

# 비만 청소년에서 맥파 속도와 발목 상완 동맥압 지수에 대한 연구

이화여자대학교 의과대학 소아과학교실

김지혜 · 구희선 · 홍영미

## Pulse wave velocity and ankle brachial index in obese adolescents

Ji Hye Kim, M.D., Hee Sun Koo, M.D. and Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

**Purpose :** The prevalence of childhood obesity has doubled over the last 30 years. Obesity-associated sequelae in the vasculature begins in the early stages of life. The purpose of this study was to investigate how pulse wave velocity (PWV) and ankle brachial index (ABI) change with height, weight and body mass index (BMI) in obese adolescents.

**Methods :** Seventy-nine obese adolescents (group 1: 85th ≤ BMI < 95th percentile, n=40; group 2 (BMI ≥ 95th percentile, n=39) were included. The control group (group 3) included 99 healthy adolescents. Brachial-ankle (ba) PWV and ABI were estimated with blood pressure from four extremities. Heart rate (HR), and pre-ejection period/ejection time (PEP/ET) were also estimated. BMI was calculated from individual height and weight. Linear regression analysis was performed to evaluate the correlations between BMI and PWV.

**Results :** Blood pressure and baPWV were significantly higher in group 2, compared to either group 1 or group 3. However, there was no significant difference in ABI, HR and PEP/ET between the groups. PWV showed linear correlation with both BMI and body weight.

**Conclusion :** Obesity was associated with higher arterial stiffness in adolescents, which was demonstrated by an increase in PWV. There was no significant correlation between obesity and ABI. (Korean J Pediatr 2007;50:1078-1084)

**Key Words :** Obesity, Cardiovascular diseases, Adolescent, Blood pressure

### 서 론

세계적으로 소아와 청소년 비만율은 지난 20-30년 동안 크게 늘어나고 있는데, 미국의 경우 12-19세 사이의 청소년에서 1971-74년보다 1999-2002년에 2.7배<sup>1)</sup>, 일본의 경우 1970년보다 1996년에 2.3-2.5배<sup>2)</sup>, 영국의 경우 1984년에서 1994년 사이 4-11세 소아에서 2.0-2.8배 증가한 것을 볼 수 있다<sup>3)</sup>.

우리 나라의 경우에도 Kang 등<sup>4)</sup>에 따르면 1979년부터 1996년까지 서울지역 초등학교생들을 조사한 결과, 18년 동안 비만아 이환율이 초등학교 남자의 경우 6.4배, 초등학교 여자의 경우 4.7배로 소아 비만의 유병률이 급증하고 있다.

일반적으로 비만의 정의는 2000년에 세계보건기구(WHO)에서

발표한 내용에 따라 성인에서는 체질량지수가 25 kg/m<sup>2</sup> 이상일 때를 과체중으로, 30 kg/m<sup>2</sup> 이상일 때를 비만으로 나누고 있다<sup>5)</sup>. 하지만 이를 소아나 청소년에게 그대로 적용할 수는 없으며, 그 이유는 이들은 지속적으로 성장하고 있을 뿐만 아니라, 서로 키와 체중이 늘어나는 시기가 다르기 때문이다. 현재 소아 비만을 정의할 때, 성인과 달리 국제적으로 통일된 정의가 존재하지 않아, 서로 다른 지역과 대상에 따라 각각의 기준을 적용하고 있는 실정이다.

과거의 연구에 의하면 소아 비만 인구의 상당수는 성인 비만에 쉽게 이환되며<sup>6)</sup>, 혈압 상승, 혈당 이상, 콜레스테롤 이상과 같은 건강 이상 소견이 더 많이 나타나는 것으로 알려져 있다. 비만은 고지혈증<sup>7)</sup>, 고혈압<sup>8)</sup>, 그리고 염증 반응<sup>9)</sup> 등을 통하여 간접적으로 심혈관계에 영향을 준다. 이는 또한 동맥 경직도를 증가시켜, 고혈압과 혈관의 노화를 촉진한다. 성인에서 과도한 체지방, 복부 지방, 그리고 허리둘레의 증가는 동맥 경직도를 증가시키는 것으로 알려져 왔다<sup>10, 11)</sup>. 비만인에서 대동맥 경직 증가가 고혈압 외에 심장 비대의 발전에 관여한다. 동맥 경화증은 소아기에 시작되어 서

접수 : 2007년 9월 4일, 승인 : 2007년 10월 26일  
책임저자 : 홍영미, 이화여자대학교 동대문병원 소아과  
Correspondence : Young Mi Hong, M.D.  
Tel : 02)760-5427 Fax : 02)745-9545  
E-mail : hongym@chollian.net

서히 성인기까지 진행한다<sup>12)</sup>.

