Korean Journal of Pediatrics Vol. 50, No. 7, 2007

□ 원저 : 임상 □

소아 체성분의 새로운 표현법: 체지방량지수(fat mass index)와 제지방량지수(fat-free mass index)

인제대학교 서울백병원 가정의학과, 인제대학교 다이어트 연구소*, 국립보건연구원 생명의과학센터 대사영양질환팀†

조영규 · 강재헌 · 송혜령 · 김경아* · 송지현† · 정명호†

The novel expression method of pediatric body composition : fat mass index and fat-free mass index

Young Gyu Cho, M.D., Jae Heon Kang, M.D., Ph.D., Hye Ryoung Song, M.D. Kyung A Kim, Ph.D.*, Ji Hyun Song, Ph.D.† and Myeong Ho Jung, Ph.D.†

Department of Family Medicine, College of Medicine, Inje University, Seoul Paik Hospital, Obesity Research Institute of Inje University, Seoul, Korea*
Division of Metabolic Diseases†, Center for Biomedical Sciences National Institute of Health, Seoul, Korea

Purpose : This study was conducted to assess the usefulness of fat-free mass index (FFMI) and fat mass index (FMI) as novel expression methods of body composition in children.
Methods : A total of 466 Second grade students-248 boys and 218 girls- from all elementary schools the Gwacheon City underwent anthropometric measures including bioelectrical impedance analysis (BIA) and biochemical tests. The correlation coefficients between obesity indices, including FMI and FFMI, and metabolic risk factors, were assessed. Metabolic risk factors of children with increased FMI were compared with those of children with normal FMI. We compared FMI and FFMI percentile distribution between this study's subjects and the subjects of the Fukuoka body composition study.
Results : FMI was lower and FFMI was higher in this study's subjects compared to the subjects of the Fukuoka body composition study. FMI was correlated with other obesity indices and several metabolic risk factors. Metabolic risk was higher in children with increased FMI than in children with normal FMI.
Conclusion : FMI and FFMI were useful indicators in comparing difference of body composition among children that had different body size and growth. High FMI was related to increase of metabolic risk in children. (Korean J Pediatr 2007;50:629-635)

Key Words : Body composition, Body mass index, Obesity, Child

서 론

비만증은 과도한 체지방의 증가로 인하여 대사 장애가 유발된 상태를 말한다. 그러나 대부분의 역학연구와 임상에서는 체질량지수(body mass index, BMI)를 기준으로 비만을 정의하며[1], 소아비만 또한 성별, 연령별, 신장별 표준체중을 이용하여 산출한 비만도나 성별, 연령별 체질량지수 백분위수를 이용하여 비만을 진단한다[2]. 그러나 비만도나 체질량지수는 체중에 대한 신장의 영향은 최소화하였으나, 체성분을 직접 평가하지 않으므로, 제지방량(fat-free mass, FFM)에 독립적으로 체지방량(fat mass, FM)을 평가하지 못한다[3]. 즉, 비만도나 체질량지수의 증가는 지방조직의 증가에 의한 것일 수도 있으나, 근육의 발달에 의한 것일 수도 있다. 특히 소아기에는 성별과 성장 시기에 따라 제지방과 체지방이 다른 속도로 성장하므로, 발달 중에 있는 소아에게 체지방 증가의 지표로 비만도나 체질량지수를 사용하는 것은 더욱 적당하지 않을 수 있다[4]. 그러나 정확한 체성분 측정방법들은 내검자의 협조가 절대적으로 필요하고, 소아의 안전이 고려되어야 하기 때문에, 소아의 체성분을 측정하는 것이 쉽지 않았다. 최근 생체전기저항측정법(bioelectrical impedance analysis,

접수 : 2007년 4월 12일, 승인 : 2007년 6월 12일
본 연구는 질병관리본부(과제번호: 347-6111-211-000-206) 연구비 지원을 받았음
책임저자 : 강재헌, 인제대학교 서울백병원 가정의학과
Correspondence : Jae Heon Kang, M.D.
Tel : 02)2270-0907 Fax : 02)2267-2030
E-mail : fmleader@nuri.net

BIA)이 개발되어, 소아의 체성분을 보다 빠르고, 안전하게 측정할 수 있게 되었다[5].

