

# 청소년기 비만지표와 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성: Kangwha Study

이유정, 남정모<sup>1)</sup>, 김현창<sup>1)</sup>, 허남욱<sup>2)</sup>, 서 일<sup>1)</sup>

연세대학교 대학원 보건학과, 연세대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1)</sup>, 한양대학교 BK 의생명과학사업단<sup>2)</sup>

## The Association between Obesity Indices in Adolescence and Carotid Intima-media Thickness in Young Adults: Kangwha Study

Yoo Jung Lee, Chung Mo Nam<sup>1)</sup>, Hyeon Chang Kim<sup>1)</sup>, Nam Wook Hur<sup>2)</sup>, Il Suh<sup>1)</sup>

Graduate School of Public Health, Yonsei University, Seoul, Korea, Department of Preventive Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea<sup>1)</sup>, Biomedical Research Group, Hanyang Brain Korea 21, Hanyang University, Seoul, Korea<sup>2)</sup>

**Objectives** : The aim of this study is to investigate the association between obesity indices (body mass index, weight, waist-hip ratio and waist circumference) in adolescents and the carotid intima-media thickness (C-IMT) in early adulthood. We also wanted to identify the best predictor for C-IMT among these obesity indices.

**Methods** : This study used community-based prospective cohort study, known as the Kangwha Study, and the data we used were from subjects who were 16-years old in 1996 (defined as "adolescence") and 25 years-old in 2005 (defined as "early adulthood"). The 256 subjects (113 men and 143 women) who were used for analysis participated in both follow-ups, and they underwent B-mode ultrasonography of the carotid arteries at the early adulthood follow-up. Obesity indices were defined as the body mass index, weight, waist-hip ratio and waist circumference. The C-IMT was defined as the mean of the maximal IMT of each common carotid artery. The C-IMT and obesity indices associations were evaluated via multivariable regression, logistic regression and the

receiver-operator characteristic curve analyses.

**Results** : In men, all the obesity indices in adolescence were showed to have statistically significant positive association with C-IMT in early adulthood. However, no such relationship was showed in women. On multiple regression and logistic regression analysis, the waist-hip ratio showed the biggest relationship with the C-IMT among the 4 obesity indices. However, there were no statistical significant differences and no best predictor was found. For the women, the obesity incidences and C-IMT showed no relationships.

**Conclusions** : This study suggested that obesity in adolescence was related to an increase C-IMT in healthy young Korean men.

*J Prev Med Public Health 2008;41(2):107-114*

**Key words** : Obesity, Carotid artery thrombosis, Adult, Adolescence

## 서론

소아와 청소년 비만의 증가는 이제 세계의 주요 보건문제로 자리잡았다 [1,2]. 미국의 소아비만 유병률은 약 14~17%로 추정되며 [3] 최근 10년 동안 몇몇 국가에서 소아와 청소년의 급격한 비만 유병률 증가와 상승을 보고하고 있다 [4]. 우리나라도 예외는 아니어서 국민건강영양조사 자료에 의하면 1998년에서 2001년 사이 10-18세의 과체중 유병률은 남자에서 5.4%에서 11.6%로 증가하였고 여자에서는 5.3%

에서 10.9%로 상승하였다 [5]. 한편 2005년 표본추출 가중치를 적용한 결과에 의하면 1-19세 남자의 11.5%, 여자의 9.7%가 비만한 것으로 추정되었다 [6].

비만은 여러 질병의 위험요인이 되기 때문에 관리하고 예방해야 한다 [7]. 비만은 죽상동맥경화증의 주요한 위험요인으로 알려져 있는데, 죽상동맥경화증은 그 진행 정도가 질환의 예후에 중대한 영향을 미치므로 병변 유무와 진행속도를 파악하는 것이 매우 중요하지만 임상증상이 나타나기 전에는 조기 진단이 쉽지 않은 문

제가 있다. 최근 죽상동맥경화증의 비침습적인 조기 진단법으로서 정량적인 계측이 가능한 경동맥 내중막 두께 측정이 주목을 받고 있으며 [8] 경동맥 내중막 두께 증가와 비만의 관련성에 대한 증거가 많이 제시되고 있다 [9-11].

비만은 다양한 방법으로 평가가 가능하는데, 신장과의 비례적인 비만을 평가하는 체질량지수가 가장 보편적으로 이용되며 체중 자체로 평가하기도 한다. 또한 복부 비만의 지표로서 허리둘레와 엉덩이둘레의 비를 사용하고 허리둘레는 그 자체로 대사증후군 진단에 이용되고 있다. 이와 같이 다양한 비만지표와 경동맥 내중막

두께와의 관련성은 각 연구마다 서로 차이가 있어 이 중 가장 주요한 표지자는 아직 밝혀져 있지 않다 [12-16]. 비만과 경동맥 내중막 두께 증가와의 관련성에 대한 연구는 환자 대상이거나 중년 이상의 성인에서 시행되어 왔고 [9] 초기 성인기 대상자를 대상으로 한 연구는 많지 않으며 아직 국내에서는 시행된 바가 없다. 특히 국내의 전향적인 연구로서 건강인을 대상으로 청소년기의 비만과 향후 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와의 관련성에 대하여 살펴본 연구는 전무한 수준이다.

이 연구에서는 동일연령의 지역사회 코호트인 Kangwha Study를 이용하여 만 16세의 청소년기 비만과 만 25세의 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 다양한 비만지표를 통해 살펴보고 이 중 가장 주요한 표지자를 찾아보고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

Kangwha Study는 1986년 인천시 강화군 강화읍의 4개 초등학교 1학년 만 6세 아동 430명(남학생 211명, 여학생 219명)을 대상으로 구축하여 추적관찰 중인 전향적 코호트이다 [17-19]. Kangwha Study는 초등학교 1학년(1986년)부터 고등학교를 졸업할 때(1997년)까지의 학령기 동안 매년 동일한 시점에 추적조사를 시행하고 3번의 대상자 확장을 하였으며 이후 성인기 추적조사를 21세와 25세 때(각각 2001년과 2005년) 실시하였다. 1차 대상자 확장은 초년기 조사 이듬해인 1987년에 대상 학교를 4개에서 12개 학교로 증가하여 이루어졌다. 이후 중학교 진학 시점에 대상자들이 진학한 중학교의 동일학년 재학생 전체를 대상으로 2차 확장을 하였고 이후 고등학교 진학시에 동일한 방법의 확장을 하여 최종 대상자는 1,223명(남자 586명, 여자 637명)이다.