맥파 속도(pulse wave velocity, PWV)는 동맥 경직도를 평가하는 간단하고, 비침습적인 방법으로 널리 이용되고 있으며, 동맥경화증을 조기 발견하는 유용한 지표이다. 동맥 경직도의 증가는 고혈압, 말기 신 질환, 동맥경화증과 관련이 있고 성인에서의 맥파 속도의 증가와 심혈관 위험도의 증가와의 연관성은 잘 알려져 있다<sup>11)</sup>. 소아나 청소년에 있어서의 비만과 동맥 경직도 증가의 직접적인 관련성은 아직 명확하게 밝혀져 있지 않으며, 소아에서의 연구도 많지 않은 실정이다. 본 연구는 비만 정도에 따른 상완-발목 맥파 속도(baPWV), 발목-상완 지수(ankle brachial index, ABI)의 연관성을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

서울 시내 고등학교를 대상으로 2005년 4월부터 7월 사이에 시행한 건강 검진에서 15-16세 사이의 비만 청소년들을 대상으로 하였고 체질량지수에 따라서 3개의 군으로 나뉘었다. 1군은 체질량지수가 85-95 백분위수 사이인 비만 위험군 청소년 40명(남자 22명, 여자 18명)으로 하였고, 2군은 체질량지수가 95백분위수 이상인 비만 청소년 39명(남자 26명, 여자 13명)을 대상으로 하였다. 정상 청소년 99명(남자 54명, 여자 45명)을 대조군(3군)으로 하였다. 당뇨, 고혈압, 고지혈증, 흡연, 알코올 섭취, 약물 복용력 등의 과거력이 있는 대상은 연구에서 제외시켰다. 전체 대상에서 사전에 검사에 대해 보호자 동의를 서면으로 받았다.

### 2. 방 법

#### 1) 신체 계측과 체질량지수

신장은 신발을 벗고 신장 측정계에서 똑바로 서서 측정하였으며, 소수점 한 자리까지 측정하였다. 체중은 겹옷을 벗은 상태에서 표준 체중계의 영점을 보정한 후 소수점 한 자리까지 측정하였다.

체질량지수는 체중을 신장의 제곱으로 나눈 것으로 성별, 연령에 비교하여 85 백분위수 이상 95 백분위수 미만이면 비만 위험군으로, 95 백분위수 이상이면 비만으로 분류하였다. 본 연구에서는 1998년 대한소아과학회에서 조사한 자료를 기준으로 분류하였다<sup>13)</sup>.

#### 2) 박출 시간(ejection time, ET)과 전구출기(pre-ejection period, PEP)

박출 시간은 도플러 심초음파에서 반월판이 열릴 때부터 닫힐 때까지의 시간 간격으로 정의하였다. 전구출기는 QRS complex의 시작점부터 도플러 심초음파에서 반월판이 열릴 때까지의 시간 간격으로 정의하였다. ET와 PEP는 이 기계에서 자동으로 측정되며, 연령에 따른 심박수의 차이에 의한 오차를 줄이기 위해 PEP/ET 값을 계산하였다.

### 3) 사지의 혈압, 맥파 속도와 발목-상완 지수

맥파 속도는 VP-1000 기기(Colin Medical Technology Company, Komaki, Japan)를 이용하여 구하였다. VP-1000 기기는 맥파, 혈압, 심전도와 심음을 동시에 기록하였다. 대상자들은 적어도 5분 동안 가만히 누운 상태에서 휴식을 취한 후, 양 손목에 심전도 전극을 붙이고 흉골 좌면에 심장 소리를 들을 수 있도록 마이크로폰을 부착하였다. 또한 사지(양쪽 상완, 양쪽 발목)에 커프를 감아 사지 혈압을 지속적으로 측정하였다. 이 커프는 용적 맥파를 측정할 수 있는 맥파 감지기와 혈압을 측정할 수 있는 진동 압력 감지기에 연결되었다. 맥파 감지기에서 나온 용적 맥파로부터 양쪽 상완과 양쪽 발목의 맥파를 얻어 시작 시간차( $\Delta T_{ba}$ )를 측정하였다. 대동맥관 입구-상완의 길이(Lb [cm]), 대동맥관 입구-발목의 길이(La [cm])는 많은 수의 데이터에서 구한 신장으로부터 산출한 계산식(La=0.8129×신장(cm)-2.0734, Lb=0.2195×신장(cm)+12.328)을 이용하였다. 상완 발목간 맥파 속도(baPWV)는 신장으로부터 구한(La-Lb)를 팔과 발목의 맥파 시작 시간차  $\Delta T_{ba}$ 로 나누어서 구하였다<sup>14)</sup>.

$$baPWV = La - Lb / \Delta T_{ba} (cm/s)$$

컴퓨터에 의하여 자동 해석된 맥파를 2차 미분법에 의해 시작의 변곡점을 검출하여 두 점 간의 시간차를 계측하였다. 발목 상완 동맥압 지수는 상완 동맥과 발목의 수축기 혈압의 비로 정의하므로, 본 기계는 사지의 혈압, 맥파 속도와 함께 발목 상완 동맥압 지수를 동시에 계측할 수 있었다.

### 3. 통계적 분석

데이터는 Student's t-test를 이용하여 평균±표준 편차를 구하였다. 각 변수 간의 통계 수치의 유의성은 Pearson's correlation coefficient 분석법을 이용하였으며, 분산 분석(ANOVA)을 이용하여 각 군 간의 baPWV와 수축기 혈압의 평균값의 차이를 비교하였다. P value는 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 11.0 software (SPSS version 11.0 Windows, Inc, Chicago, IL)를 이용하였다.

## 결 과

### 1. 임상적 특성

체중은 1군에서 70.7±9.4 kg, 2군에서 82.5±10.3 kg, 3군에서 50.3±7.6 kg로 1군과 3군 사이, 2군과 3군 사이에 유의한 차이가 있었다(P<0.05, Table 1). 체질량지수 또한 1군에서 25.3±1.2 kg/m<sup>2</sup>, 2군에서 29.5±2.2 kg/m<sup>2</sup>, 3군에서 19.1±0.8 kg/m<sup>2</sup>로 1군과 3군사이, 2군과 3군 사이에 유의한 차이가 있었다(P<0.05, Table 1). 연령과 신장은 세 군 사이에 유의한 차이가 없었다(P<0.05).

