으로 정의하였고, 총관동맥단면적은 각 좌전하행지, 좌회선지, 우관동맥 근위부 단면적의 합으로 정의하였다.⁹⁾¹¹⁾¹⁵⁾²⁰⁾

단변량분석을 통해 관상동맥의 크기에 영향을 미치는 인자로서 성, 고혈압 유무, 칼슘길항제 사용 유무, 해부학적 우세, 연령, 체표면적, 체질량지수, 좌심실질량, 좌심실질량지수, 키, 체중 등을 검증하였다. 여성은 남성에 비해 총혈관 직경은 7% (10.4 ± 1.3 mm vs 11.2 ± 1.0 mm, $p<0.01$), 총관동맥단면적은 13% (28.9 ± 7.5 mm² vs 33.1 ± 5.9 mm², $p<0.01$)가 유의하게 작았으며, 그 외엔 좌심실질량만이 통계학적으로 유의하게 관상동맥의 크기와 연관이 있었다(총혈관 직경과 총관동맥단면적에 대해 모두, $p=0.04$)(Table 6). 또한 다중회귀분석을 이용하여 성, 연령, 고혈압 유무, 좌심실

질량, 체표면적과 같은 임상적 해부학적 영향인자 중 성만이 통계학적으로 유의하게 관상동맥의 크기를 독립적으로 예측할 수 있음을 확인하였다(총혈관직경, $p=0.015$; 총관동맥 단면적, $p=0.019$)(Table 7).

고 찰

본 연구는 관상동맥 조영술 3,412예 중 127예의 정상 관상동맥을 대상으로 좌심실 구혈율이 45% 미만이거나, 의미 있는 심장 판막질환, 조영술 도중 나이트레이트 제제를 투여한 경우, 조영술 당일 서방형 나이트레이트 제제를 복용한 경우를 제외한 76예를 분석하였다.

해부학적 우세의 분포는 후하행동맥과 좌심실의 후측벽에 분포하는 후측 분지가 우관동맥에서 기시하는 우측 우세가 52예(68.4%), 양혈관이 좌관동맥에서 기시하는 좌측 우세가 6예(7.9%)였으며, 후하행동맥은 우관동맥에서 후측 분지는 좌관동맥에서 각각 기시하는 균형 우세가 18예(23.7%)로서 다른 보고들에 비해 균형 우세가 조금 많았다.²¹⁾²⁶⁾

관상동맥 직경에 대한 연구들은 과거 대부분 사후 부검을 통해 진행되어, 사후 평활근의 팽창성 변화가 관동맥의 실제 직경에 영향을 미쳤을 가능성이 있으며 관류상태의 역동적인 혈관의 변화를 반영하지 못하였다.³⁾¹³⁾¹⁹⁾²⁰⁾ 혈관조영술에 의한 살아있는 인간 생체의 관상동맥 내경의 측정은 비교적 최근에 시작되어 MacAlpin 등¹¹⁾은 소수의 정상인 군과 심장질환 있는 환자군 등에서 관상동맥 내 12지점의 내경을 측정하여 보고한 바 있다. 이후 여러 연구에서 혈관조영술을 이용해 관상동맥 내경에 관한 보고를 한 바 있으나,¹⁵⁾¹⁶⁾²²⁾ 심장질환과 동맥경화가 없는 정상인의 관상동맥을 해부학적 우세 별로 나누어 각 관상동맥의 크기를 측정한 연구는 Dodge 등⁹⁾의 연구가 유일하였다. 혈관조영술에 의한 관상동맥의 내경은 알려진 바와 같이 경피적 관동맥 중재시술 혹은 관상동맥우회로술 등의 성적과 깊은 관련이 있으므로 실제 임상적으로 중요한 지표이다.¹⁻⁸⁾ 따라서 정상 관상동맥의 각 분절 별 내경의 측정은 다양한 신체적, 생리적, 병리적 상태의(예, 미만성 동맥경화, 확장성 심근증 등) 관동맥 직경에 대한 정상 참고치로서 의미가 크다.