추적조사 완료 대상은 해마다 다소 차이가 있으나 학령기의 추적조사는 각 학교의 신체검사 일정에 학교를 방문하여 시행하였으므로 거의 전수의 학생에 대해 추적조사가 가능하였다. 성인기 추적조사는 Kangwha Study 대상자들에게 개별적으

로 접촉하여 대상자들이 참여의사를 밝힌 경우에 한하여 시행하였다. 2005년 추적조사의 검사기간은 2005년 4월 23일부터 9월 12일까지였으며 이 기간 동안 총 281명(남자 130명, 여자 151명)의 대상자가 참여하였다. 본 연구는 연세대학교 의과대학 세브란스 병원 윤리위원회의 승인을 받았으며 추적조사에 참여한 대상자에게 연구참여에 대한 설명을 한 후 서면동의를 받았다. 성인기 추적조사 과정에 대한 자세한 내용은 기존 연구에 설명되어 있다 [18]. 이 연구에서는 Kangwha Study의 추적조사 자료 중 만 16세(1996년)와 만 25세(2005년) 자료를 이용하였다. 만 16세의 조사대상자는 총 767명이었으며 이 중 2005년 성인기 추적조사에 참여한 대상은 총 262명이다. 청소년기 추적조사가 마지막으로 이루어진 것은 만 17세(1997년)이지만 해당 조사년도에는 혈액검사가 이루어지지 않았으므로 비만이나 죽상동맥경화증과 관련 있는 것으로 알려진 기타 위험요인들과의 비교를 하기 위하여 혈액검사결과가 있는 만 16세의 측정결과를 사용하기로 하였다. 분석 대상자는 청소년기와 초기 성인기 조사에서 신체계측 및 혈압측정, 혈액검사에 모두 참여하였고, 초기 성인기 조사에서 경동맥 초음파 검사에 참여한 대상자로 총 256명(남자 113명, 여자 143명)이며 만 16세(1996)를 청소년기로 정의하고 만 25세(2005년)를 초기 성인기로 정의하였다.

### 2. 변수 및 측정방법

#### 1) 신체계측

신체계측을 통해 신장, 체중, 허리둘레와 엉덩이둘레를 측정하였다. 신체계측의 신뢰도와 타당도를 높이기 위하여 각각의 추적조사를 수행하기 전에 측정방법을 표준화하여 조사자를 훈련하였다. 청소년기 추적 조사시에는 조사자 특성을 가능한 동일시키기 위하여 의과대학 4학년 학생들을 조사자로 이용하여 동일한 방식에 의하여 측정방법을 표준화하여 훈련시켰으며 학령기의 측정방법과 조사자 훈련방법은 Suh 등 [19]에 자세히 나와 있다.

초기 성인기 추적 조사시에는 훈련받은

연구원 9명이 신체계측을 하였다. 신체계측을 위해 대상자들은 모두 반소매와 반바지의 동일한 검진복을 착용하도록 하였으며 양말은 탈의하였다. 신장은 대상자의 발뒤꿈치와 엉덩이, 어깨, 뒤통수가 신장계의 기둥면에 닿게 하고 똑바로 선 자세에서 시선은 정면을 향하게 한 후 조사자가 대상자의 우측 측면에서 서서 대상자의 자세를 확인하고 누름대(head plate)로 머리카락을 아프지 않을 정도로 완전히 누른 상태에서 신장계(SECA-225, SECA, Germany) 눈금을 눈높이에서 확인하여 소수 첫째 자리까지 측정하였다. 체중의 측정은 대상자가 체중계에 오르기 전에 미리 검진복 무게(500g)를 제외한 상태에서 영점을 맞춘 뒤 대상자가 체중계에 올라 양발에 무게를 동일하게 싣도록 하고 시선은 정면을 향하게 하였으며 체중계(GL-60000-20, Gil-Woo trading, Korea) 전자 눈금이 3초 이상 동일한 값으로 정지한 시점의 체중을 킬로그램 단위로 소수 첫째 자리까지 측정하였다. 체질량지수(body mass index: BMI)는 측정된 신장을 미터 단위로 변화하여 이를 제곱한 값을 체중으로 나누어 산출하였다(kg/m<sup>2</sup>). 허리둘레는 세계보건기구(World Health Organization)에서 제시한 방법을 따라 늑골 하단부와 장골능 상부의 중간 부위를 측정하였다. 허리둘레 측정을 위해 대상자는 속옷을 측정부위 아래로 내리고 직립상태를 유지하게 하였다. 이후 대상자의 바로 뒤에서 오른 쪽 엉덩뼈 능선(iliac crest)을 찾아 줄자(Seca 200, Germany)를 바닥에서 평행하게 유지하면서 몸통을 따라 돌린 후 피부가 눌리지 않을 정도로 몸에 꼭 맞게 줄자를 유지하고 대상자가 편안하게 숨을 내쉬 상태에서 허리둘레를 측정하였다 [20]. 엉덩이둘레는 둔부의 가장 큰 부위를 조사자가 대상자의 측면에서 눈으로 확인하여 허리둘레와 동일한 방법으로 측정하였다. 허리/엉덩이 둘레비(waist-hip ratio: WHR)는 허리둘레를 엉덩이둘레로 나눈 값으로 정의하였고 모든 측정은 센티미터(cm) 단위로 소수 첫째 자리까지 측정하였다. 이 연구에서 비만지표라 함은 체질량지수, 체중, 허리/엉덩이 둘레비, 허리둘레 각각