**Table 1.** Anthropometric Data of Study Groups

	Group 1	Group 2	Group 3
Number	40	39	99
Male/Female	22/18	26/13	54/45
Age (yr)	15.3±0.5	15.4±0.5	15.2±0.5
Height (cm)	167.3±7.9	166.4±7.5	166.0±7.7
Weight (kg)	70.7±9.4*	82.5±10.3*†	50.3±7.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25.3±1.2*	29.5±2.2*†	19.1±0.8

\*P<0.05 vs group 3, †P<0.05 vs group 1  
Abbreviation : BMI, body mass index

**Table 2.** Comparison of Ejection Time and Pre-ejection Period

	Group 1	Group 2	Group 3
HR (beats/min)	73.8±7.4	72.8±12.1	77.0±12.1
ET (msec)	286.5±16.2	284.1±21.4	280.9±19.1
PEP (msec)	79.2±19.2	86.7±17.1	83.2±16.0
PEP/ET	0.28±0.08	0.31±0.07	0.28±0.06

P>0.05

Abbreviations: HR, heart rate; ET, ejection time; PEP, pre-ejection period

## 2. 심박동수, 박출 시간, 전구출기

심박동수는 1군에서 73.8±7.4회/분, 2군에서 72.8±12.1회/분, 3군에서 77.0±12.1회/분로 세 군 간에 유의한 차이가 없었다. ET, PEP, PEP/ET는 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

## 3. 혈압 측정

2군의 우측 상완 수축기 혈압은 124.5±8.0 mmHg, 좌측 상완 수축기 혈압은 122.7±7.3 mmHg, 우측 발목의 수축기 혈압은 131.0±12.3 mmHg, 좌측 발목의 수축기 혈압은 131.7±10.9 mmHg로서 각각 1군(119.6±13.0 mmHg, 118.7±11.3 mmHg, 130.0±16.9 mmHg, 126.1±15.9 mmHg)이나 3군(113.1±10.3 mmHg, 111.9±11.3 mmHg, 117.9±12.5 mmHg, 117.4±12.6 mmHg) 보다 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05, Table 3). 사지의 이완기 혈압과 평균 혈압도 마찬가지로 모두 2군에서 1군보다, 그리고 1군에서 3군보다 유의하게 높았다(P<0.05).

## 4. 상완-발목 맥파 속도와 발목-상완 동맥압지수

상완-발목 맥파 속도의 값은 왼쪽 상완-발목 맥파 속도의 경우 1군에서 944.8±91.6 cm/sec, 2군에서 1,012.8±90.8 cm/sec, 3군에서 941.0±91.6 cm/sec로 2군에서 1군이나 3군에 비하여 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05, Table 4). 좌측 상완-발목 맥파 속도의 경우에도 마찬가지로 1군에서 940.1±90.4 cm/sec, 2군에서 1,015.3±86.4 cm/sec, 3군에서 942.2±73.1 cm/sec로 1군이나 3군에 비하여 2군에서 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05). 그러

**Table 3.** Comparison of Systolic, Diastolic, and Mean Arterial Pressure between Groups

Blood pressure (mmHg)	Group 1	Group 2	Group 3
<b>RB</b>			
systolic	119.6±13.0*	124.5±8.0*	113.1±10.3
mean	84.1±9.6	88.8±6.9*	82.5±8.4
diastolic	64.1±8.2	67.7±6.2*	62.3±7.4
<b>LB</b>			
systolic	118.7±11.3	122.7±7.3*	111.9±11.3
mean	83.6±10.2	87.3±6.8*†	81.6±9.3
diastolic	64.2±6.5	66.5±6.3*	62.2±6.9
<b>RA</b>			
systolic	130.0±16.9*	131.0±12.3*	117.9±12.5
mean	83.6±10.3	88.3±8.6*†	79.2±7.8
diastolic	61.8±6.6	66.1±8.5*†	60.2±7.4
<b>LA</b>			
systolic	126.1±15.9*	131.7±10.9*	117.4±12.6
mean	83.1±11.0	89.0±7.9*†	78.9±8.3
diastolic	62.3±7.7	66.5±8.1*†	60.0±7.8

\*P<0.05 vs group 3 †P<0.05 vs group 2

Abbreviations : RB, right brachial; LB, left brachial; RA, right ankle; LA, left ankle

**Table 4.** Comparison of Pulse Wave Velocity and Ankle Brachial Index

	Group 1	Group 2	Group 3
RbaPWV (cm/sec)	944.8±91.6	1,012.8±90.8*†	941.0±91.6
LbaPWV (cm/sec)	940.1±90.4	1,015.3±86.4*†	942.2±73.1
RABI	1.07±0.08	1.04±0.07	1.04±0.07
LABI	1.04±0.07	1.05±0.08	1.03±0.08

