

## 생체 임피던스 방법과 이중 방사선 흡수법으로 측정된 체지방량과 인슐린감수성 지표와의 연관성

중앙대학교 의과대학 소아과학교실

임 인 석 · 윤 기 욱

### Relationship between the Body Fat Mass Measured by Bioelectrical Impedance Analysis(BIA) and Dual Energy X-ray Absorptiometry(DEXA), and by the Indices of Insulin Sensitivity

In Seok Lim, M.D. and Ki Wook Yun, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Chung Ang University, Seoul, Korea

**Purpose :** The objectives of this study was to evaluate the correlations between the indices of insulin sensitivity using fasting glucose and insulin level, and the body fat mass measured by bioelectrical impedance analysis(BIA) and dual energy X-ray absorptiometry(DEXA), and to determine the clinical usefulness of insulin sensitivity indices when obese children were followed up.

**Methods :** In this study, 28 simple obese children and adolescents were included. Anthropometric data including body weight, height, obesity degree(OD), body mass index(BMI), and waist-to-hip ratio were collected and then body fat mass was measured by using BIA and DEXA. For metabolic data, 12 hour fasting serum glucose, insulin and lipid profiles were measured and indices for insulin sensitivity(G/I ratio,  $\log_{\text{insulin}}$ , HOMA-IR,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , QUICKI) were calculated.

**Results :** BMI had a higher correlation with insulin sensitivity indices than OD(G/I ratio, -0.463 vs -0.209;  $\log_{\text{insulin}}$ , 0.417 vs 0.196; HOMA-IR, 0.301 vs 0.238;  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , 0.403 vs 0.198; QUICKI, -0.451 vs -0.224). But OD had a higher correlation with body fat mass measured by BIA and DEXA than BMI(BIA, 0.612 vs 0.316; DEXA, 0.667 vs 0.512). The G/I ratio was correlated with body fat mass in BIA( $r=-0.420$ ,  $P<0.05$ ) and DEXA( $r=-0.512$ ,  $P<0.01$ ), percentage of body fat(percentage of fat) in BIA( $r=-0.366$ ,  $P<0.05$ ) and DEXA( $r=-0.449$ ,  $P<0.01$ ). HOMA-IR was only correlated with body fat mass in DEXA( $r=0.341$ ,  $P<0.05$ ).

**Conclusion :** This study revealed that G/I ratios had a statistically significant correlation with anthropometric obesity indices(OD and BMI) and also had a correlation with both body fat mass and percentage of fat. These results suggest that G/I ratios could be used as useful index when obese children and adolescence are followed up. (**Korean J Pediatr** 2005;48:857-864)

**Key Words :** Insulin sensitivity, Bioelectrical impedance analysis, Dual energy X-ray Absorptiometry, G/I ratio

### 서 론

경제 성장과 더불어 식생활이 서구화되고 생활환경이 자동화되어감으로써 영양섭취는 증가하는 반면 신체 활동은 감소되어 비만의 이환율은 점차적으로 증가하고 있고, 이미 세계보건기구

에서도 비만을 '질병 아닌 질병'으로 정의하며 적극적인 관리가 필요하다고 강조하고 있는 상태이다. 비만에서 체내 지방 함량의 증가에 따라 혈중 유리 지방산의 분비가 많아짐으로써 간과 말초 조직(골격근, 지방조직)에서 인슐린 저항성이 발생하고 2차적으로 고인슐린혈증이 관찰된다<sup>1,2)</sup>. 이러한 인슐린 저항성은 제 2형 당뇨병의 병인에 중요한 역할을 할 뿐 아니라 대사성 증후군이라고 알려진 고혈압, 관상동맥질환, 이상지질혈증과도 관련이 되어 있는 것이 밝혀져 있으며, 또한 다낭성 난소 증후군(poly-cystic ovarian syndrome), 조기 성모발생증(premature adrenarche)과 같은 생식 내분비의 이상 질환에서도 관찰되고 있다

접수 : 2005년 4월 18일, 승인 : 2005년 6월 7일

책임저자 : 임인석, 중앙대학교 의과대학 용산병원 소아과

Correspondence : In Seok Lim, M.D.

Tel : 02/748-9967 Fax : 02/795-4698

E-mail : inseok@cau.ac.kr

3-6). 따라서 이러한 질환들의 연구에 있어서 인슐린 감수성 및 저항성을 측정하여 정량화하는 것에 대한 필요성이 점차 증가되고 있다.