**Table 1.** Mean and change of obesity indices, blood pressure, blood tests and mean of carotid intima-media thickness

Variables	Men (n=113)			Women (n=143)		
	Adolescence (age 16)	Early adulthood (age 25)	9-year change	Adolescence (age 16)	Early adulthood (age 25)	9-year change
<b>Obesity indices</b>						
<b>RAW values</b>						
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	20.8 ± 2.4	22.8 ± 3.0	2.08 ± 2.03	21.5 ± 2.9	21.0 ± 2.8	-0.49 ± 2.13
Weight, kg	60.9 ± 8.4	68.9 ± 10.0	8.03 ± 6.53	54.1 ± 7.7	54.1 ± 7.7	-0.08 ± 5.5
Waist hip ratio	0.78 ± 0.04	0.87 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.72 ± 0.05	0.87 ± 0.05	0.15 ± 0.06
Waist circumference, cm	70.9 ± 6.1	84.0 ± 6.4	13.1 ± 5.4	66.6 ± 6.3	81.5 ± 6.4	14.8 ± 6.3
<b>Standardized values</b>						
Body mass index	-0.148 ± 0.871	0.340 ± 0.991		0.117 ± 1.080	-0.269 ± 0.926	
Weight	0.433 ± 0.968	0.722 ± 0.873		-0.342 ± 0.889	-0.570 ± 0.672	
Waist hip ratio	0.607 ± 0.746	-0.025 ± 0.806		-0.480 ± 0.912	0.020 ± 0.806	
Waist circumference	0.358 ± 0.929	0.216 ± 0.990		-0.283 ± 0.965	-0.171 ± 0.978	
<b>Blood pressure</b>						
Systolic blood pressure, mmHg	118.7 ± 10.8	127.4 ± 13.3	8.7 ± 12.3	114.0 ± 11.7	111.0 ± 10.8	-3.1 ± 9.7
Diastolic blood pressure, mmHg	73.8 ± 7.9	73.3 ± 8.5	-0.5 ± 8.8	71.8 ± 7.1	67.1 ± 7.5	-4.7 ± 8.2
<b>Blood test</b>						
Total cholesterol, mg/dL	145.3 ± 26.0	170.6 ± 29.2	25.3 ± 23.5	160.7 ± 27.0	160.8 ± 26.1	0.2 ± 23.5
LDL cholesterol, mg/dL	79.0 ± 23.2	96.4 ± 26.3	17.4 ± 24.2	93.9 ± 24.1	86.2 ± 22.0	-7.7 ± 21.4
HDL cholesterol, mg/dL	42.7 ± 8.9	53.6 ± 10.6	10.9 ± 9.3	45.8 ± 10.0	61.3 ± 12.2	15.6 ± 10.3
Triglycerides, mg/dL	119.1 ± 63.8	116.3 ± 65.4	-2.8 ± 73.1	104.8 ± 53.3	71.1 ± 39.5	-33.8 ± 51.8
Log transformed triglycerids	4.66 ± 0.47	4.63 ± 0.48	-0.03 ± 0.54	4.56 ± 0.41	4.17 ± 0.40	-0.39 ± 0.43
Glucose, mg/dL	73.2 ± 10.8	87.1 ± 7.1	14.0 ± 11.4	72.7 ± 9.8	83.3 ± 6.1	10.6 ± 10.5
Carotid intima-media thickness, mm	-	0.685 ± 0.077	-	-	0.679 ± 0.068	-

으로 정의하였다.

## 2) 설문조사와 혈압측정

구조화된 자가기입식 설문지를 통해 일반적 특성과 건강생활습관(음주여부, 흡연여부, 신체활동량), 질병력, 가족력 등에 대하여 조사하였다. 음주는 평소 음주여부를 조사하였고 흡연은 평생 100개피 이상의 담배를 피운 경우로 정의하였다. 신체활동량은 일상생활 활동과 규칙적 운동 여부를 조사하였고 고혈압, 당뇨병, 뇌졸중, 심근경색 등의 질병력과 가족력을 조사하였다.

혈압측정은 자동혈압계(Dinamap 1846 SX/P, USA)를 통해 측정하였고, 검사 전에는 기둥(mercury column)을 이용해 정확도를 보정하였다. 혈압측정 전에 대상자는 의자에 앉은 채 자가 설문에 응답하며 30분 이상 앉아서 휴식을 취하게 하였고 측정 바로 전에는 측정 의자에 앉은 상태에서 팔을 심장높이로 한 채 말을 하지 않고 편안하게 휴식하게 하였다. 혈압측정은 측정 전과 동일한 자세에서 오른손의 손바닥을 위로 향하게 하고 오른팔의 상완 동맥 위에서 혈압대 공기주머니를 중앙에 놓고 편하게 감아 측정하였으며 혈압대 크기는 팔둘레에 따라 조절하였다. 혈압은 두 번 측정하여 평균을 이용하였고 첫 번째와 두 번째 혈압 측정 사이에는 5분 이상 편안한 자세로 앉아서 안정을 취

하도록 하였다. 1차와 2차 혈압의 차이가 10 mmHg 이상 나는 경우에는 한 번 더 측정하여 차이가 적은 두 번의 측정값을 이용하였다.

## 3) 혈액검사

Kangwha Study는 추적조사 동안 총 5번의 혈액검사를 실시하였다. 추적조사 중만 12세(1992년), 만 14세(1994년), 만 16세(1996년)와 두 번의 성인기 추적조사에서 혈액검사를 실시하였고 이중 이미 정의한 청소년기와 초기 성인기의 혈액검사결과를 이용하였다. 혈액검사를 위하여 대상자들은 최소 8시간 이상 금식하였고 위팔정맥(brachial vein)에서 채혈하였다. 혈액검사는 모두 공인된 기관에 의뢰하여 실시하였고 비만과 경동맥 내중막 두께와 관련성이 있는 것으로 알려진 총콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤, 중성지방, 혈당값을 사용하였다.

## 4) 경동맥 초음파 검사

경동맥 초음파 검사는 초기 성인기 추적조사에서 처음으로 시행하였다. 경동맥 내중막 두께 및 죽상경화반(atherosclerotic plaque)의 측정은 고해상도 B-mode 초음파기(Toshia SSA-270A, JAPAN)의 7.5 MHz 선상 탐촉자(axial resolution: 0.2 mm)를 이용하였고 측정에 있어 조사자 간 오차를 없애기 위해 일개 대학병원 내과에서 해당 검사만을 수행하고 있는 훈련된 검사자 1

인이 모두 측정하였다. 경동맥 내중막 두께 측정은 원벽의 내막에 해당하는 첫 번째 반향선과 중막과 외막의 경계를 나타내는 두 번째 반향선 사이의 거리를 캘리퍼의 일종인 Diagmatic calipus (CD-15B, Japan)을 이용하여 측정하였다. 측정값은 좌측과 우측 경동맥 종단면을 따라 총경동맥이 내경동맥과 외경동맥으로 분리되는 분지점의 근위부에 위치한 총경동맥의 원벽에서 내중막 두께가 최고인 지점을 찾아 최고치를 기록하고 좌측과 우측 경동맥 내중막 두께 최고치의 평균값을 분석에 사용하였으며 측정단위는 밀리미터(mm)이다. 보다 자세한 측정방법은 Ahn 등 [18]에 나와 있다.