\*P<0.05 vs group 3 †P<0.05 vs group 1

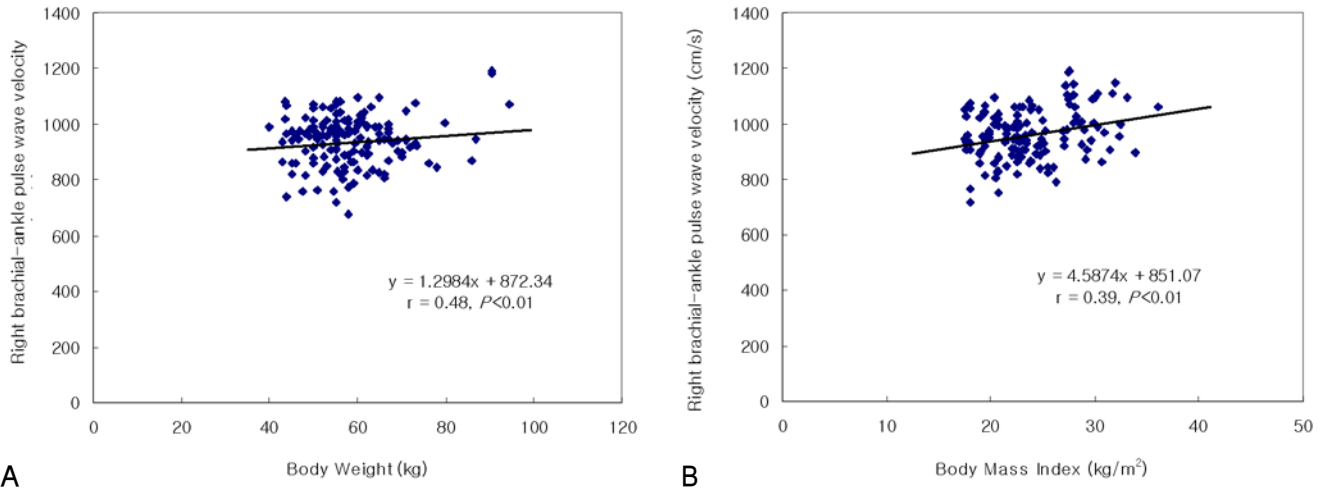
Abbreviations: RbaPWV, right brachial ankle pulse wave velocity; LbaPWV, left brachial ankle pulse wave velocity; RABI, right ankle brachial index; LABI, left ankle brachial index

나 1군과 3군 사이에는 양쪽 상완-발목 맥파 속도의 값에 유의한 차이가 없었다(P<0.05).

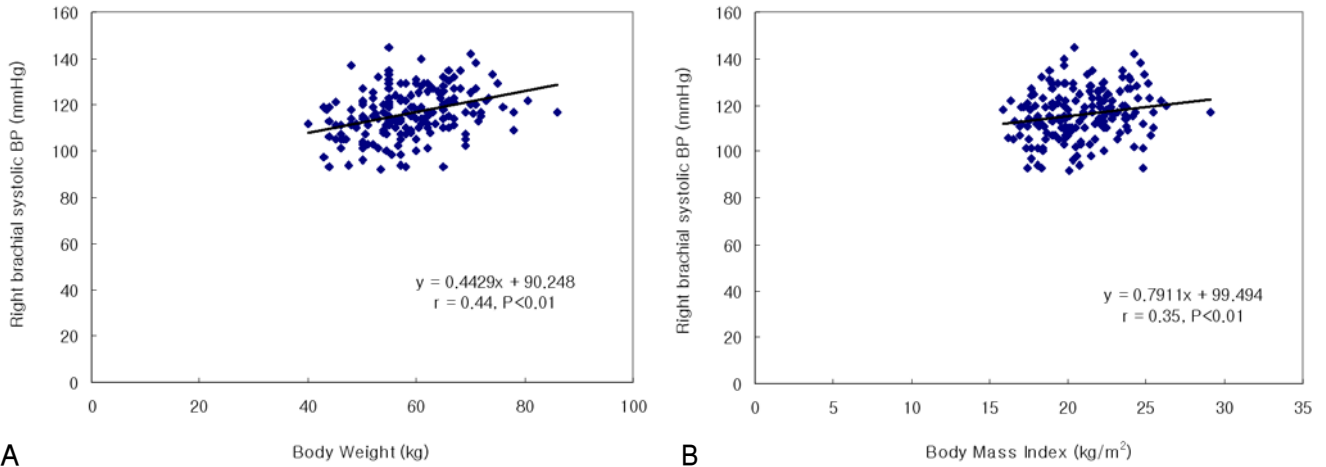
한편, 양쪽 발목-상완 동맥압 지수는 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

## 5. 상완-발목 맥파 속도, 발목-상완 동맥압 지수와 신장, 체중, 체질량지수, 사지 혈압의 상관관계

세 군 전체를 합한 178명을 대상으로 신장, 체중, 체질량지수, 혈압, 상완-발목 맥파 속도, 발목-상완 동맥압 지수와 상관을 알아보았다. 직선 회귀 분석에 의하면 체중이 증가할수록, 체질량지수가 증가할수록 우측 상완-발목 맥파 속도(r=0.48, P<0.01; r=0.39, P<0.01)가 증가하는 유의한 양의 상관관계를 보였다(Fig. 1). 우측 상완의 수축기 혈압도 마찬가지로 체중과 체질량지수가 증가할수록 증가하는(r=0.44, P<0.01; r=0.35, P<0.01) 유의한 양의 상관관계를 보였다(Fig. 2). 또한, 우측 상완의 이완기 혈압(r=0.26, r=0.33) 및 평균 혈압(r=0.34, r=0.31)도 체중 및 체질량



**Fig. 1.** A) Linear correlation exists between weight and right brachial ankle pulse wave velocity. B) Linear correlation exists between body mass index and right brachial ankle pulse wave velocity.