본 연구는 다른 연구들과 측정 방법 혹은 대상군에 있어 약간의 차이는 있지만 그 측정 값은 다른 혈관조영술에 의한 연구들의 보고와 대체로 비슷하였다.⁹⁾¹¹⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²²⁾ 예를 들면, 본 연구의 우측우세 남성의 좌주간지 내경은 4.4 ± 0.5 mm였으며, Dodge 등⁹⁾은 4.5 ± 0.5 mm로 보고하였다. 한편 해부학적 우세의 구분을 하지 않았던 MacAlpin 등¹¹⁾은 4.3 ± 0.6 mm로 보고하였고, 남녀의 구분 및 해부학적 우세의 구분

없이 백인종(Caucasian)과 인도아시아인으로 나눈 Lip 등¹⁶⁾의 결과는 각각 5.5 mm와 4.0 mm, 국내의 이 등²²⁾은 4.0 mm였다. 우측우세 남성의 근위부 좌전하행지와 좌회선지 및 근위부 우관동맥의 경우 본 연구는 각각 3.9 ± 0.4 mm, 3.3 ± 0.5 mm, 4.1 ± 0.4 mm였고, Dodge 등⁹⁾은 3.7 ± 0.5 mm, 3.4 ± 0.5 mm, 4.0 ± 0.6 mm였다. MacAlpin 등¹¹⁾은 우세의 구분 없이 3.5 ± 0.5 mm, 3.1 ± 0.7 mm, 3.4 ± 0.4 mm로 보고하였고, Lip 등¹⁶⁾은 백인종은 4.4 mm, 3.2 mm, 3.4 mm, 인도아시아인은 3.2 mm, 3.0 mm, 3.0 mm로 보고했으며, 국내의 이 등²²⁾은 근위부 우관동맥에 대해서만 3.6 mm로 보고하였다. 이상의 보고를 분석해 보면 대개 체표면적이 한 국민보다 큰 서구인을 대상으로 진행했던 측정과 비교해, 본 연구 대상들의 관동맥 내경이 대체로 비슷하며 다른 아시아인에 비해서는 오히려 큰 경향을 보였다. 그러나 총혈관직경의 경우 해부학적 우세 별로 의미 있는 통계학적 차이가 없어 남녀 성별로만 구분하여 측정한 본 연구의 결과는 남자 11.2 ± 1.0 mm, 여자 10.4 ± 1.3 mm로서 Dhawan 등¹⁵⁾이 조사한 백인 남성 72명의 평균 13.8 mm, 아시아인 남성 70명의 평균 12.8 mm에 비해 좀더 작은 경향을 보이기도 해 뚜렷이 체표면적 혹은 인종간의 차이로 설명할 수는 없다고 본다.

또한, 유일한 국내 자료인 이 등²²⁾의 보고와 비교해서도 약간 큰 값을 보였는데 이 등은 남녀 및 해부학적 우세의 구분 없이 모든 측정값을 평균하여 보고한 것으로 당뇨, 좌심실질량, 체표면적 등의 임상적 특성에 대한 자료도 없으므로 본 연구의 결과와 단순 비교하는 것은 곤란하다고 생각한다.

최근에는 다양한 기술적 발달로 침습적으로는 혈관내초음파를 통하여, 부분침습적으로는 경식도초음파를 이용하여 관상동맥의 단면적을 측정한 연구들도 있었다. Kucher 등¹⁰⁾은 경식도초음파를 통해 좌주간지와 우관동맥의 근위부 단면적을 측정한 바 있으나, 수평적 거리를 측정하는 데 있어서 외측 해상도(lateral resolution)가 떨어져 특히 우관동맥 측정값의 정확도가 낮고 근위부 외에는 다른 분절에 접근할 수 없다는 단점이 있다. 혈관내초음파를 이용한 연구들은 그 측정 방법의 정확도에도 불구하고, 관상동맥 중재시술 직전 나이트레이트 제제를 쓴 상태에서 측정했던 것으로서, 혈관내초음파를 통해 병변 근위부 관상동맥 내에 동맥경화가 없음을 확인했다 해도 건강한 사람의 관상동맥 크기를 정확히 반영할 수는 없다. 또한, 중재시술의 목표가 되는 혈관의 병변 근위부 밖에 접근할 수 없다는 한계가 있었다.¹⁷⁾¹⁸⁾ 그러나, 본 연구의 혈관 내경을 이용한 단면적 도출($D^2/4$ (D: 내경))은 같은 공식을 이용한 Leung 등²⁰⁾의 보고나 혈관내초