## 3. 분석 방법

모든 분석은 성별로 나누어 시행하였다. 청소년기와 초기성인기의 비만지표와 혈압, 혈액검사결과, 경동맥 내중막 두께의 평균과 표준편차, 그리고 초기 성인기와 청소년기 사이의 비만지표, 혈압, 혈액검사결과와 9년간 변화값을 제시하였다. 단, 중성지방은 정규분포를 따르지 않아 로그 변환한 값을 분석에 이용하였다. 또한 청소년기의 비만지표를 표준화한 평균을 제시하였고 이후의 모든 분석은 표준화 값을 이용하였다. 경동맥 내중막 두께와 청

**Table 2.** Correlations between carotid intima-media thickness in early adulthood and obesity indices, blood pressure and blood tests in adolescence

Variables	Carotid intima-media thickness Measured in early adulthood			
	Men (n=113)		Women (n=143)	
	Correlation coefficient	p-value	Correlation coefficient	p-value
<b>Obesity indices</b>				
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	0.34827	<0.001	0.02596	0.758
Weight, kg	0.37895	<0.001	0.07608	0.367
Waist hip ratio	0.31716	<0.001	0.03899	0.644
Waist circumference, cm	0.39771	<0.001	0.04755	0.573
<b>Blood pressure</b>				
Systolic blood pressure, mmHg	0.07591	0.424	0.08647	0.305
Diastolic blood pressure, mmHg	0.00791	0.934	0.02703	0.749
<b>Blood test</b>				
Total cholesterol, mg/dL	0.00546	0.954	0.14210	0.091
DL cholesterol, mg/dL	0.00467	0.961	0.10176	0.227
HDL cholesterol, mg/dL	-0.08977	0.344	0.10768	0.201
Triglycerides, mg/dL	0.10209	0.282	0.02943	0.727
LLog transformed triglyceride	0.06715	0.480	0.00492	0.954
Glucose, mg/dL	-0.00281	0.977	-0.02412	0.775

**Table 3.** The relationships between standardized obesity indices in adolescence and carotid intima-media thickness in early adulthood

Obesity indices in adolescence	Carotid intima-media thickness Measured in early adulthood							
	Men (n=113)				Women (n=143)			
	Unadjusted		Systolic blood pressure adjusted		Unadjusted		Systolic blood pressure adjusted	
	Standardized Regression Coefficient	p-value	Standardized Regression Coefficient	p-value	Standardized Regression Coefficient	p-value	Standardized Regression Coefficient	p-value
<b>Standardized values</b>								
Body mass index	0.03082	<0.001	0.03146	<0.001	0.00164	0.758	0.00053	0.922
Weight	0.03018	<0.001	0.03143	<0.001	0.00583	0.367	0.00474	0.471
Waist hip ratio	0.03279	<0.001	0.03252	<0.001	0.00291	0.644	0.00185	0.773
Waist circumference	0.03301	<0.001	0.03398	<0.001	0.00336	0.573	0.00204	0.739

소년기의 비만지표, 혈압, 혈액검사결과와의 상관성을 알아보기 위해 상관분석을 실시하고 전향적으로 청소년기의 비만지표와 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께가 관련성이 있는지 알아보기 위해 회귀분석을 시행하였다. 회귀분석은 단변량 회귀분석과 청소년기의 수축기 혈압을 보정한 결과를 제시하였다. 또한 여러 비만 지표 중 경동맥 내중막 두께 증가와 가장 관련 있는 청소년기 비만지표를 찾기 위해 경동맥 내중막 두께를 남,녀 각각의 4사분위수 이상과 미만으로 나누어 로지스틱 회귀분석과 receiver operating characteristics (ROC) curve 분석을 실시하였다. ROC curve의 분석은 MediCalC (version 1.9)를 이용하였으며 그 외 모든 분석은 SPSS (version 12.0)를 사용하였다.

## 연구 결과

대상자들의 비만지표, 혈압, 혈액검사결과, 경동맥 내중막 두께의 평균과 경동맥 내중막 두께를 제외한 나머지 측정값의 9년간 변화를 살펴보았다 (Table 1). 남자는 청소년기에 비해 전반적으로 콜레스테롤 수치가 큰 폭으로 상승했으나 여자에서는 청소년기와 초기 성인기의 결과치가 유사하였고 약하게 감소하는 양상을 보였다. 혈압과 체질량지수에서도 유사하게 성별로 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께 평균은 남자에서 0.69 mm, 여자에서 0.68 mm였다. 청소년기의 신장, 흡연, 음주, 가족력, 질병력 등은 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와 관련성이 없었으며 결과는 제시하지 않았다.

초기 성인기 경동맥 내중막 두께와 청소년기의 비만지표, 혈압, 혈액검사결과와의 상관분석을 시행한 결과, 남자에서는 청소년기의 4개 비만지표 모두가 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와 서로 상관성이 높았고(유의확률 각각 <0.001) 여자에서는 상관성이 없었다. 혈압과 혈액검사결과는 남, 녀 모두에서 경동맥 내중막 두께와 상관성이 없었다 (Table 2).

청소년기 비만지표와 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 알아보기 위해 회귀분석을 시행하였다. 상관분석 결과 경동맥 내중막 두께와 청소년기 수축기 혈압은 상관성을 보이지 않았으나 상관성을 보고한 타 인구집단에서의 연구 결과를 고려하여 수축기 혈압을 보정하였다 (Table 3). 남자에서는 표준화된 청소년기의 4개 비만지표, 즉 체질량지수, 체중, 허리/엉덩이 둘레비, 허리둘레가 각각 증가할수록 초기 성인기 경동맥 내중막 두께가 통계적으로 유의하게 증가하였다. 특히 허리/엉덩이 둘레비와 허리둘레가 각각 1단위 증가할수록 경동맥 내중막 두께가 각각 0.03301 (p<0.001), 0.03279 (p=0.002) 증가하였다. 체질량 지수와 체중도 1단위 증가할 때마다 경동맥 내중막 두께가 증가하였으나 그 크기가 각각 0.03082 (p<0.001), 0.03018 (p<0.001)로 허리/엉덩이 둘레비보다 작았다. 여자에서는 4가지 비만지표와 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 찾을 수 없었으나 순위로는 체중, 허리둘레, 허리/엉덩이 둘레비, 체질량 지수의 순이었다.

초기 성인기 경동맥 내중막 두께를 남, 녀 각각의 4사분위수 이상과 미만으로 나누어 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 역시 남자에서는 4개 비만지표가 증가할수록 최상위 경동맥 내중막 두께 사분위수군에 속할 가능성이 높아졌고 허리/엉덩이 둘레비 증가에 따른 교차비가 가장 높았다. 그러나, 4개 비만지표간 크기의 차이는 보이지 않았다. 여자에서는 증가양상은 보였으나 통계적인 유의성은 없었고 체중의 교차비가 가장 높았다.