인슐린 감수성을 측정하는 고전적인 방법인 고인슐린혈증 정상혈당 클램프 (hyper-insulinemic euglycemic clamp)법이 가장 정확한 방법으로 알려져 있으나 자주 채혈을 해야 할 뿐 아니라 검사 동안 계속하여 당의 주입을 적정화하여야 하기 때문에 임상적으로 적용하기가 힘들며<sup>7)</sup>, 이 클램프법 보다는 간편하게 검사하기 위해 고안된 frequently sampled iv glucose tolerance test(FSIVGTT)도 클램프법과 높은 상관성을 보이나 당뇨병과 같이 인슐린분비에 이상을 보이는 환자들에서의 적용은 문제가 있어<sup>8)</sup>, 임상적으로 간단하고도 정확한 감수성 지표들의 개발에 관심이 모아지게 되었다. 단순한 지표들을 개발하려는 노력 중 생리적으로 안정된 상태에서의 공복 시의 인슐린 농도와 혈당치는 인슐린 감수성에 있어 중요한 정보를 가지고 있다는 것을 이용하여 이들 결과 값을 이용한 지표들이 개발되어 왔으며 이 지표들이 고인슐린혈증 정상혈당 클램프법으로 측정된 인슐린 감수성 정도와 연관이 있는 것으로 밝혀졌다<sup>9-11)</sup>. 이런 지표들로 glucose/insulin ratio(G/I ratio),  $\log_{\text{insulin}}$ , homeostasis model assessment-insulin resistance(HOMA-IR),  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , quantitative insulin sensitivity check index(QUICKI) 등이 있다.

이들 인슐린 감수성 지표들은 인슐린 감수성 정도를 잘 반영할 뿐만 아니라 비만의 정도를 나타내는 간접지표인 체질량지수 (body mass index, BMI) 및 비만도(obesity degree, OD) 등 과도 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다<sup>12)</sup>. 그러나 이러한 BMI나 비만도와 같은 신체체측지수들이 실제 체지방량을 잘 반영하는 것으로 알려져 있기는 하지만 소아에서는 성인에 비해 그 정확도가 떨어지므로 실제로 측정된 체지방량과 인슐린 감수성 지표들 간에도 이와 같은 연관성이 있는지에 대해 알아본 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 단순 소아 비만아들을 대상으로 하여, 체지방측정에 있어 비교적 객관적이며 정확한 방법으로 알려진 생체 임피던스 방법(bioelectrical impedance analysis, BIA)과 이중 방사선 흡수법(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)<sup>13, 14)</sup>으로 측정된 실제 체지방량과 인슐린 감수성 지표들 간에 어떠한 연관성이 있는지 알아보고 추후 외래에서 비만아들을 추적 관찰할 때 어느 지표가 가장 유용한지 알아보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

2003년 1월부터 2005년 2월까지 중앙대학교 용산병원 비만 클리닉 센터를 방문한 체질량지수 95 백분위수 이상인 소아 비만환자 28명을 대상으로 하였고 당뇨병이나 Prader-Willi 증후군, 다낭성 난소 증후군에 의한 병적 비만 환자는 제외시켰다. 피

검자들은 가벼운 운동복을 입은 상태에서 모든 측정에 임하였다.

## 2. 방 법

### 1) 신장 및 체중 측정

신장은 맨발로 직립 자세를 취한 상태에서 선형 신장계로 0.1 cm까지 측정하였고, 체중은 가벼운 운동복을 입은 상태에서 카스 저울(CAS, Seoul, Korea)로 10 g까지 측정하였다.

### 2) 허리둘레 및 둔위둘레 측정

허리둘레는 피검자가 똑바로 선 후 숨을 자연스럽게 내쉬고 멈춘 상태에서 전상장골극의 3 cm 상부 쪽을 배꼽 선과 평행하게 0.1 cm까지 측정하였으며, 둔위둘레는 둔부 돌출부의 가장 긴 둘레를 0.1 cm까지 측정하였다.

### 3) 체질량지수와 비만도

체질량지수는 체중을 신장의 제곱으로 나눈 값( $\text{kg}/\text{m}^2$ )으로 정의하였고, 비만도는 '(실측 체중-신장별 표준 체중) $\times 100$ /신장별 표준 체중'으로 정의하였다. 이때 체질량지수의 백분위수는 1999년 대한소아과학회에서 발표된 같은 성별과 연령끼리 비교한 자료를 이용하였고<sup>15)</sup>, 표준 체중으로는 같은 자료에서 50 백분위수의 체중을 사용하였다.