전통적으로 체지방은 체격의 차이를 보정하기 위해 체지방량을 체중으로 나눈 체지방률로 표현하고, 제지방은 체격을 보정하지 않고 측정된 절대값으로 표현해 왔다. 체격을 보정하지 않고 절대값으로 체지방량이나 제지방량을 표현하는 것은 신장이 다른 소아를 비교하는 데 문제가 있다. 그러나 체격의 차이를 보정하기 위해 제안된 체지방률 역시 체질량지수처럼 제지방량의 영향을 배제하지 못한다. 체지방률은 체격의 차이를 보정하기 위해 체중을 사용하는데, 체중은 체지방량과 제지방량의 합이므로, 체지방률은 체지방량 뿐 아니라 제지방량의 변화에 영향을 받을 수밖에 없다[6]. 예를 들자면, 비만해지면 체지방량 뿐 아니라, 체지방을 지지하는 제지방량도 같이 증가하게 되므로, 체지방률로 체지방량의 변화를 평가하면 체지방량의 변화를 저평가할 수 있다. 1990년에 이미 VanItallie 등[7]은 상대적인 체지방량을 체지방률로 표현하는 것의 문제점을 인식하고, 체지방량과 제지방량을 체중이 아닌 신장으로 보정한 체지방량지수(fat mass index, FMI; FM/height^2)와 제지방량지수(fat free mass index, FFMI; FFM/height^2)로 표현하도록 제안하였다. 제지방량지수와 체지방량지수는 체질량지수처럼 측정된 제지방량과 체지방량을 각각 신장의 제곱으로 나누어 구한다. 이렇게 구한 체지방량지수는 체격에 의한 변화 뿐 아니라, 제지방량의 변화에 대해서도 독립적으로 체지방량을 평가할 수 있으므로, 유용한 비만의 지표로 사용될 수 있다[8-10]. 이 비만 지표는 성인 뿐 아니라 소아에서도 유용하게 사용될 수 있으며[6, 11], Nakao 등[12]은 3세에서 11세의 후쿠오카의 건강한 소아 1,171명의 자료를 분석하여 일본 소아의 체지방량지수와 제지방량지수의 백분위수 분포를 제시하였다.

본 저자들은 과천지역의 초등학교 2학년 학생들을 대상으로, 새로운 체성분 표현방법인 체지방량지수와 제지방량지수를 체질량지수, 체지방률 등의 기존의 비만 지표들과 비교하여 체지방량지수와 제지방량지수가 체격과 성장이 다른 소아들의 체성분 차이에 따른 건강 위험도를 평가하는데 유용한 지에 대하여 알아보았으며, 과천지역 소아들의 체지방량지수 및 제지방량지수의 백분위수 분포와 후쿠오카지역 소아의 체지방량지수 및 제지방량지수의 백분위수 분포를 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

과천에서 진행 중인 소아 코호트는 2005년에 경기도 과천시 소재의 초등학교 1학년이었던 학생들을 대상으로 시작되었으며, 소아비만 및 동반 대사이상 질환의 위험인자를 분석하고, 예방 및 치료 프로그램을 개발하기 위해 시행되었다. 본 연구는 연구진이 소속된 병원의 임상연구심의위원회 승인을 받았으며, 부모의 동의서를 받아 진행되었다. 2006년 6, 7월에 과천시 소재 4개 초등학교 2학년 전체 아동 841명 중, 부모가 동의한 467명에 대하여 신체계측과 혈액검사를 시행하였으며, 이 중 체성분을 측정하지 않은 한 명을 제외한 466명(남아: 248명, 여아: 218명)을 연구 대상으로 하였다. 연구지역인 과천시는 정부과천청사가 위치한 행정 도시로, 서울 남부에 인접하고 있다. 인구 규모는 약 6만 명이며, 4개의 초등학교가 있다.

2. 방 법

1) 신체계측

신체계측은 연구진의 지도하에 사전에 충분히 훈련받은 간호사들에 의해 측정되었으며, 측정의 오차를 줄이기 위해 각각의 신체계측은 동일한 간호사가 동일한 계측기를 사용하여 동일한 방법으로 측정하였다. 모든 신체계측은 오전에 금식된 상태에서 가벼운 옷차림으로 신발을 벗은 상태로 측정되었고, 모든 측정수치는 반올림하지 않고, 소수점 첫째 자리까지 측정하였다.

신장은 자동신장측정기(DS-102, Jenix, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였고, 체중 및 체지방량과 제지방량은 임피던스 측정방식에 의한 체성분 분석기(BC-418, Tanita, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 허리둘레는 줄자를 이용하여 측정하였으며, 가볍게 숨을 내쉰 상태에서 12번째 늑골 하단부와 장골능 최상단부의 중간 부위를 측정하였다. 체질량지수 및 제지방량지수와 체지방량지수는 각각 체중(kg) 및 제지방량(kg)과 체지방량(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나누어 구하였다. 혈압은 채혈하기 전에 안정 상태를 유지시킨 후, 앉은 자세에서 소아용 혈압대를 사용하여 수은혈압계로 수축기 혈압과 확장기 혈압을 측정하였다.

2) 혈액검사

혈액검사는 12시간 이상 금식한 상태에서 상완정맥에서 1회용 주사기를 이용하여 채혈한 후, 혈액분석기관으로 운반하여 분석하였다. 혈당, 총콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 중성지방은 혈액 자동분석기(Hitachi 736-40, Hitachi co., Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였으며, alanine aminotransferase (ALT)는 NADH의 흡광도 감소율을 측정하여 활성도를 측정하였다(Hitachi 7,180, Hitachi co., Tokyo, Japan). 렙틴과 아디포넥틴은 방사면역 측정법(Linco Research Inc., St Charles, Mo, USA)으로 측정하였다.