ROC curve 분석에 의한 AUC 면적은 남자에서 체중(0.702, 0.556 to 0.739), 허리둘

레(0.698, 0.605 to 0.781), 체질량지수(0.671, 0.576 to 0.757), 허리/엉덩이 둘레비(0.651, 0.556 to 0.739)순이었으며, 여자에서는 체중(0.575, 0.489 to 0.657), 허리둘레(0.563, 0.477 to 0.645), 허리/엉덩이 둘레비(0.551, 0.466 to 0.634), 체질량지수(0.542, 0.457 to 0.626) 순이었으며 검정결과 각 면적의 크기당 차이는 없었다.

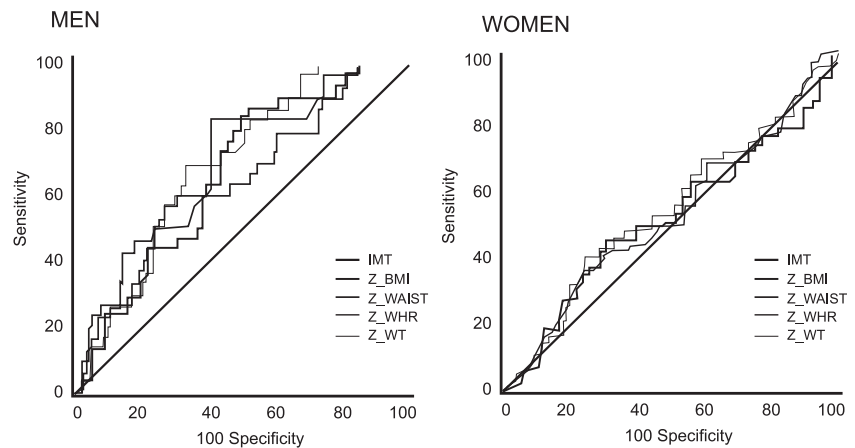
**고 찰**

이 연구는 일개 지역사회 건강인 아동을 대상으로 구축하여 추적 관찰 중인 Kangwha Study를 이용하여 16세 때의 다양한 청소년기 비만지표와 25세 때의 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 전향적으로 알아보려고 하였다. 청소년기의 비만지표로서 표준화된 체질량지수, 체중, 허리/엉덩이 둘레비, 허리둘레를 이용하여 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 다중 회귀 분석을 통해 알아본 결과, 남자에서만 청소년기의 비만지표와 초기 성인기 경동맥 내중막 두께 증가와의 독립적인 관련성을 보였고 4개 비만지표 중 경동맥 내중막 두께와 가장 관련성이 높은 것은 허리/엉덩이 둘레비였다. 또한 경동맥 내중막 두께를 4분위로 나누어 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과, 허리/엉덩이 둘레비가 증가할수록 최상위군에 속할 가능성이 가장 높았다. 그러나, 4개 지표간 경동맥 내중막 두께를 예측하는 예측지표로서의 우위는 찾을 수 없었다.

소아비만과 성인기의 경동맥 내중막 두께에 대해 전향적 연구를 통해 양적인 관련성을 보고한 사례들이 있다. Freedman 등 [10]은 35세의 성인 남녀 513명을 대상으로 한 전향적 연구를 통해 어렸을 때부터 비만한 경우, 성인기의 경동맥 내중막 두께가 더 두껍다고 하였고, Ferreira 등 [11]도 36세의 성인 336명을 대상으로 한 전향적 연구에서 청소년기의 체질량지수와 허리둘레가 성인기 경동맥 내중막 두께와 독립적인 관련성이 있다고 하였다. Young Finns Study에서는 3-18세의 체질량 지수와 24-39세의 경동맥 내중막 두께와의 관련

**Table 4.** Independent association between obesity indices in adolescence and upper quartile of carotid intima-media thickness in early adulthood

Obesity indices in adolescence	Carotid intima-media thickness Measured in early adulthood							
	Men (n=113)				Women (n=143)			
	Unadjusted		Systolic blood pressure adjusted		Unadjusted		Systolic blood pressure adjusted	
	Odds ratio	(95% CI)	Odds ratio	(95% CI)	Odds ratio	(95% CI)	Odds ratio	(95% CI)
Standardized values								
Body mass index	2.02	(1.21-3.35)	2.14	(1.26-3.66)	1.22	(0.88-1.71)	1.19	(0.85-1.68)
Weight	2.08	(1.28-3.39)	2.25	(1.34-3.79)	1.39	(0.93-2.08)	1.35	(0.90-2.04)
Waist hip ratio	2.36	(1.32-4.24)	2.48	(1.35-4.54)	1.31	(0.87-1.95)	1.27	(0.85-0.92)
Waist circumference	2.17	(1.33-3.54)	2.37	(1.39-4.03)	1.34	(0.92-1.94)	1.30	(0.89-1.91)



**Figure 1.** Receiver operating characteristics curve of obesity indices in adolescence.

성을 보고 하였고 [21] C 반응성 단백질이나 [22] 피부두께와 경동맥 내중막 두께와의 관련성 [21]은 체질량 지수나 허리/엉덩이 둘레비를 보정한 후에는 관련성을 보이지 않았다고 하였다. 단면적으로 젊은 성인에서의 경동맥 내중막 두께와 비만과의 관련성을 보고한 연구를 살펴보면, Muscatine Study에서 33-42세의 남녀 모두에서 경동맥 내중막 두께와 관상 동맥 경화와 관련성이 있었으나 연령을 보정한 후에는 저밀도 콜레스테롤과 경동맥 내중막 두께와 관련이 있었고 추가적으로 남자에서는 흡연이, 여자에서는 수축기 혈압이 관련성이 있었다고 하였다 [23].

많은 연구에서 비만 측정방법으로 체질량지수를 사용하고 있다. 그러나, 체질량지수는 전신성 비만을 나타내는 대표적인 지표로서 측정이 용이하지만 실제적인 지방의 분포를 나타내기에는 한계가 있다. Rexrode 등 [24]에 따르면 허리/엉덩이 둘레비, 허리둘레가 여자에서 관상동맥 질환과 독립적인 연관성이 있고, Prineas 등

[25]은 허리/엉덩이 둘레비가 관상동맥 질환으로 인한 사망과 관련이 있다고 하였다. 이번 연구의 다중회귀분석 결과, 관련성을 보인 남자에서 4개 지표 중 경동맥 내중막 두께와 허리/엉덩이 둘레비간의 회귀계수가 가장 높았고, 이후 허리둘레, 체질량지수, 체중의 순이었다. 로지스틱 회귀분석에서도 허리/엉덩이 둘레비의 관련성이 가장 컸고 이후 허리둘레, 체중, 체질량지수의 순으로 나타나 하위 두 가지의 순위는 서로 바뀌었다. 그러나, 95% 신뢰구간이 서로 겹쳐 경동맥 내중막 두께를 예측하는 예측지표로서의 우위는 찾을 수 없었다.