**Fig. 2.** A) Linear correlation exists between weight and right brachial systolic blood pressure. B) Linear correlation exists between body mass index and right brachial systolic blood pressure.

지수와 유의한 양의 상관관계를 보였다( $P < 0.01$ ).

반면에 발목-상완 동맥압 지수는 체중, 신장, 체질량지수 어느 것보다도 유의한 상관관계가 없었다.

### 고 찰

본 연구에서는 체질량지수가 해당 연령군의 95 백분위수 이상인 비만군에서 정상 청소년에 비해 상완-동맥 맥파 속도의 평균 값이 68-75 cm/sec 높다는 결과를 보였다. 이로부터 비만으로 인한 혈관의 변화가 비교적 이른 시기인 청소년기부터 일어난다는 것을 알 수 있으며, 이는 동맥 경화증이 소아기부터 서서히 진행되어 성인기에 이른다는 McGill 등<sup>12)</sup>의 연구와 같은 맥락이다. 이는 Wildman 등<sup>15)</sup>의 결과와 일치한다.

비록 성인에 국한된 연구이지만, 비만 인구에서 동맥의 역학적 성상의 변화를 처음 연구한 Toto-Moukoko 등<sup>16)</sup>의 연구에 의하면, 성인에서도 마찬가지로 고혈압을 지닌 비만군과 고혈압을 지닌 정상군의 맥파 속도 값을 비교할 때 고혈압을 지닌 비만군에서 남자는 60 cm/sec, 여자는 50 cm/sec 맥파 속도가 더 높음을 보고하였다.

Toto-Moukoko 등<sup>16)</sup>의 연구에 의하면 맥파 속도는 연령, 성별, 혈압과 관계 없었으며, 전체군을 분석하였을 때 비만도와 맥파 속도 간에는 유의한 양의 상관관계가 있었다. 이는 본 연구에서 체중이 증가할수록, 체질량지수가 커질수록 우측 상완-발목 맥파 속도( $r=0.48$ ,  $r=0.39$ )가 증가하는 유의한 양의 상관관계를 보였던 결과와 일치한다. 본 연구에서는 연령에 대한 영향을 배제하기 위해 15-16세 사이의 청소년을 대상으로 하였다.

혈압, 인종, 나이와 상관없이 성인 내지는 소아에서 비만할수록 동맥 경직도가 증가한다는 여러 연구가 있다<sup>16-18)</sup>. 반면, 체중 감소에 의하여 동맥 경직도는 회복된다<sup>15)</sup>.

고도 비만 소아의 동맥벽에는 동맥 경직의 증가와 내피 기능의 이상이 존재한다<sup>17)</sup>. 연령에 따른 맥파 속도의 증가는 엘라스틴의 감소와 콜라겐의 증가로 인한 동맥벽의 변성에 의한 것으로 설명이 되며, 이러한 변화는 소아 연령부터 시작된다<sup>19)</sup>. 20-30세의 젊은 비만인은 비만이 아닌 대상군에 비해 맥파 속도가 47 cm/sec 이 높다<sup>16)</sup>. Vaitkevicius 등<sup>20)</sup>의 연구에 의하면 연령이 5년 증가할수록 혈관 경직의 증가를 보고하였다.

비만이 동맥 경직도에 영향을 주는 기전은 다음과 같다.

첫째, 내장 지방은 지방 분해 활성도가 높아 결과적으로 간 문맥에서 유리 지방산의 농도가 높아짐으로써 간, 췌장, 근육에 축적되고 인슐린 저항성을 일으킨다<sup>21)</sup>. 인슐린 저항성은 고인슐린혈증과 고혈당증으로 인하여 혈관에 영향을 주는데, 여기에는 나트륨 재흡수의 촉진, 교감 신경계의 활성화, 혈관 평활근 세포의 성장 촉진 등이 포함된다<sup>22)</sup>. 뿐만 아니라 고혈당은 단백질의 당화를 초래하여 동맥벽의 콜라겐 사이의 결합을 증가시키고 결국 동맥벽의 손상과 고혈압 및 동맥 경화증을 일으키는 것으로 설명된다<sup>23)</sup>.

둘째, 비만으로 인한 교감 신경계의 활성화가 동맥 경직도의 증가를 일으킨다. Alvarez 등<sup>24)</sup>에 의하면, 비만인들의 근육 교감 신경 활성화도(muscle sympathetic nerve activity, MSNA)는 증가하며, 이는 특히 복부 내장 지방이 많은 사람에게 뚜렷하다. 복부 지방의 축적과 교감 신경 활성화의 관련성은 대사 증후군과도 밀접한 연관이 있으며, 심혈관 질환과 연결된다. Grassi 등<sup>25)</sup>은 이러한 현상을 시상하부-뇌하수체 축의 조절에 이상이 있는 것으로 보고하였으며, 이는 더욱 많은 연구가 필요하다.

셋째, 혈관 내피 세포로 나온 일산화질소가 혈관 벽의 확장을 적절히 일으켜 혈관 벽의 압력을 조절하고 혈압을 유지하며 혈관 벽의 손상을 막아주는데, 비만의 경우 이 기전에 있어서 장애가 생긴다. 인슐린 저항성은 보상성으로 고인슐린혈증을 일으켜 혈관 수축을 촉진하는 방향으로 치우치게 하는 동시에, 일산화질소 합성 경로에 장애를 일으켜 결과적으로 혈관 수축으로 인한 고혈압을 일으킨다<sup>22)</sup>.