### 4) 공복시 혈청 지질, 인슐린과 혈당 및 인슐린 감수성 지표

12시간 이상 공복 상태에서 채혈을 하여 혈청 지질, 혈당, 인슐린을 측정하였다. 혈청의 총 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤 및 중성지방은 효소법으로 측정하였으며, 저밀도지단백 콜레스테롤은 '총콜레스테롤-중성지방/5-고밀도지단백 콜레스테롤'로 계산하였다. 혈당은 자동 측정기(HemoCue B-Glucose analyzer, HemoCue AB, Angelholm, Sweden)로 측정하였고, 인슐린은 방사면역측정법으로 측정하였다. 인슐린 감수성 지표로 공복 시의 insulin과 glucose를 이용하여  $G/I \text{ ratio}(\text{glucose}(\text{mg}/\text{dL})/\text{insulin}(\mu\text{U}/\text{mL}))$ ,  $\log_{\text{insulin}}$ ,  $\text{HOMA-IR}(\text{glucose}(\text{mmol}/\text{L}) \times \text{insulin}(\mu\text{U}/\text{mL})/22.5)$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ ,  $\text{QUICKI}(1/(\log[\text{insulin}(\mu\text{U}/\text{mL})] + \log[\text{glucose}(\text{mg}/\text{dL})]))$ 를 계산하였다.

### 5) BIA를 이용한 체지방 측정

채혈한 뒤 소변을 보게 한 후 다주파수 부위별 임피던스 측정기(InBody 3.0, 주식회사 바이오스페이스, Seoul, Korea)를 사용하여 체지방을 측정하였는데, 피검자는 가벼운 운동복을 입고 임피던스 측정 장치에 올라가서 손전극을 잡고 발전극을 밟은 후 직립 자세로 팔과 다리를 약간 벌린 자세에서 스타트 버튼을 누르면, 마이크로프로세서가 스위치를 작동시키면서 임피던스 측정 장치는 오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리로부터 인체 부위별 전기 저항이 측정되어 결과지에 출력되었다.

### 6) DEXA를 이용한 체성분 측정

운동복을 입은 피검자를 기계에 눕힌 후 DEXA(Lunar DPXIQ#7055, Madison, Wisconsin, U.S.A)를 이용하여 체지방량, 체지방률을 측정하였고 version 4.7e의 software로 분석하였다.

**Table 1.** Physical and Metabolic Characteristics of Study Subjects

	Male(n=16)	Female(n=12)	Total(n=28)
Age(years)	10.6±3.1	10.5±2.7	10.6±3.0
Weight(kg)	60.52±25.34	58.85±18.17	59.05±21.14
Height(cm)	150.47±20.81	149.55±20.51	150.10±20.76
WHR	0.88±0.07	0.90±0.03	0.89±0.05
Obesity degree(%)	43.40±3.20	41.65±4.17	42.1±3.89
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.70±3.75	26.40±4.10	25.85±3.91
Total cholesterol(mg/dL)	161.00±20.39	159.50±22.58	160.4±20.96
Triglyceride(mg/dL)	104.8±32.96	122.6±42.38	112.00±40.38
HDL-Cholesterol(mg/dL)	48.23±9.89	48.01±8.65	48.16±9.38
LDL-Cholesterol(mg/dL)	96.86±23.15	99.24±24.85	97.68±23.46
Body fat mass in BIA(kg)	20.63±8.75	21.75±5.32	20.90±6.24
Percentage of body fat in BIA(%)	34.73±4.83	36.05±3.62	35.46±4.36
Body fat mass in DEXA(kg)	21.28±8.42	21.33±5.26	21.31±6.79
Percentage of body fat in DEXA(%)	39.07±6.36	41.20±4.98	39.62±5.39
Glucose/insulin ratio	7.42±2.98	7.15±3.63	7.33±3.24
Log <sub>insulin</sub>	1.11±0.20	1.13±0.15	1.12±0.16
HOMA-IR	3.32±1.48	3.03±1.36	3.22±1.37
Log <sub>HOMA-IR</sub>	0.49±0.25	0.46±0.17	0.48±0.18
QUICKI	0.32±0.03	0.33±0.01	0.32±0.02

Values are expressed as mean±SD

Abbreviations : WHR, waist-to-hip ratio; BMI, body mass index; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; BIA, bioelectrical impedance analysis; DEXA, dual energy X-ray absorptiometry; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; QUICKI, quantitative insulin sensitivity check index

### 3. 통계 처리

자료 분석을 위한 통계 처리는 SPSS(version 10.0)를 이용하였으며 모든 자료는 평균±표준편차(mean±SD)로 표시하였다. 두 군간의 평균 분석은 독립표본 t-검정을 시행하였고, 두 변수의 관련성은 Spearman 상관분석을 시행하였다. P값이 0.05 미만일 경우에 통계적 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

## 결 과

#### 1. 신체 계측치, 지질농도, 체지방량 및 인슐린 감수성 지표 비교

대상자들은 총 28명으로 남아 16명, 여아 12명이어서 남녀의 비는 4:3이었다. 평균 연령은 남아 10.6±3.1세이었고, 여아는 10.5±2.7세이었다. 체질량지수는 남자는 25.70±3.75 kg/m<sup>2</sup>, 여아는 26.40±4.10 kg/m<sup>2</sup>이었으며, 비만도는 남자는 43.40±3.20%, 여아는 41.65±4.17%로 나왔다. BIA로 측정된 체지방량은 남아 20.63±8.75 kg, 여아 21.75±5.32 kg이었고, DEXA로 측정된 체지방량은 남아 21.28±8.42 kg, 여아 21.33±5.26 kg으로 나왔다. 각각의 체중, 신장, 허리둘레 및 둔위둘레 비율, 비만도와 체질량지수, 지질농도, 체지방량 및 체지방률, 인슐린 감수성 지표 값은 Table 1과 같았고 모든 값에 있어서 남녀간에 의미 있는 차이는 없었다.