3. 통계 분석

연령과 신장을 제외한 모든 변수들은 정규분포를 하지 않아, 로그변환 후에 분석하였다. 신체계측 변수 간의 상관계수를 구하였고, 신체계측 변수들과 대사성 위험인자들의 상관계수들을 비교하였다. 본 연구 대상자의 체지방량지수 및 제지방량지수의 백분위수 분포를 구하여, Nakao 등[12]이 제시한 일본 소아의 체지방량지수와 제지방량지수의 백분위수 분포와 비교하였다. Nakao 등의 정의에 따라 일본 성별 6-8세 소아의 체지방량지수 75백분위수 이상을 비만으로 정의하여, 비만인 소아와 정상 체지방량지

수를 보이는 소아의 대사성 위험인자를 비교하였다. 모든 자료의 통계처리는 SPSS 12.0 for windows를 이용하여 시행하였으며, P값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

1. 대상자 특징

과천시 4개 초등학교 2학년 학생 841명 중 연구에 참여하겠다고 부모가 동의하고, 체성분 분석을 포함한 신체계측과 혈액검사를 시행한 466명(남아: 248명, 여아: 218명)을 연구대상으로 하였으며, 연구대상자들의 평균 연령은 평균 7.9±0.3세(범위: 7.3-8.5세)였다. 체지방량지수(남아: 2.4±1.6 kg/m^2, 여아: 2.6±1.5 kg/m^2)는 남녀 간에 유의한 차이가 없었으나, 제지방량지수(남아: 14.1±1.1 kg/m^2, 여아: 13.0±1.1 kg/m^2)는 남아가 여아보다 유의하게 높았다. 신장, 체중, 허리둘레, 체질량지수, 수축기 혈압, 공복 혈당, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT는 남아에서 여아에 비해 유의하게 높았고, 체지방률, 중성지방, 렙틴은 여아에서 남아에 비해 유의하게 높았으며, 이완기 혈압, 총콜레스테롤, 아디포넥틴은 남녀 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 체지방량지수 및 제지방량지수와 다른 신체계측 변수 간의 상관관계

체지방량지수와 제지방량지수 모두 남녀에서 기존의 비만지표인 체중, 허리둘레, 체질량지수, 체지방률과 유의한 상관관계가 있었다(체지방량지수: 남아 r=0.869-0.995, 여아 r=0.861-0.973; 제지방량지수: 남아 r=0.635-0.849, 여아 r=0.780-0.931). 체지방량지수와 제지방량지수는 신장과도 유의한 상관관계가 있었다(체지방량지수: 남아 r=0.401, 여아 r=0.318; 제지방량지수: 남아 r=0.234, 여아 r=0.305)(Table 2).

3. 대상자의 체지방량지수 및 제지방량지수의 백분위수 분포

연구대상자의 체지방량지수 및 제지방량지수의 백분위수분포를 Table 3에 제시하였다. 체지방량지수의 남아의 중앙값은 2.3 kg/m^2(25-75 백분위수: 1.7-3.5 kg/m^2)이었으며, 여아의 중앙값은 2.6 kg/m^2(25-75 백분위수: 2.0-3.4 kg/m^2)이었고, 제지방량지수의 남아의 중앙값은 14.1 kg/m^2(25-75 백분위수: 13.4-14.6 kg/m^2)이었으며, 여아의 중앙값은 13.0 kg/m^2(25-75 백분위수: 12.5-13.5 kg/m^2)이었다.

본 연구대상자의 체지방량지수와 제지방량지수의 백분위수값을 Nakao 등[12]이 제시한 후쿠오카 지역 6-8세 소아의 체지방량지수와 제지방량지수의 백분위수값과 비교하였다(Fig. 1). 체지방량지수는 남아의 90 백분위수값을 제외하면 남녀 모두에서 본 연구대상자의 체지방량지수 백분위수값이 후쿠오카 지역 소아의 체지방량지수 백분위수값보다 작았으며, 제지방량지수는 남녀 모두에서 본 연구대상자의 제지방량지수 백분위수값이 후쿠오카지역 소아의 제지방량지수 백분위수값보다 더 컸다.

4. 신체계측 변수들과 대사성 위험인자들의 상관관계

체지방량지수는 남아에서는 이완기혈압(r=0.151), 중성지방(r=0.196), ALT(0.223), 렙틴(r=0.837)과는 양의 상관관계가, 고밀도 지단백 콜레스테롤(r=-0.202), 아디포넥틴(r=-0.149)과는 음의 상관관계가 있었으며, 여아에서는 수축기혈압(r=0.208), 중성지방(r=-0.205), ALT(r=0.160), 렙틴(r=0.803)과는 양의 상관관계가, 고밀도 지단백 콜레스테롤(r=-0.158)과는 음의 상관관계가 있었