한편, 본 연구에서는 여자의 청소년기 비만과 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성이 없어 성별로 차이를 보였다. Wang [26]에 의하면 성 성숙도가 남녀 모두 비만과 관련성을 보였지만 그 양상은 여자에서는 양의 상관관계, 남자에서는 음의 상관관계를 보였다고 하여 이번 결과와 상관된 결과를 보고하였다. 우리 연구에서는 성 성숙도와의 관련성을 정확히

파악할 수는 없었으나 성 성숙도와 비만과의 관련성에 있어서 남녀의 다른 상관관계가 작용했을 가능성을 배제할 수 없다. 남녀의 비만지표와 혈압, 혈액검사결과와의 9년간 변화를 보면, 남자는 전신비만을 표현하는 체질량지수와 체중이 모두 증가하였으나 여자에서는 체중이 평균 8.0 kg 증가한 남자에 비해 체중과 체질량지수가 오히려 평균적으로 감소하였다. 한편 복부비만을 표현하는 허리둘레와 허리/엉덩이 둘레비는 남자와 유사하게 증가하였다. 수축기 혈압도 남자에서는 증가하였으나 여자는 평균적으로 감소하였고 모든 혈액검사결과가 9년간 평균적으로 증가한 남자에 비해 여자에서는 일관적인 증가는 보이지 않았다. 이와 같이 남녀의 기본적 특성인 비만지표와 혈압, 혈액검사결과가 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었으므로 그 차이가 결과에 영향을 미쳤을 것으로 생각하며 추후 연구대상자수를 증가하여 심도있게 연구할 필요성이 있다. 한편 본 연구에서 남자의 25세 때의 체질량지수 평균은 20.8 kg/m<sup>2</sup>로 정상체중의 범위에 있었음에도 불구하고 비만지표와 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 보이고 있어 지속적인 비만 관리의 필요성이 시사되고 있다.

이 연구는 우리나라에서 건강인을 대상으로 청소년기 비만지표와 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 파악한 최초의 연구라는 점에서 의의가 있으나 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 먼저, 학령기의 추적조사와는 다르게 성인기 추적조사는 자발적으로 연구참여의사를 밝힌 대상자에 한하여 시행하였으므로 초기 연구대상자의 낮은 추적조사율로 인한 선택편견의 가능성이 있다. 이 연구에서 초기 시점으로 잡은 16세 때 조사에 참여한 대상자수는 총 767명으로 이 중에서 초기 성인기 조사에 참여한 대상은 34.2%(262명)에 불과하다. 선택편견 여부를 알아보기 위해, 16세 조사 참여자 중 25세 초기 성인기 조사에 참여한 대상과 참여하지 않은 대상의 여러 가지 특성을 비교해 보았다. 참여자와 비참여자간의 성비, 체질량지수, 체중, 허리둘레, 엉덩이 둘레, 허리/

엉덩이 둘레비, 혈압을 비교해 본 결과 통계적으로 유의한 차이는 발견할 수 없었다. 혈액검사결과 중에서 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당 등은 차이가 없었으나 고밀도 지단백 콜레스테롤은 비참여자 군에서 통계적으로 유의하게 높았다. 그러나, 이 연구에서 고밀도 지단백 콜레스테롤과 초기 성인기 경동맥 내중막 두께와의 관련성은 없었고, 단면적으로 초기 성인기 고밀도 지단백 콜레스테롤과 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 비교해 보았을 때에도 두 변수간 관련성은 찾을 수 없었다. 선택편견의 가능성을 배제할 수는 없으나 이와 같이 참여자와 비참여자간의 일반적인 비만지표의 차이가 없었고 혈압이나 기타 혈액검사결과와의 차이를 보이지 않아 선택편견은 크지 않았을 것으로 본다. 또한 성별로 비교하면 여성에서는 참여 여부별 고밀도 지단백 콜레스테롤의 차이의 유의수준이 0.1 정도로 성별 차이가 선택편견에 기인한 것으로 보기는 어렵다. 그러나, 추후 보다 더 많은 대상자를 이용하여 연구해야 할 필요성이 있다.

둘째, 청소년기와 성인기의 비만지표들 간에 관련성이 높아 이 두 가지 요소의 영향을 완전히 분리하고 관찰하기는 어려웠다. 단면적으로 살펴본 결과, 남자 대상자에서는 초기 성인기의 체질량 지수, 체중, 허리 둘레가 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와 관련성이 있었고, 여자에서는 관련성이 보이지 않았다. 본 연구 결과에서 각 비만지표간 상관성은 서로 높았으며 남자는 청소년기에 비만했던 사람이 성인기에 비만한 사람이 되었으나 여자에서는 그러한 경향성이 낮았다. 아동 및 청소년기의 비만이 성인기의 비만을 유발한다는 사실은 잘 알려져 있다 [27,28]. 1970년부터 1992년까지 발표된 연구를 고찰한 논문에 의하면, 비만한 취학 아동의 약 1/2이 비만한 어른이 되었으며 성인비만의 위험성은 비만 수준이 높은 아동 및 좀 더 나이가 든 후 비만한 아동에 있어 더 높다는 결과를 제시하고 있다 [29,30]. 일본에서 6-14세의 아동을 약 20년 간 추적 조사한 연구에서도 비만한 소년의 32%, 비만

한 소녀의 41%가 비만한 성인이 되었고 [3], 소아비만의 30~40%가 성인비만으로 이어졌다고 보고하였으며 [31] 우리나라에서도 Kang 등 [32]이 유사한 결과를 제시한 바 있다. 일반적으로 아동 및 청소년기의 비만은 성인기의 비만과 높은 상관관계를 가지므로 [19] 결과 해석에 있어 이를 고려해야 한다.