음파를 이용한 연구들,¹⁷⁾¹⁸⁾ 경식도초음파를 이용한 연구의 결과와 대체로 유사하였다.¹⁰⁾

관동맥의 직경은 혈류와 관련된 혈관벽의 전단력에 좌우되고, 심근의 산소요구량을 증대시키거나 심근의 비후를 야기하는 환경 등에 영향을 받으며 유전적인 인자에 의해서도 영향을 받는다.⁹⁻¹¹⁾ 관동맥 직경의 결정인자로는 체표면적, 체질량지수, 키, 몸무게 등의 전신적 특성 뿐 아니라 심장의 무게, 좌심실 질량 등이 제시된 바 있으며, 성, 인종, 종족 간에도 차이가 있는 것으로 알려져 있으나, 보고마다 약간의 차이가 있다.²⁾³⁾⁹⁻²⁰⁾ 심근의 질량은 신체 크기와 깊은 연관이 있고,²⁷⁾²⁸⁾ 심근의 양이 관상동맥 크기에 대한 예측인자라는 사실은 오래 전부터 조사 방법에 관계없이 알려져 왔다.³⁾⁹⁻¹⁴⁾²⁰⁾ 그러나, 연령의 경우 심장의 질량을 보정하고도 혈관 크기에 대해 독립적인 예측인자라는 보고도 있는 반면¹³⁾¹⁹⁾ 그렇지 않다는 보고도 있으며⁹⁾¹¹⁾ 반대로 역상관 관계에 있다는 보고도 있었다.²⁰⁾ 전신 크기의 지표 중 하나인 체표면적의 경우에도 대개 관동맥의 크기와 양성 관계를 보였지만²⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾ 본 연구에서와 같이 직접적인 관련이 없는 경우도 있었다.²⁰⁾ 그 외 키, 체중, 체질량지수가 관상동맥 크기에 대해 영향을 미친다는 보고와²⁾ 그렇지 않다는 보고,²⁰⁾ 관상동맥의 굴곡이 클수록 내경도 크다는 보고와³⁾ 영향 없다는 보고도 있었다.⁹⁾ 아시아인과 백인종을 비교한 연구에서는 관상동맥의 크기는 유의하게 백인종이 컸으나 체표면적을 고려 보정했을 경우 두 인종 사이에 고유한 관상동맥 크기의 차이는 발견할 수 없었다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 그러나, 흑인종의 경우 백인종에 비해 독립적으로 관동맥의 크기가 컸다는 보고도 있어¹⁹⁾ 인종간의 차이가 관상동맥 크기에 대해 독립적인 예측인자인 지 여부도 아직 확실하지 않다. 또한 남녀간의 관상동맥 크기 차이에 대해서도 보고마다 다양하다. 즉, 두 성간에 관동맥 크기의 차이는 없다는 보고와¹³⁾ 체표면적, 혹은 연령과 체표면적, 혹은 좌심실질량, 혹은 체표면적과 좌심실질량으로 보정하고도 차이가 있었다는 보고들과²⁾⁹⁾¹⁰⁾¹⁷⁾¹⁸⁾ 체표면적으로 보정했을 경우엔 차이가 없었다는 보고¹¹⁾ 등 연구마다 서로 일치하지 않는 결과를 보였다. 그러나, 대개의 연구에서 성은 독립적인 관상동맥 크기에 대한 예측인자로서 간주되었으며 본 연구에서도 같은 결과를 보였다.

본 연구는 단변량 분석을 통해 성, 고혈압 유무, 칼슘길항제 사용 유무, 해부학적 우세, 연령, 체표면적, 체질량지수, 좌심실질량, 좌심실질량지수, 키, 체중 등이 관상동맥의 크기에 영향을 미치는 지를 검증하였으며 이 중 통계학적으로 유의한 것은 성과 좌심실질량 뿐이었다. 또한 성, 연령, 고혈압 유무, 좌심실질량, 체표면적에 대해 다중선형회귀분석을 시행하여 유일하게 성만이 독립적인 관상동맥 크기 예

측 인자임을 확인하였다.