Table 1. Baseline Characteristics of Study Subjects

	boys (n=248) mean (SD)	girls (n=218) mean (SD)	P value
Age (years)	8.0 (0.3)	7.9 (0.3)	0.022
Height (cm)	128.6 (4.8)	126.8 (5.0)	<0.001
Weight (kg)*	27.6 (1.2)	25.2 (1.2)	<0.001
WC (cm)*	56.6 (1.1)	53.8 (1.1)	<0.001
BMI (kg/m^2)*	16.7 (1.1)	15.7 (1.1)	<0.001
Body fat (%)*	14.5 (1.5)	16.3 (1.4)	<0.001
FMI (kg/m^2)*	2.4 (1.6)	2.6 (1.5)	0.174
FFMI (kg/m^2)*	14.1 (1.1)	13.0 (1.1)	<0.001
SBP (mmHg)*	92.1 (1.1)	89.8 (1.1)	0.006
DBP (mmHg)*	58.9 (1.1)	58.0 (1.1)	0.156
FPG (mg/dL)*	82.1 (1.1)	79.9 (1.1)	<0.001
T-Chol (mg/dL)*	164.4 (1.2)	165.2 (1.2)	0.763
Triglyceride (mg/dL)*	54.7 (1.6)	62.1 (1.6)	0.005
HDL-Chol (mg/dL)*	61.7 (1.2)	57.1 (1.2)	<0.001
ALT (IU/L)*	14.2 (1.3)	13.1 (1.2)	<0.001
Leptin (ng/mL)*	2.6 (2.1)	3.2 (2.0)	0.004
Adiponectin (μg/mL)*	11.9 (1.5)	12.7 (1.5)	0.094

*Variables were analysed after log-transformation.
Abbreviations : WC, waist circumference; BMI, body mass index; FMI, fat mass index; FFMI, fat-free mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; FPG, fasting plasma glucose; T-Chol, total cholesterol; HDL-Chol, high density lipoprotein cholesterol; ALT, alanine aminotransferase

Table 2. Correlation Coefficients among Anthropometric Variables*

	Height	Weight	WC	BMI	BF%	FMI	FFMI
Height		0.731	0.555	0.379	0.400	0.401	0.234
Weight	0.730		0.897	0.909	0.859	0.884	0.733
WC	0.491	0.885		0.876	0.849	0.869	0.662
BMI	0.335	0.888	0.891		0.921	0.954	0.849
BF%	0.279	0.792	0.822	0.904		0.995	0.635
FMI	0.318	0.861	0.879	0.973	0.957		0.696
FFMI	0.305	0.824	0.784	0.931	0.780	0.863	

*Upper values were for boys and lower values were for girls. All variables except height were analysed after log-transformation. All correlation coefficients were significant at P<0.001 by Pearson correlation in both boys and girls. Abbreviations : WC, waist circumference; BMI, body mass index; BF%, body fat percentage; FMI, fat mass index; FFMI, fat-free mass index

다. 체지방량지수의 대사성 위험인자들과의 상관계수를 전통적으로 체지방량의 지표로 사용되는 체지방률과 대사성 위험인자들의 상관계수와 비교하였을 때, 남아에서는 이완기혈압은 체지방률과의 상관계수 절대값이 더 컸으나, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT, 렙틴, 아디포넥틴은 체지방량지수와의 상관계수 절대값이 더 컸으며, 여아에서는 이완기 혈압, ALT는 체지방률과의 상관계수 절대값이 더 컸으나, 수축기 혈압, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 렙틴은 체지방량지수와의 상관계수 절대값이 더 컸다(Table 4).

제지방량지수는 남아에서는 중성지방(r=0.163), ALT(r=0.170), 렙틴(r=0.569)과 양의 상관관계가, 고밀도 지단백 콜레스테롤(r=-0.143), 아디포넥틴(r=-0.149)과는 음의 상관관계가 있었으며, 여아에서는 수축기혈압(r=0.204), 중성지방(r=0.190), 렙틴(r=0.682)과 양의 상관관계가 있었다. 그러나 제지방량지수와 대사성 위험인자들과의 상관계수는 다른 비만지표들의 대사성 위험인자들과의 상관계수에 비해 작았다(Table 4).

5. 체지방량지수에 따른 대사성 위험인자의 비교

연구대상자 중 남아 54명(21.8%)과 여아 24명(11.0%)이 일본 소아의 75백분위수(남아: 3.7 kg/m^2, 여아: 4.1 kg/m^2) 이상에 해당하여 비만으로 진단되었다. 비만인 소아를 정상 체지방량지수인 소아와 대사성 위험인자를 비교하였을 때, 남아에서는 중성지방(67.4 vs. 51.6 mg/dL), ALT(15.8 vs. 13.8 IU/L), 렙틴(7.3

Table 4. Correlation Coefficients between Anthropometric Variables and Metabolic Risk Factors*

	BMI	WC	BF%	FMI	FFMI
Boys (n=248)					
SBP	0.106	0.111	0.115	0.116	0.122
DBP	0.133†	0.138†	0.154†	0.151†	0.074
FPG	-0.008	-0.047	-0.032	-0.022	0.044
T-Chol	0.095	0.059	0.122	0.115	-0.006
Triglyceride	0.228†	0.199†	0.189†	0.196†	0.163†
HDL-Chol	-0.204†	-0.197†	-0.195†	-0.202†	-0.143†
ALT	0.254†	0.281†	0.208†	0.223†	0.170†
Leptin	0.814†	0.771†	0.829†	0.837†	0.569†
Adiponectin	-0.202†	-0.233†	-0.150†	-0.168†	-0.149†
Girls (n=218)					
SBP	0.217†	0.193†	0.201†	0.208†	0.204†
DBP	0.121	0.129	0.140†	0.120	0.111
FPG	0.054	-0.027	0.012	0.008	0.126
T-Chol	0.110	0.069	0.110	0.117	0.059
Triglyceride	0.218†	0.213†	0.175†	0.205†	0.190†
HDL-Chol	-0.167†	-0.189†	-0.115	-0.158†	-0.125
ALT	0.151†	0.149†	0.165†	0.160†	0.105
Leptin	0.792†	0.744†	0.774†	0.803†	0.682†
Adiponectin	-0.121	-0.149†	-0.075	-0.101	-0.132