넷째, 지방 조직으로 분비되는 렙틴의 작용이 있다. 비만인에게는 렙틴에의 저항성으로 인하여 혈중 렙틴 농도가 증가되어 있어 이것이 혈관 조직의 증식 및 신생 혈관 발생으로 인한 병변, 즉 동맥 경화증을 일으키는 데 주요한 역할을 하는 것으로 보인다<sup>26)</sup>. Singhal 등<sup>27)</sup>은 294명의 13-16세 사이의 건강한 청소년에서 높은 렙틴 농도가 혈압, 체지방, 인슐린, 저밀도 콜레스테롤과는 독립적으로, 동맥 팽창성의 감소와 연관이 있다고 보고한 바 있다.

마지막으로, 비만으로 인한 염증 반응의 증가이다. C-반응성 단백질(CRP)은 전신성 염증을 반영하는 지표로서, 여러 후향적 연구와 단면 연구에 의하면 비만아들의 CRP와 백혈구 수치가 정상 체중아보다 높다고 보고하고 있다<sup>28-30)</sup>. Kapiotis 등<sup>30)</sup>에 의하면 비만아에서의 CRP는 적어도 4.5배 증가하였고, IL-6 농도도

40% 높았다. IL-6는 복강 내 지방 세포 내에 존재하다가 간 문맥을 통하여 간으로 직접 가서 CRP 생산을 촉진한다. 그러나 CRP가 동맥 경화증으로의 진행에 직접 작용을 하는지, 혹은 단지 수반되는 하나의 생물학적 지표일 따름인지는 아직 확실히 밝혀지지 않았다<sup>28)</sup>. 이외에도 TNF- $\alpha$ , IL-8 등이 비만아에서 증가되어 있어 전신 염증 반응 및 혈관 수축을 일으키는 것으로 보인다.

지금까지 비만 소아와 청소년에서의 혈관 기능에 대해서는 연구가 매우 적은 실정이다. Tounian 등<sup>17)</sup>은 48명의 비만 청소년에서 27명의 정상 청소년보다 지질 농도가 유의하게 높았고, 경동맥의 경직도가 높다는 연구 결과를 보고하였다.

양쪽 발목-상완 동맥압 지수에 대한 연구는 소아에서 적다. 본 연구에서는 대상군이 말초 혈관 질환의 유병률이 매우 낮은 청소년기에 속할 뿐만 아니라, 병을 지니고 있다고 하더라도 비만으로 이환된 기간이 짧아 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다. 이는 성인 비만 환자에서 좀 더 연구되어야 될 것으로 생각한다. Planas 등<sup>31)</sup>의 연구에 의하면 55-74세 사이의 노인에서 발목-상완 동맥압 지수가 0.9 미만인 경우에 말초 혈관의 질환의 예측 인자로는 체질량지수보다는 허리와 엉덩이 둘레의 비가 관여한다고 하였다.

그러므로, 비만 청소년 환자에서 심혈관계 질환을 예측하기 위해서는 ABI보다는 PWV을 이용하는 것이 더 유용할 것으로 생각된다.

본 연구는 나이 많은 성인 인구에서 혼란 변수로 작용할 수 있는 고혈압이나 고지혈증, 인슐린 저항성 등이 배제된 집단에서 연구가 이루어졌다는 점, 그리고 Tounian 등<sup>17)</sup>의 연구에서처럼 비만군에만 국한된 것이 아니라 위험군인 과체중군, 정상군까지 포함하여 체지방의 작은 축적으로도 일어날 수 있는 혈관의 변화를 포괄하여 분석하였다는 점에서 의의가 있다.

본 연구의 한계점은, 비침습적인 방법만을 사용하여, 혈중 콜레스테롤이나 지질, 혈당, 렙틴 농도 등 심혈관 질환의 위험도를 예측할 수 있는 다른 객관적인 지표들에 대한 정보가 미흡하였다는 점이다.

비만이 혈관에 미치는 영향은 장기간 축적된 효과이다. 하지만 젊은 성인에서도 비만과 혈관 변화와의 관련성이 있음이 보고되고 있으며, 혈관에 대한 비만의 효과는 급성으로 일어날 수 있을 뿐만 아니라 가역적일 수 있다. 그러나 현재 20세 이하의 청소년에서 비만과 혈관 강직에 대한 연구는 거의 없다. 본 연구를 통해서 청소년기부터 비만이 혈관에의 변화를 일으키므로 청소년 비만에 대한 예방이 중요하다는 사실을 알 수 있다.

소아와 청소년기 비만은 계속 증가하고 있으며, 비만은 중년 및 노년기에 뇌혈관 질환 및 심혈관 질환으로 인한 사망률을 증가시킨다. 따라서 인구 집단에서 간편하고 신속한 방법인 체질량지수와 맥파 속도를 이용하여 소아 및 청소년의 비만 인구를 관리하는 것은 장기적으로 성인기 심혈관 질환 이환을 예방하는 데 있어서 중요한 의미가 있다. 나아가서, 소아기 과체중은 성인기 체중과 관계없이 성인기의 대사 증후군과 연관되어 있고<sup>32)</sup>, 성인기의 과체

중보다 더 강력한 심혈관 질환의 위험 인자이다<sup>33)</sup>. 그러므로 소아기 과체중을 예방하고 치료하는 것은 이러한 잠재적인 위험 요소를 감소시키는 점에서 매우 중요하다.