혈관 조영술을 이용하여 심장 질환 없는 건강한 성인 생체의 정상 관상동맥을 대상으로 해부학적 우세까지 고려해 관찰한 연구로는 Dodge 등⁹⁾의 연구가 유일하였으나, 그 연구에서는 좌심실의 크기와 심벽의 두께에 대한 충분한 정보의 부재로 좌심실질량에 대한 영향을 배제 못했으며, 유일하게 체표면적에 대해서만 보정하여 성이 관동맥 크기의 차이에 영향을 미친다고 주장함으로써 통계적 검증력에 한계가 있었다. 한편, 경식도초음파와 혈관내초음파를 통해 측정된 관동맥 크기를 대상으로 좌심실 질량 그리고 체표면적과 좌심실질량에 대해 동시에 보정하여 성이 독립적인 관동맥 크기의 예측인자임을 보인 기타 연구들이 있었지만 이들 연구의 경우 전술한 바와 같이 측정 방법과 대상의 한계가 있으며, 해부학적 우세에 대한 고려는 배제돼 있었다.¹⁰⁾¹⁸⁾ 따라서 혈관 조영술을 이용하여 심장 질환 없는 건강한 성인 생체의 정상 관상동맥을 대상으로 해부학적 우세를 고려해 관찰한 결과를 토대로 좌심실질량을 포함 체표면적, 성, 연령, 고혈압 유무 등과 같은 전신적, 임상적, 해부학적 특성들 상호간의 간섭을 보정한 다중회귀분석으로 성이 관동맥 크기에 대한 독립적 예측인자임을 제시한 연구로서는 본 연구가 최초이다.

관상동맥 크기에 있어 성 고유의 차이에 대한 기전은 아직 정확히 알려진 바 없으나 여성 호르몬인 에스트로겐의 혈관 확장 기능과 동맥경화에 대한 억제 기능이 영향을 미칠 수 있다. 즉, 에스트로겐이 관상동맥의 발생과 성장에 영향을 미치거나 혹은 만성적인 혈관운동 감수성을 변화시켰을 가능성이 있는 것이다.¹⁸⁾ 그러나, 관상동맥의 해부학적 차이에 영향을 미치는 성의 역할에 대하여는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는, 첫째, 대상군이 과연 정상인 집단을 대표할 수 있는가에 대한 문제이다. 즉, 단일 병원에서 시행한 단면적 연구로서 도시의 대학병원을 방문하여 혈관조영술을 시행 받은 대상군을 전체 정상인 집단으로 일반화시키는 것은 어려울 수 있다. 또한, 관상동맥 촬영 결과 정상이었으며 유의한 심장 판막질환이나 좌심실 기능의 저하가 없는 사람을 대상으로 하였지만, 검사를 받은 대상들은 비전형적 흉통, 호흡곤란, 부정맥 등의 이유가 있었으며 일부 고혈압, 당뇨 등의 질환이 있었던 사람으로서 이들이 과연 '정상인' 군을 대표한다고 단언기는 어려울 것이다. 그렇지만 과거의 여타 혈관조영술을 이용한 연구들의 경우조차 거의 100명 미만을 대상으로 발표됐듯이 증상이 없는 건강한 대조군을 모집해 관상동맥조영술을 시행하는 것은 윤리적으로나 현실적으로 거의 어렵고 실제 조영술상 정상이 아

닐 수도 있으므로 검사 방법이 갖는 정상 대조군 모집에 대한 한계점이 있다. 둘째, 관상동맥조영술 상 관동맥 내경의 불규칙한 변연이나 협착이 전혀 없다고 판정한 정상 소견을 보였더라도 혈관내초음파를 통해 동맥경화반의 부재를 확인 하진 못하였으므로 미만성 동맥경화반에 의한 협착을 간과 했을 가능성이 있다. 그러나 정상 관상동맥에 대하여 유도 철사를 진입시켜 침습적으로 혈관내초음파를 사용한다는 것 역시 윤리적으로나 비용적으로 어려운 부분이다. 셋째, 혈 관조영술을 이용하여 측정한 관상동맥의 크기는 실제 혈관 의 직경이 아닌 그 내경이라는 점이다. 그러나, 임상에서 실 제적으로 이용하는 중요한 지표는 대부분 혈관의 내경이므로 그 측정값 자체의 의미는 보다 현실적일 수 있다. 넷째, 본 연구의 경우 일부 좌심실비후 환자를 따로 제외시키지 않음 으로서 전체적인 혈관 내경의 크기에 영향을 미쳤을 수 있다.

본 연구는 심장질환 없는 한국인의 정상 관상동맥의 크기를 측정하여 다양한 생리적, 병리적 상태에 대한 참고 기준치를 제시한 것으로서 보다 많은 기관이 참여해 자료를 모은다면 좀더 객관적이고 보편적인 표준을 만들 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

배경 및 목적 :

관상동맥의 크기는 관동맥우회로술이나 경피적 관동맥 중재시술의 성적과 깊은 연관이 있는 중요한 임상 지표이다. 따라서 저자 등은 심장질환 없는 한국인 정상 관상동맥의 분절 별 직경을 측정하고, 관동맥 크기에 영향을 미치는 결정인자들을 확인함으로써 다양한 신체적, 생리적, 병리적 상태의 관동맥 직경에 대한 한국인의 정상 참고치로 활용함을 목적으로 본 연구를 수행하였다.