*All variables were analysed after log-transformation
†$P<0.05$ by Pearson correlation. Abbreviations : BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, body fat percentage; FMI, fat mass index; FFMI, fat-free mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; FPG, fasting plasma glucose; T-Chol, total cholesterol; HDL-Chol, high density lipoprotein cholesterol; ALT, alanine aminotransferase

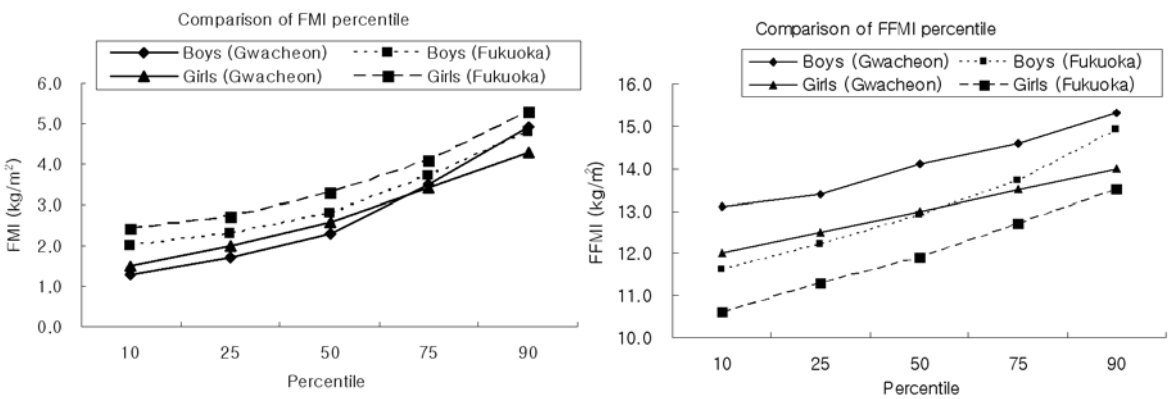

Fig. 1. Comparison of percentile value between this study subjects and subjects of fukuoka body composition study[12]. Abbreviations : FMIm fat mass index; FFMIm fat free mass index.

Table 3. Percentile Value for Fat Mass Index and Fat-Free Mass Index in Study Subjects

	Fat mass index (kg/m^2)		Fat-free mass index (kg/m^2)	
	Boys (n=248)	Girls (n=218)	Boys (n=248)	Girls (n=218)
10 percentile	1.3	1.5	13.1	12.0
25 percentile	1.7	2.0	13.4	12.5
50 percentile	2.3	2.6	14.1	13.0
75 percentile	3.5	3.4	14.6	13.5
90 percentile	4.9	4.3	15.3	14.0

Table 5. Comparison of Metabolic Risk Factors according to Fat Mass Index Level*

	<75 percentile† mean (SD)	≥75 percentile† mean (SD)	*P* value‡
Boys	(n=194)	(n=54)	
SBP (mmHg)	92.2 (1.1)	92.1 (1.1)	0.969
DBP (mmHg)	58.6 (1.1)	60.1 (1.1)	0.208
FPG (mg/dL)	82.2 (1.1)	81.8 (1.1)	0.708
T-Chol (mg/dL)	163.0 (1.2)	169.7 (1.2)	0.084
triglyceride (mg/dL)	51.6 (1.6)	67.4 (1.6)	<0.001
HDL-Chol (mg/dL)	62.6 (1.2)	58.6 (1.2)	0.021
ALT (IU/L)	13.8 (1.3)	15.8 (1.4)	0.002
Leptin (ng/mL)	2.0 (1.7)	7.3 (1.7)	<0.001
Adiponectin (μg/mL)	12.4 (1.5)	10.3 (1.6)	0.003
Girls	(n=194)	(n=24)	
SBP (mmHg)	89.5 (1.1)	92.8 (1.1)	0.104
DBP (mmHg)	57.7 (1.1)	60.0 (1.1)	0.137
FPG (mg/dL)	79.9 (1.1)	79.3 (1.1)	0.668
T-Chol (mg/dL)	164.3 (1.2)	172.9 (1.2)	0.185
triglyceride (mg/dL)	59.8 (1.6)	85.1 (1.6)	0.001
HDL-Chol (mg/dL)	57.9 (1.2)	50.6 (1.2)	0.001
ALT (IU/L)	12.9 (1.2)	14.3 (1.2)	0.032
Leptin (ng/mL)	2.8 (1.8)	9.7 (1.7)	<0.001
Adiponectin (μg/mL)	12.9 (1.5)	11.0 (1.4)	0.051