셋째, 이 연구에서는 25세 남녀의 경동맥 내중막 두께를 측정하였는데 최대치 측정값의 평균이 남자에서 0.69 mm, 여자는 0.68 mm이었다. 우리나라에서 시행된 대부분의 연구에서는 당뇨병 등 질병이 있는 사람을 대상으로 하였으므로 젊고 건강한 대상자의 경동맥 내중막 두께의 분포를 알기는 어렵다. 그러나, 젊은 연령층을 포함한 건강한 대상자의 경동맥 내중막 두께를 측정하는 연구로서 Lee 등 [33]이 25-67세 성인 자원자 95명을 대상으로 측정한 결과를 보면 남자 0.668±0.091 mm, 여자 0.679±0.108 mm로 양 군간 본 연구의 평균과 유사하였고 Cho 등 [34]에 의하면 30-79세의 757명을 대상으로 조사한 연구에서 이 연구와 가장 근접한 연령대인 30-39세의 경동맥 내중막 두께의 평균을 보면 남자는 0.60±0.10 mm, 여자는 0.61±0.12 mm였다. 또한 35-79세 건강인을 대상으로 한 연구에서도 최대치의 평균값을 남자에서 0.74±0.21 mm, 여자에서 0.73±0.20 mm으로 보고하고 있다 [35]. 한편 국외의 결과를 보면 네덜란드[36]의 27-30세의 젊은 대상자에서 남자는 0.49±0.05 mm, 여자는 0.48±0.05 mm였고 32세의 백인 대상에서는 남녀 각각 0.67±0.09 mm, 0.64±0.08 mm, 한편 동일 연령의 흑인에서는 남자에서 0.71±0.09 mm, 여자에서 0.69±0.09 mm로 측정되었다 [37]. 본 연구 대상의 경동맥 내중막 두께 평균을 위 연구 결과와 비교해 보면, 본 연구의 측정값은 유사 연령의 백인과 흑인에서 유사하였고 네덜란드의 결과보다는 높았다. 그러나 네덜란드는 8개 측정 부위의 평균값을 이용하였고 미국도 경동맥 내중막 두께의 평균값을 분석에 이용하였다. 한편, 이 연구에서는 특정 부위에서 측정된 값의 최대치 평균을 이용하였는데, 각 연구

마다 평균값을 정의하는 방법은 서로 다양하다 [21,35-37]. 또한, 경동맥 내중막 두께는 측정방법이 다양하고 측정자마다 서로 다른 값을 나타내는 경우가 많으므로 서로 다른 연구의 경동맥 내중막 두께 값을 직접적으로 비교하기에는 무리가 있다. 또한 위에서 언급한 것처럼 대상자의 16세 때 조사참여자와 초기 성인기 참여자와 비 참여자간의 특성이 고밀도 지단백 콜레스테롤 외에는 차이가 없어 선택편견은 크지 않을 것으로 생각되고 이 연구에서는 측정자간 편의를 최소화하기 위해 일개 대학병원에서 경동맥 내중막 두께 측정만을 수행하고 있는 훈련된 1인이 모든 경동맥 내중막 두께 측정을 실시하였으므로 조사자간 편의의 영향도 고려하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서의 평균값이 다소 높은 것은 다른 연구결과와의 측정 방법이나 평균값 정의의 차이에 기인하였을 수 있다.

넷째, 이 연구는 25세의 일부 지역사회 코호트 내 대상자만을 연구대상으로 했기 때문에 연구결과를 일반 인구 집단에 적용하기에는 무리가 있다.

그러나, 이 연구는 유사한 특성을 가진 일개 지역사회의 코호트를 이용하였다는 점과 대상자의 연령이 동일하여 연령의 효과를 배제할 수 있었으며, 질병이 없는 건강한 젊은 대상자를 9년 간 추적 조사하여 다양한 비만지표를 이용하여 청소년기 비만과 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께와의 관련성을 본 첫 연구라는 점에서 의의가 있다 하겠다.

일개 지역사회의 동일연령을 대상으로 한 코호트를 이용하여 건강한 젊은 성인 남자에서 청소년기 비만이 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께를 증가시키는 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 비만지표로 이용한 체질량지수, 체중, 허리/엉덩이 둘레비, 허리둘레 중 청소년기의 허리/엉덩이 둘레비와의 관련성이 보다 높았으며 4개 비만지표 간 예측의 우위는 가늠할 수 없었다. 그러나, 남자에서 전향적으로 청소년기의 다양한 비만지표가 초기 성인기의 경동맥 내중막 두께 증가와 관련성을 보였으므로 청소년기부터 비만을 관리하고

예방해야 할 필요성이 있음을 시사하고 있다.