방 법 :

본원에서 최근 4년간 시행된 일련의 3,412예의 관상동맥 조영술 검사 중 127예의 정상 관상동맥을 대상으로 좌심실 구혈율이 45% 미만이거나, 의미있는 심장 판막질환, 조영술 도중 나이트레이트 제제를 투여한 경우, 조영술 당일 서방형 나이트레이트 제제를 복용한 경우를 제외한 76예에서 연구를 진행하였다. 좌주간지의 가운데 부위와 좌전하행지, 좌회선지 및 우관동맥의 각 근위부, 중간부, 원위부에서 가장 직경이 큰 지점을 각각 측정해 정상치를 얻었으며 총혈관직경과 총관동맥단면적을 이용해 관상동맥의 크기에 영향을 미치는 임상적, 해부학적 특성을 구하였다.

결 과 :

남성의 경우, 근위부 좌전하행지와 좌회선지의 직경이 각

각 3.9 ± 0.4 mm, 3.5 ± 0.5 mm로서 해부학적 우세에 따른 차이는 없었다. 반면 좌주간지는 4.4 ± 0.5 mm에서 5.2 ± 0.3 mm($p < 0.05$), 우관동맥의 내경은 3.3 ± 0.6 mm에서 4.1 ± 0.4 mm로 해부학적 우세에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 여성은 좌주간지와 근위부 좌전하행지, 좌회선지의 직경이 각각 4.5 ± 0.7 mm, 3.6 ± 0.5 mm, 3.3 ± 0.6 mm였으며 우세 별로 유의한 차이는 없었다. 그러나, 근위부 우관동맥의 내경은 3.1 ± 0.4 mm에서 3.7 ± 0.5 mm($p < 0.01$)로 우세에 따른 차이가 유의하였다. 성, 고혈압 유무, 칼슘길항제 사용 유무, 해부학적 우세, 연령, 체표면적, 체질량지수, 좌심실질량, 좌심실질량지수, 키, 체중 등의 임상적, 해부학적 특성 중 관상동맥의 크기에 영향을 미치는 인자는 좌심실질량과 성이었으며, 다중회귀분석을 통해 검증한 관상동맥 크기를 예측할 수 있는 독립적인 특성은 성이 유일하였다.

결 론 :

심장질환 없는 한국인의 정상 관상동맥의 크기를 측정하였으며 이는 다양한 생리적, 병리적 상태에 대하여 그 참고 기준치로서의 의미를 지닌다. 여러 임상적 해부학적 변수 중 관상동맥의 크기에 영향을 미치는 인자는 성과 좌심실질량이었으며 특히 성의 경우 다중회귀분석으로 다른 인자들의 영향을 보정하고도 독립적인 예측인자임을 확인하였다.

중심 단어 : 관상동맥 ; 한국인.

REFERENCES

- 1) Fisher LD, Kennedy JW, Davis KB, et al. Association of sex, physical size, and operative mortality after coronary artery bypass in the Coronary Artery Surgery Study (CASS). *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982;84:334-41.
- 2) O'Connor NJ, Morton JR, Birkmeyer JD, Olmstead EM, O'Connor GT. Effect of coronary artery diameter in patients undergoing coronary bypass surgery. *Circulation* 1996;93:652-5.
- 3) Hutchins GM, Bulkley BH, Miner MM, Boitnott JK. Correlation of age and heart weight with tortuosity and caliber of normal human coronary arteries. *Am Heart J* 1977;94:196-202.
- 4) O'Connor GT, Morton JR, Diehl MJ, et al. Differences between men and women in hospital mortality associated with coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 1993;88:2104-10.
- 5) Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al. Intravascular ultrasound predictors of restenosis after percutaneous transcatheter coronary revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:1678-87.
- 6) Foley DP, Melkert R, Serruys PW. Influence of coronary vessel size on renarrowing process and late angiographic outcome after successful balloon angioplasty. *Circulation* 1994;90:1239-51.
- 7) Hoffmann R, Mintz GS, Mehran R, et al. Intravascular ultrasound predictors of angiographic restenosis in lesions treated with Palmaz-Schatz stents. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:43-9.
- 8) Saucedo JF, Popma JJ, Kennard ED, et al. Relation of coronary artery size to one-year clinical events after new device angioplasty of native coronary arteries (a New Approach to Coronary Intervention [NACI] registry report). *Am J Cardiol* 2000;85:166-71.