*All variables were analysed after log-transformation
†Grouping according to Fat mass index level was based on Nakao's reference 12) (75 percentile for boys: 3.7 kg/m^2, 75 percentile for girls: 4.1 kg/m^2)
‡*P*-value by T-test
Abbreviations : SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; FPG, fasting plasma glucose; T-Chol, total cholesterol; HDL-Chol, high density lipoprotein cholesterol; ALT, alanine aminotransferase

vs. 2.0 ng/mL)이 비만인 소아에서 유의하게 높았으며, 고밀도 지단백 콜레스테롤(58.6 vs. 62.6 mg/dL)과 아디포넥틴(11.0 vs. 12.9 μg/mL)은 비만인 소아에서 유의하게 낮았고, 혈압, 공복 혈당, 총콜레스테롤은 유의한 차이가 없었다. 여아에서는 중성지방(85.1 vs. 59.8 mg/dL), ALT(14.3 vs. 12.9 IU/L), 렙틴(9.7 vs. 2.8 ng/mL)이 비만인 소아에서 유의하게 높았으며, 고밀도 지단백 콜레스테롤(50.6 vs. 57.9 mg/dL)은 비만인 소아에서 유의하게 낮았고, 혈압, 공복 혈당, 총콜레스테롤, 아디포넥틴은 유의한 차이가 없었다(Table 5).

고 찰

본 저자들은 체지방량지수와 제지방량지수가 소아의 체성분을 표현하고, 체격과 연령이 다른 소아의 체성분을 비교하는데 유용하며, 체지방량지수는 소아에서 비만 지표로 매우 유용하게 사용될 수 있음을 제시하였다. 소아 비만과 체성분을 연구하는 많은 학자들은 지금까지 체성분 자료를 얻는 방법에 대해서는 관심을 기울였지만, 얻은 체성분 자료를 표현하는 방법에 대해서는 큰 관심을 갖지 않았다. 전통적으로 제지방은 측정되어진 절대값으로 표현하였고, 체지방은 체중에 대한 체지방량의 백분율(체지방률)로 표현하였다. 그러나 제지방량을 절대값으로 표현하는 것은 신장의 영향을 배제할 수 없고, 체지방률은 제지방량의 변화를 배제할 수 없는 문제점들이 지적되고 있다[6]. 체지방량지수와 제지방량지수는 체격과 성장의 차이를 보정하기 위해 신장의 제곱으로 체지방량과 제지방량을 나누어 표현한다. 이는 체중을 신장의 제곱으로 나누어 체질량지수를 표현하는 것과 같은 방식이다. 그러므로 체질량지수가 신장이 다른 소아의 체중을 평가하는데 유용한 지표이듯이[13], 체지방량지수와 제지방량지수는 신장이 다른 소아의 체성분을 평가하는데 유용한 지표이다. 체질량지수와 체지방량지수 및 제지방량지수의 관계는 다음과 같은 공식으로 표현할 수 있으며, 체지방량지수와 제지방량지수는 체질량지수와 같은 단위로 표현되므로, 체질량지수의 변화를 체지방량의 변화에 의한 것인지, 제지방량의 변화에 의한 것인지, 쉽게 나누어 판단할 수 있다.

$$\begin{aligned}\text{체질량지수} &= \text{체중}/\text{신장}^2 = (\text{체지방량}+\text{제지방량})/\text{신장}^2 \\ &= \text{체지방량}/\text{신장}^2 + \text{제지방량}/\text{신장}^2 \\ &= \text{체지방량지수} + \text{제지방량지수}\end{aligned}$$

그러나 신장의 제곱으로 나누는 것이 체지방량과 제지방량을 보정하는 가장 적합한 방법인 지에 대해서는 이견이 있다. 본 연구에서도 체지방량지수와 제지방량지수는 신장과 여전히 유의한 관계를 보이고 있었다. 신장과의 상관관계를 가장 작게 하는 신장의 지수는 연령과 성장 시기에 따라 다르게 나타난다[14]. Wells 등[15]의 연구에 의하면 8세의 소아에서 제지방량은 신장의 제곱으로 나누었을 때, 신장과의 상관관계가 가장 작았으나, 체지방량은 신장의 육제곱으로 나누었을 때, 신장과의 상관관계가 가장 작았다. 그러나 체지방량/신장^{2}의 신장으로 인한 오차가 8% 이내로 크지 않으므로, 신장의 차이가 너무 크지 않는 한 체지방량지수를 체질량지수나 제지방량지수와 같은 단위로 표현하는 것이 유용하다고 하였다. 본 연구에서도 체지방량은 신장의 육제곱으로 나누었을 때, 제지방량은 신장의 제곱으로 나누었을 때, 신장과의 상관관계가 가장 작았다(data is not shown).