### 참고문헌

1. Popkin BM, Doak CM. The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. *Nutr Rev* 1998; 56(4 pt 1): 106-114.
2. Ebbeling CA, Pawlak DB, Ludwig DS. Childhood obesity: Public-health crisis, common sense cure. *Lancet* 2002; 360(9331): 473-482.
3. Hedley AA, Ogden CL, Johnson CL, Carroll MD, Curtin LR, Flegal KM. Prevalence of overweight and obesity among US children, adolescents, and adults, 1992-2002. *JAMA* 2004; 291(23): 2847-2850.
4. Oren A, Vos LE, Uiterwaal CS, Gorissen WH, Grobbee DE, Bots ML. Change body mass index from adolescence to young adulthood and increased carotid intima-media thickness at 28 years of age: The Atherosclerosis Risk in Young Adults Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27(11): 1383-1390.
5. Kim HM, Park J, Kim HS, Kim DH, Park SH. Obesity and cardiovascular risk factors in Korean children and adolescents age 10-18 years from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 1998 and 2001. *Am J Epidemiol* 2006; 164(8): 787-793.
6. Korea Centers for Disease Control and Prevention. *Reports of the Third National Health and Nutrition Examination Survey: The Health Examination*. Seoul: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2006.
7. Chung BC, Park SH, Lee JY, Lee SW, Chung SC, Kim JG, et al. Relationship between obesity indices and risk factors of atherosclerosis in type 2 diabetics. *Korean J Obes* 2003; 12(2): 93-107. (Korean)
8. Pignoli P, Longo T. Ultrasound evaluation of atherosclerosis. Methodological problems and technological developments. *Eur Surg Res* 1986; 18(3-4): 238-253.
9. De Michele M, Panico S, Iannuzzi A, Celentano E, Ciardullo AV, Galasso R, et al. Association of obesity and central fat distribution with carotid artery wall thickening in middle-aged women. *Stroke* 2002; 33(12): 2923-2928.
10. Freedman DS, Dietz WH, Tang R, Mensah GA, Bond MG, Urbina EM, et al. The relation of obesity throughout life to carotid intima-media thickness in adulthood: The Bogalusa Heart Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28(1): 159-166.
11. Ferreira I, Twisk JW, van Mechelen W, Kemper HC, Seidell JC, Stehouwer CD. Current and adolescent body fatness and fat distribution: relationships with carotid intima-media thickness and large artery stiffness at the age of 36 years. *J Hypertens* 2004; 22(1): 145-155.
12. Kotsis VT, Stabouli SV, Papamichael CM, Zakopoulos NA. Impact of obesity in intima media thickness of carotid arteries. *Obesity* 2006; 14(10): 1708-1715.
13. Schiel R, Beltschikow W, Radon S, Kramer G, Perenthaler T, Stein G. Increased carotid intima-media thickness and associations with cardiovascular risk factors in obese and overweight children and adolescents. *Eur J Med Res* 2007; 12(10): 503-508.
14. Watanabe H, Yamane K, Egusa G, Kohno N. Influence of westernization of lifestyle on the progression of IMT in Japanese. *J Atheroscler Thromb* 2004; 11(6): 330-334.
15. Yasuda T, Matsuhiwa M, Fujiki N, Sakamoto F, Tsuji M, Fujisawa N, et al. Is central obesity a good predictor of carotid atherosclerosis in Japanese type 2 diabetes with metabolic syndrome? *Endocr J* 2007; 54(5): 695-702.
16. Kawamoto R, Tomita H, Ohtsuka N, Inoue A, Kamitani A. Metabolic syndrome, diabetes and subclinical atherosclerosis as assessed by carotid intima-media thickness. *J Atheroscler Thromb* 2007; 14(2): 78-85.
17. Suh I, Kim IS, Nam CM, Lee SY, Oh HC, Kim CB, et al. The change of children's blood pressure and factors affecting the level of blood pressure in children. *Korean J Prev Med* 1989; 22(3): 303-312. (Korean)
18. Ahn SV, Kim HC, Hur NW, Ha KS, Chang HS, Kim JB, et al. Relationship between corrected QT interval and cardiovascular risk factors in young healthy adults: the Kangwha Study. *J Prev Med Public Health* 2006; 39(6): 455-461. (Korean)
19. Suh I, Nam CM, Lee ES, Kim IS, Lee SY. Blood pressure tracking in Korean schoolchildren. *Int J Epidemiol* 1994; 23(4): 710-715.
20. Lee YM, Park HS, Chun BC, Kim HS. Reliability of measurements of waist circumference at 3 different site. *Korean J Obes* 2002; 11(2): 123-130. (Korean)
21. Raitakari OT, Juonala M, Viikari JS. Obesity in childhood and vascular changes in adulthood: insights into the cardiovascular risk in Young Finns Study. *Int J Obes* 2005; 29(Suppl 2): S101-S104.
22. Kivimaki M, Lawlor DA, Juonala M, Smith GD, Elovainio M, Keltikangas-Jarvinen L, et al. Lifecourse socioeconomic position, C-reactive protein and carotid intima-media thickness in young adults: The Cardiovascular

- Risk in Young Finns Study. *Arterioscler Throm Vasc Biol* 2005; 25(10): 2197-2202.
23. Davis PH, Dawson JD, Mahoney LT, Lauer RM. Increased carotid intimal-medial thickness and coronary calcification are related in young and middle-aged adults. The Muscatine Study. *Circulation* 1999; 100(8): 838-842.
  24. Rexrode KM, Carey VJ, Hennekens CH, Walters EE, Colditz GA, Stampfer MJ, et al. Abdominal adiposity and coronary heart disease in women. *JAMA* 1998; 280(21): 1843-1848.
  25. Prineas RJ, Folsom AR, Kaye SA. Central adiposity and increased risk of coronary artery disease mortality in older women. *Ann Epidemiol* 1993; 3(1): 35-41.
  26. Wang Y. Is obesity associated with early sexual maturation? A comparison of the association in American boys versus girls. *Pediatrics* 2002; 110(5): 903-910.
  27. Srinivasan SR, Bao W, Wattigney WA, Berenson GS. Adolescent overweight is associated with adult overweight and related multiple cardiovascular factors: the Bogalusa Heart Study. *Metabolism* 1996; 45(2): 235-240.
  28. Deshmukh-Taskar P, Nicklas TA, Morales M, Yang SJ, Zakeri I, Berenson GS. Tracking of overweight status from childhood to young adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60(1): 48-57.
  29. Clarke WR, Lauer RM. Does childhood obesity track into adulthood? *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993; 33(4-5): 423-430.
  30. Serdula MK, Ivery D, Coates RJ, Freedman DS, Williamson DF, Byers T. Do children become obese adults? A review of the literature. *Prev Med* 1993; 22(2): 167-177.
  31. Kotani K, Nishida M, Yamashita S, Funahashi T, Fujioka S, Tokunaga K, et al. Two decades of annual medical examinations in Japanese obese children: Do obese children grow into obese adults? *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21(10): 912-921.
  32. Kang YJ, Suh I, Hong CH, Park JK. Twelve-year study on body mass index changes of obese adolescents. *Korean J Prev Med* 1994; 27(4): 665-676. (Korean)
  33. Lee SK, Hwang HY, Kim HS, Chang MS, Lee EJ, Kang MH, et al. The carotid artery intima-media thickness measured with B-mode ultrasonography in adult volunteers. *Korean Circ J* 1999; 29(11): 1201-1211. (Korean)
  34. Cho YR, Kim DJ, Kim HD, Choi SH, Kim SK, Kim HJ, et al. Reference values of carotid artery intima-media thickness and association with atherosclerotic risk factors in healthy subjects in Korea. *Korean J Med* 2003; 64(3): 275-283. (Korean)
  35. Choi SH, Kim HC, Ahn CW, Cho HK, Cha BS, Chung Y, et al. Is high-sensitivity C-reactive protein associated with carotid atherosclerosis in healthy Koreans? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005; 12(6): 548-554.
  36. Oren A, Vos LE, Uiterwaal CS, Gorissen WH, Grobbee DE, Bots ML. Change in body mass index from adolescence to young adulthood and increased carotid intima-media thickness at 28 years of age: The Atherosclerosis Risk in Young Adults Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27(11): 1383-1390.
  37. Tzou WS, Douglas PS, Srinivasan SR, Bond MG, Tang R, Chen W, et al. Increased subclinical atherosclerosis in young adults with metabolic syndrome: The Bogalusa Heart Study. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46(3): 457-463.