- 9) Dodge JT Jr, Brown BG, Bolson EL, Dodge HT. *Lumen diameter of normal human coronary arteries: influence of age, sex, anatomic variation, and left ventricular hypertrophy or dilation.* *Circulation* 1992;86:232-46.
- 10) Kucher N, Lipp E, Schwerzmann M, Zimmerli M, Allemann Y, Seiler C. *Gender differences in coronary artery size per 100 g of left ventricular mass in a population without cardiac disease.* *Swiss Med Wkly* 2001;131:610-5.
- 11) MacAlpin RN, Abbasi AS, Grollman JH Jr, Eber L. *Human coronary artery size during life: a cinearteriographic study.* *Radiology* 1973;108:567-76.
- 12) Lewis BS, Gotsman MS. *Relation between coronary artery size and left ventricular wall mass.* *Br Heart J* 1973;35:1150-3.
- 13) Roberts CS, Roberts WC. *Cross-sectional area of the proximal portions of the three major epicardial coronary arteries in 98 necropsy patients with different coronary events: relationship to heart weight, age and sex.* *Circulation* 1980;62:953-9.
- 14) Koiwa Y, Bahn RC, Ritman EL. *Regional myocardial volume perfused by the coronary artery branch: estimation in vivo.* *Circulation* 1986;74:157-63.
- 15) Dhawan J, Bray CL. *Are Asian coronary arteries smaller than Caucasian?: a study on angiographic coronary artery size estimation during life.* *Int J Cardiol* 1995;49:267-9.
- 16) Lip GY, Rathore VS, Katira R, Watson RD, Singh SP. *Do Indo-Asians have smaller coronary arteries?* *Postgrad Med J* 1999;75:463-6.
- 17) Sheifer SE, Canos MR, Weinfurt KP, et al. *Sex differences in coronary artery size assessed by intravascular ultrasound.* *Am Heart J* 2000;139:649-53.
- 18) Kim SG, Apple S, Mintz GS, et al. *The importance of gender on coronary artery size: in-vivo assessment by intravascular ultrasound.* *Clin Cardiol* 2004;27:291-4.
- 19) Litovsky SH, Farb A, Burke AP, et al. *Effect of age, race, body surface area, heart weight and atherosclerosis on coronary artery dimensions in young males.* *Atherosclerosis* 1996;123:243-50.
- 20) Leung WH, Stadius ML, Alderman EL. *Determinants of normal coronary artery dimensions in humans.* *Circulation* 1991;84:2294-306.
- 21) Choi YH, Park JH, Hwang HG. *Normal variations of coronary arteries in Korean by coronary angiography.* *J Korean Radiol Soc* 1994;31:233-41.
- 22) Lee WG, Park SJ, Ha SK, Shim WH, Cho SY, Choi HJ. *A study on the anatomy of the coronary arteries of Korean adults by selective coronary angiography.* *Korean Circ J* 1983;13:349-54.
- 23) Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, et al. *ACC/AHA guidelines for coronary angiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography).* *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1756-824.
- 24) National Heart, Lung, and Blood Institute Coronary Artery Surgery Study. *National Heart, Lung, and Blood Institute Coronary Artery Surgery Study: a multicenter comparison of the effects of randomized medical and surgical treatment of mildly symptomatic patients with coronary artery disease and a registry of consecutive patients undergoing coronary angiography.* *Circulation* 1981;63 (Suppl 1):II-181.
- 25) Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. *The Echo Manual.* 2nd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Company; 1999. p.39.
- 26) Popma JJ, Bittl J. *Coronary angiography and intravascular ultrasoundography.* In: Braunwald E editor: *Heart Disease: a textbook of cardiovascular medicine.* 6th ed. Philadelphia: W.B.Saunders Company; 2001. p.399-400.
- 27) Gardin JM, Savage DD, Ware JH, Henry WL. *Effect of age, sex, and body surface area on echocardiographic left ventricular mass in normal subjects.* *Hypertension* 1987;9 (Suppl II):II36-9.
- 28) Gutsell HP, Rembold CM. *Growth of the human heart relative to body surface area.* *Am J Cardiol* 1990;65:662-8.