체지방량지수와 제지방량지수는 신장이 다른 개인이나 집단의 체성분을 분석하는데 매우 유용하다. 본 연구에서는 과천지역 소아의 체지방량지수 및 제지방량지수 백분위수 분포를 후쿠오카지역 소아의 체지방량지수 및 제지방량지수 백분위수 분포와 비교하였다. Nakao 등[12]은 25-75백분위수를 정상범위로 제시하였다. 본 연구대상자(7-8세)의 체지방량지수 25-75백분위수는 남아 1.7-3.5 kg/m^2, 여아 2.0-3.4 kg/m^{2}이었으며, 제지방량지수 25-75백분위수는 남아 13.4-14.6 kg/m^2, 여아 12.5-13.5 kg/m^{2}이었다. 후쿠오카지역 6-8세 소아의 체지방량지수 25-75백분위수는 남아 2.3-3.7 kg/m^2, 여아 2.7-4.1 kg/m^{2}이었으며, 제지방량지수 25-75백분위수는 남아 12.2-13.7 kg/m^2, 여아 11.3-12.7 kg/m^{2}이었고, 연령이 증가함에 따라 체지방량지수와 제지방량지수 모두 증가하는 경향을 보였다. 본 연구대상자와 6-8세 후쿠

오카지역 소아의 체질량지수는 약 16.3 kg/m^{2}으로 비슷하였으나, 본 연구대상자의 대부분의 체지방량지수 백분위수값은 후쿠오카지역 6-8세 소아의 체지방량지수 백분위수값보다 작았고, 모든 제지방량지수 백분위수값은 후쿠오카지역 6-8세 소아의 제지방량지수 백분위수값보다 컸다. 이는 과천지역 소아와 후쿠오카지역 소아가 체질량지수는 비슷함에도 불구하고, 과천지역 소아가 후쿠오카지역의 소아보다 체지방량은 적고 제지방량은 많음을 의미한다. 후쿠오카지역 6-8세 소아에는 본 연구대상자에 없는 6세의 소아가 포함되어 있음을 고려하면, 제지방량지수의 차이는 오히려 더 커질 가능성이 있으며, 체지방량지수의 차이는 작아질 가능성이 있다. 그러나 본 연구대상자의 체지방량지수 백분위수값이 후쿠오카지역 3-5세 소아의 체지방량지수 백분위수값(25-75백분위수 : 남아 2.2-3.5 kg/m^2, 여아 2.5-3.8 kg/m^2)보다도 작으므로, 결과에 큰 차이는 없을 것으로 생각된다.

체지방량지수는 이론적으로 신장이나 제지방량에 독립적으로 체지방량을 평가할 수 있으므로 유용한 비만지표로 사용될 수 있다. 본 연구에서는 체지방량지수가 전통적으로 사용되어오던 체중, 허리둘레, 체질량지수, 체지방률 등의 비만지표들과 유의한 상관관계가 있음을 보였다. 체지방량지수는 남아에서는 이완기혈압, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT, 렙틴, 아디포넥틴과 상관관계가 있었고, 여아에서는 수축기혈압, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT, 렙틴과 상관관계가 있었으며, 상관계수는 다른 비만지표들의 상관계수와 비슷하였다. 전통적으로 체지방량의 지표로 사용되어오던 체지방률의 상관계수와 비교하여 보면, 많은 대사성 위험인자의 체지방량지수와의 상관계수 절대값이 체지방률과의 상관계수 절대값보다 더 컸다. 후쿠오카지역의 체지방량지수 백분위수를 기준으로 비만으로 진단된 소아와 정상체지방량지수인 소아의 대사성 위험인자를 비교하였을 때, 남아에서는 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT, 렙틴, 아디포넥틴에서, 여아에서는 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, ALT, 렙틴에서 유의한 차이가 있었다. 이는 체지방량지수가 비만의 유용한 지표로 사용될 수 있음을 의미한다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에서 후쿠오카 지역 소아의 체성분 분석 결과와 본 연구대상의 체성분 분석 결과를 비교하였으나, 두 연구에 체성분 분석을 위해 사용된 생체전기저항측정기의 종류가 다르므로, 비교에 오차가 있을 수 있다[16]. 둘째, 본 연구에서 Nakao 등의 정의에 따라 일본 성별 6-8세 소아의 체지방량지수 75백분위수 이상을 체지방량지수에 따른 소아비만으로 정의하였다. 그러나 아직 국제적으로 통일된 체지방량지수에 따른 소아비만의 정의나 국내 소아의 체지방량지수에 대한 정상표준치는 없는 실정이다. 우리나라 소아의 건강위험도를 반영하는 체지방량지수에 따른 소아비만을 정의하기 위한 추후 연구가 필요하다. 셋째, 본 연구는 과천지역의 7-8세 소아만을 대상으로 하였기 때문에 다른 지역, 다른 연령대의 소아에게 연구 결과를 일반화할 수 없다. 넷째, 본 연구는 단면적으로 진행되었기 때문에 체지방량지수와 대사성 위험인자들과의 시간적 선후 관계가 명확하지 않다. 추후 소아의 체지방량지수 증가에 따른 대사 질환 위험 증가에 대한 전향적인 연구가 필요할 것이다.