최근 점차 늘어나고 있는 소아 및 청소년 비만을 체계적으로 관리하기 위해서는 우선 체중 이상을 평가하고 이와 관련된 건강 문제를 예측할 수 있는 비만 지표를 설정하여 관리 대상을 찾아내는 작업이 필요하다. 위험군을 알아내는 방법에는, 본 연구에서 이용된 것처럼 키와 체중을 이용한 체질량지수를 구하는 간단한 비만 분류법이 있으나, 임상에서 흔히 이용되고 있는 체지방률(body fat percentage) 측정값 또한 고혈압, 총콜레스테롤, 저밀도 지단백, 고밀도 지단백 등과 같은 심혈관계 질환 위험 요인들의 좋은 예측 인자로 활용될 수 있을 것이다<sup>34)</sup>. 따라서 본 연구의 체질량지수 뿐만 아니라 체내 총 지방, 체지방률, 복부 내장 지방, 복부 피하 지방, 총 복부 지방 등에 따른 맥파 속도의 변화를 알아보는 연구가 도움이 될 것이다. 앞으로 비만 이외에 고혈압, 지질 이상, 혈당 이상과 같은 대사증후군에서 동맥 경직도에 대한 연구들이 더 이루어져야 할 것으로 생각한다.

**요 약**

**목 적 :** 맥파 속도는 동맥 경직도를 측정할 수 있는 유용하고 비침습적인 방법이다. 비만은 여러 가지 기전에 의하여 동맥 경직도를 증가시킨다고 알려졌다. 그러나 소아 비만에서 맥파 속도에 대한 연구는 매우 적은 실정이다. 저자들은 비만 청소년에서 비만이 맥파 속도와 발목 상완 지수에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

**방 법 :** 1군은 15-16세 사이의 체질량지수가 85-95 백분위수 사이인 비만 위험군 청소년 40명(남자 22명, 여자 18명)으로 하였고, 2군은 체질량지수가 95백분위수 이상인 비만 청소년 39명(남자 26명, 여자 13명)을 대상으로 하였다. 정상 청소년 99명(남자 54명, 여자 45명)을 대조군으로 하였다. 신장, 체중을 이용하여 체질량지수를 산출하였고, VP-1000 기기(Colin Medical Technology Company, Komaki, Japan)를 이용하여 사지 수축기, 이완기, 평균 혈압, 양측 맥파 속도, 발목-상완 동맥압 지수, 박출 시간, 전구출기를 측정 후 비교 분석하였다. 체질량지수와 좌우 상완-발목 맥파 속도, 발목-상완 동맥압 지수, 혈압을 비교 분석하였고, 각 변수 간의 상관성을 연구하였다.

**결 과 :** 우상완-발목 맥파 속도는 1군(944.8 cm/sec)이나 3군(941.0 cm/sec)에 비하여 2군(1,012.8 cm/sec)에서 유의하게 높은 값을 보여 주었고, 좌상완-발목 맥파 속도도 2군(1,015.3 cm/sec)에서 1군(940.1 cm/sec)이나 3군(942.2 cm/sec)에 비해 유의하게 높은 값을 보였다. 발목-상완 동맥압 지수, 심박동수, 전구출기/박동 시간 값은 각 군 간에 유의한 차이가 없었다. 상완-발목 맥파 속도와 혈압은 체질량지수가 증가할수록 증가하는 양의 상관관계를 보였으나 발목-상완 동맥압 지수는 체중, 신장, 체질량지수 어느 것과도 유의한 상관관계가 없었다.

**결 론 :** 체질량지수가 증가함에 따라 맥파 속도가 증가하는 점을 볼 때, 비만이 동맥 경직도의 증가와 밀접한 연관성이 있음을 알 수 있었다. 맥파 속도를 이용하여 청소년의 비만군 및 위험군을 조기에 발견하여 관리하는 것이 성인기에 심혈관 질환으로 이환되는 것을 예방하는 데 도움이 되리라 생각한다.

**References**

- 1) National Center for Health Statistics. Prevalence of overweight among children and adolescents: United States, 1999-2002. <http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/overwght99.htm>
- 2) Murata M. Secular trends in growth and changes in eating patterns of Japanese children. *Am J Clin Nutr* 2000;72(5 Suppl):1379S-83S.
- 3) Chinn S, Rona RJ. Prevalence and trends in overweight and obesity in three cross sectional studies of British children, 1974-94. *BMJ* 2001;322:24-6.
- 4) Kang YJ, Hong CH, Hong YJ. The prevalence of childhood and adolescent obesity over the last 18 years in Seoul area. *Korean J Nutr* 1997;30:832-9.
- 5) Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1995;854:1-452.
- 6) Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, Seidel KD, Dietz WH. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 1997;337:869-73.
- 7) Wilson PW, D'Agostino RB, Sullivan L, Parise H, Kannel WB. Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience. *Arch Intern Med* 2002;162:1867-72.
- 8) Safar ME, Czernichow S, Blacher J. Obesity, arterial stiffness, and cardiovascular risk. *J Am Soc Nephrol* 2006;17(4 Suppl 2):109S-111S.
- 9) Weyer C, Yudkin JS, Stehouwer CD, Schalkwijk CG, Pratley RE, Tataranni PA. Humoral markers of inflammation and endothelial dysfunction in relation to adiposity and in vivo insulin action in Pima Indians. *Atherosclerosis* 2002;161:233-42.
- 10) Yudkin JS, Stehouwer CD, Emeis JJ, Coppack SW. C-reactive protein in healthy subjects: associations with obesity, insulin resistance, and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue? *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1999;19:972-8.
- 11) Lehmann ED, Hopkins KD, Rawesh A, Joseph RC, Kongola K, Coppack SW, et al. Relation between number of cardiovascular risk factors/events and noninvasive doppler ultrasound assessments of aortic compliance. *Hypertension* 1998;32:565-9.
- 12) McGill HC Jr, McMahan CA, Herderick EE, Malcom GT, Tracy RE, Strong JP. Origin of atherosclerosis in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr* 2000;72(5 Suppl):1307S-1315S.
- 13) Hong YM, Moon KR, Seo JW, Sim JG, Yoo KW, Jeong BJ, et al. Nationwide study on body mass index, skinfold thickness, and arm circumference in Korean children. *J*

- Korean Pediatr Soc 1999;42:1186-200.
- 14) Matsui Y, Kario K, Ishikawa J, Eguchi K, Hoshide S, Shimada K. Reproducibility of arterial stiffness indices (pulse wave velocity and augmentation index) simultaneously assessed by automated pulse wave analysis and their associated risk factors in essential hypertensive patients. *Hypertens Res* 2004;27:851-7.
  - 15) Wildman RP, Mackey RH, Bostom A, Thompson T, Sutton-Tyrrell K. Measures of obesity are associated with vascular stiffness in young and older adults. *Hypertension* 2003;42:468-73.
  - 16) Toto-Moukhou JJ, Achimastos A, Asmar RG, Hugues CJ, Safar ME. Pulse wave velocity in patients with obesity and hypertension. *Am Heart J* 1986;112:136-40.
  - 17) Tounian P, Aggoun Y, Dubern B, Varille V, Guy-Grand B, Sidi D, et al. Presence of increased stiffness of the common carotid artery and endothelial dysfunction in severely obese children: a prospective study. *Lancet* 2001;358:1400-4.
  - 18) Czernichow W, Bertrais S, Galan P, Blacher J, Oppert JM, Ducimetière P et al. Body composition and fat repartition in relation to structure and function of large arteries in middle-aged adults. *Int J Obes* 2005;29:826-32.
  - 19) Niboshi A, Hamaoka K, Sakata K, Inoue F. Characteristics of brachial-ankle pulse wave velocity in Japanese children. *Eur J Pediatr* 2006;165:625-9.
  - 20) Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, O'Connor FC, Wright JG, Lakatta LE, et al. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation* 1993;88:1456-62.
  - 21) Bonadonna RC, Groop L, Kraemer N, Ferrannini E, Del Prato S, DeFronzo RA. Obesity and insulin resistance in humans: a dose-response study. *Metabolism* 1990;39:452-9.
  - 22) Montagnani M, Quon MJ. Insulin action in vascular endothelium: potential mechanisms linking insulin resistance with hypertension. *Diabetes Obes Metab* 2000;2:285-92.
  - 23) Airaksinen KE, Salmela PI, Linnaluoto MK, Ikaheimo MJ, Ahola K, Ryhanen LJ. Diminished arterial elasticity in diabetes: association with fluorescent advanced glycosylation end products in collagen. *Cardiovasc Res* 1993;27:942-5.
  - 24) Alvarez GE, Beske SD, Ballard TP, Davy KP. Sympathetic neural activation in visceral obesity. *Circulation* 2002;106:2533-6.
  - 25) Grassi G, Seravalle G, Dell'Oro R, Turri C, Pasqualinotto L, Colombo M, et al. Participation of the hypothalamus-hypophysis axis in the sympathetic activation of human obesity. *Hypertension* 2001;38:1316-20.
  - 26) Oda A, Taniguchi T, Yokoyama M. Leptin stimulates rat aortic smooth muscle cell proliferation and migration. *Kobe J Med Sci* 2001;47:141-50.
  - 27) Singhal A, Farooqi IS, Cole TJ, O'Rahilly S, Fewtrell M, Kattenhorn M, et al. Influence of leptin on arterial distensibility: a novel link between obesity and cardiovascular disease? *Circulation* 2002;106:1919-24.
  - 28) Visser M, Bouter LM, McQuillan GM, Wener MH, Harris TB. Low-grade systemic inflammation in overweight children. *Pediatrics* 2001;107:E13.
  - 29) Ford ES. National Health and Nutrition Examination Survey. C-reactive protein concentration and cardiovascular disease risk factors in children: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2000. *Circulation* 2003;108:1053-8.
  - 30) Kapiotis S, Holzer G, Schaller G, Haumer M, Widhalm H, Weghuber D, et al. A proinflammatory state is detectable in obese children and is accompanied by functional and morphological vascular changes. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006;26:2541-6.
  - 31) Planas A, Clara A, Pou JM, Vidal-Barraquer F, Gasol A, de Moner A, et al. Relationship of obesity distribution and peripheral arterial occlusive disease in elderly men. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:1068-70.
  - 32) Vanhala MJ, Vanhala PT, Keinänen-Kiukaanniemi SM, Kumpusalo EA, Takala JK. Relative weight gain and obesity as a child predict metabolic syndrome as an adult. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999;23:656-9.
  - 33) Must A, Jacques PF, Dallal GE, Bajema CJ, Dietz WH. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *N Engl J Med* 1992;327:1350-5.
  - 34) Cho BL, Lee HJ, Ou SW, Kim JS. The comparison of body fat rate and body mass index through the relationship with cardiovascular risk factors. *J Korean Acad Fam Med* 2003;24:731-8.