새로운 체성분 표현방법인 체지방량지수와 제지방량지수는 체격과 성장이 다른 소아의 체성분의 차이를 비교하는데 유용하였으며, 체지방량지수는 기존의 비만지표 및 여러 대사성 위험인자와 높은 상관관계가 있었고, 체지방량지수가 증가함에 따라 대사질환의 위험이 증가됨을 확인하였다. 현재 소아비만은 비만도나 성별, 연령별 체질량지수 백분위수를 이용하여 진단하고 있다. 그러나 대사 질환의 위험인자와 직접 관계가 있는 것은 체중이 아닌 체성분이다[17]. 그러므로 체지방량과 제지방량을 합리적인 방법으로 제시하는 체지방량지수와 제지방량지수의 중요성은 더욱 커질 것이다. 체지방량지수와 제지방량지수가 임상에서 널리 사용되기 위해서는 국내 소아의 성별 연령별 체지방량지수와 제지방량지수의 정상 표준치에 대한 연구가 필요하다.

요 약

목 적 : 본 연구는 소아에서 새로운 체성분 표시법인 체지방량지수(fat mass index, FMI)와 제지방량지수(fat-free mass index, FFMI)의 유용성을 평가하기 위해 수행되었다.

방 법 : 2006년 과천시 초등학교 2학년 학생 466명(남아 : 248명, 여아 : 218명)을 대상으로 체성분 분석을 비롯한 신체계측과 혈액검사를 시행하였다. 신체계측 변수들 간의 상관계수와 비만지표들과 대사성 위험인자들의 상관계수를 구하였고, 체지방량지수에 의해 비만으로 진단된 소아와 정상 체지방량지수인 소아의 대사성 위험인자를 비교하였다. 본 연구 대상자의 체지방량지수 및 제지방량지수 백분위수 분포와 Nakao 등이 제시한 일본 소아의 체지방량지수와 제지방량지수 백분위수 분포를 비교하였다.

결 과 : 본 연구대상자들은 후쿠오카 지역의 소아에 비해 체지방량지수는 작고 제지방량지수는 컸다. 체지방량지수는 기존의 비만지표 및 여러 대사성 위험인자와 상관관계가 있었으며, 체지방량지수가 증가함에 따라 대사 질환의 위험도가 증가되었다.

결 론 : 과천지역의 초등학교 2학년 소아에서 새로운 체성분 표현방법인 체지방량지수와 제지방량지수는 체격과 성장이 다른 소아의 체성분의 차이를 비교하는데 유용하였으며, 체지방량지수의 증가는 대사질환 위험의 증가와 관련이 있었다. 체지방량지수와 제지방량지수를 임상에서 널리 사용되기 위해서는 국내 소아의 성별 연령별 체지방량지수와 제지방량지수 정상 표준치에 대한 연구가 필요하다.

References

1) Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H^2) as a measure of fatness. Int J Obes 1985;9:147-53.
2) Yoo S, LEE SY, Kim KN, Sung E. Obesity in Korean pre-

adolescent school children: comparison of various anthropometric measurements based on bioelectrical impedance analysis. Int J Obes (Lond) 2006;30:1086-90.
3) Ellis KJ, Abrams SA, Wong WW. Monitoring childhood obesity: assessment of the weight/height^2 index. Am J Epidemiol 1999;150:939-46.
4) Wells JC. A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. Int J Obes Relat Metab Disord 2000; 24:325-9.
5) Goran MI, Kaskoun MC, Carpenter WH, Poehlman ET, Ravussin E, Fontvieille AM. Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance. J Appl Physiol 1993;75:1776-80.
6) Wells JC. A critique of the expression of paediatric body composition data. Arch Dis Child 2001;85:67-72.
7) VanItalie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. Am J Clin Nutr 1990;52:953-9.
8) Kyle UG, Morabia A, Schutz Y, Pichard C. Sedentarism affects body fat mass index and fat-free mass index in adults aged 19 to 98 years. Nutrition 2004;20:255-60.
9) Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. Nutrition 2003;19:597-604.
10) Schutz Y, Kyle UU, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 19-98 y. Int J Obes Relat Metab Disord 2002;26:953-60.
11) Wells JC, Coward WA, Cole TJ, Davies PS. The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child. Int J Obes Relat Metab Disord 2002;26:1323-8.
12) Nakao T, Komiya S. Reference norms for a fat-free mass index and fat mass index in the Japanese child population. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 2003;22:293-8.
13) Gasser T, Ziegler P, Seifert B, Prader A, Molinari L, Largo R. Measures of body mass and of obesity from infancy to adulthood and their appropriate transformation. Ann Hum Biol 1994;21:111-25.
14) Eto C, Komiya S, Nakao T, Kikkawa K. Validity of the body mass index and fat mass index as an indicator of obesity in children aged 3-5 year. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 2004;23:25-30.
15) Wells JC, Cole TJ, ALSPAC study team. Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. Int J Obes Relat Metab Disord 2002;26:947-52.
16) Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. Obesity 2006;14:2064-70.
17) Segal KR, Dunaif A, Gutin B, Albu J, Nyman A, Pi-Sunyer FX. Body composition, not body weight, is related to cardiovascular disease risk factors and sex hormone levels in men. J Clin Invest 1987;80:1050-5.