**Table 2.** Correlation Coefficients between Lipid Levels and Insulin Sensitivity Indices

Index	G/I ratio	log <sub>insulin</sub>	HOMA-IR	log <sub>HOMA-IR</sub>	QUICKI
Chol	0.196	-0.130	-0.210	-0.129	0.161
r value					
TG	-0.206*	0.122	0.199	0.142	-0.184
r value					
HDL	0.192	0.175	-0.138	-0.162	0.156
r value					
LDL	0.205	0.164	-0.184	-0.129	0.194
r value					

Abbreviations : Chol, cholesterol; TG, triglyceride; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; G/I ratio, glucose/insulin ratio; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; QUICKI, quantitative insulin sensitivity check index

\*P<0.05

#### 2. 지질 농도와 인슐린 감수성 지표와의 상관성

인슐린 감수성 지표 중 G/I ratio만 상관도가 낮기는 하지만 triglyceride와 통계상 연관이 있는 것으로 나왔다(r=-0.206, P<0.05). 이외의 log<sub>insulin</sub>, HOMA-IR, log<sub>HOMA-IR</sub>, QUICKI 모두 혈중 지질인 총 콜레스테롤, triglyceride, 고밀도지단백 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤과 관련이 없는 것으로 나왔다 (Table 2).

### 3. 간접 비만지수와 인슐린 감수성 지표와의 상관성

비만도에 따른 인슐린 감수성 지표 각각에 대한 상관계수는 G/I ratio에서는  $-0.209(P<0.05)$ ,  $\log_{\text{insulin}}$ 에서는  $0.196(P<0.05)$ , HOMA-IR에서는  $0.238(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ 에서는  $0.198(P<0.05)$ , QUICKI에서는  $-0.224(P<0.05)$ 로 나왔고, 체질량지수에 따른 인슐린 감수성 지표 각각에 대한 상관계수는 G/I ratio에서는  $-0.463(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{insulin}}$ 에서는  $0.417(P<0.05)$ , HOMA-IR에서는  $0.301(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ 에서는  $0.403(P<0.01)$ , QUICKI에서는  $-0.451(P<0.01)$ 로 나와 체질량지수가 비만도보다 인슐린 감수성 지표들과 더욱 높은 상관성을 보였고, 특히 체질량지수는 G/I ratio, QUICKI,  $\log_{\text{insulin}}$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , HOMA-IR 순으로 상관성이 높은 것으로 나타났다(Table 3).

### 4. BIA와 DEXA로 측정된 체지방량과 간접 비만지수와 상관성

BIA로 측정된 체지방량과 비만도 및 체질량지수 각각에 대한 상관계수는  $0.612(P<0.01)$ ,  $0.316(P<0.05)$ 으로 나왔고, BIA로 측정된 체지방률은 비만도와만 상관계수  $0.542(P<0.01)$ 로 연관성이 있는 것으로 나왔다. DEXA로 측정된 체지방량과 비만도 및 체질량지수에 대한 상관계수는 각각  $0.667(P<0.01)$ ,  $0.512(P<0.05)$ 로 나왔고, DEXA로 측정된 체지방률에 대한 비만도 및 체질량지수의 상관계수는  $0.437(P<0.01)$ 과  $0.358(P<0.05)$ 로

**Table 3.** Correlation Coefficients between Anthropometric Obesity Indices and Insulin Sensitivity Indices

Index	G/I ratio	$\log_{\text{insulin}}$	HOMA-IR	$\log_{\text{HOMA-IR}}$	QUICKI
OD	$-0.209^*$	$0.196^*$	$0.238^\dagger$	$0.198^*$	$-0.224^*$
r value					
BMI	$-0.463^\dagger$	$0.417^\dagger$	$0.301^\dagger$	$0.403^\dagger$	$-0.451^\dagger$
r value					

Abbreviations: OD, obesity degree; BMI, body mass index; G/I, glucose/insulin; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; QUICKI, quantitative insulin sensitivity check index  
 $^*P<0.05$ ,  $^\dagger P<0.01$

**Table 4.** Correlation Coefficients between Anthropometric Obesity Indices and Body Fat Mass Measured by BIA and DEXA

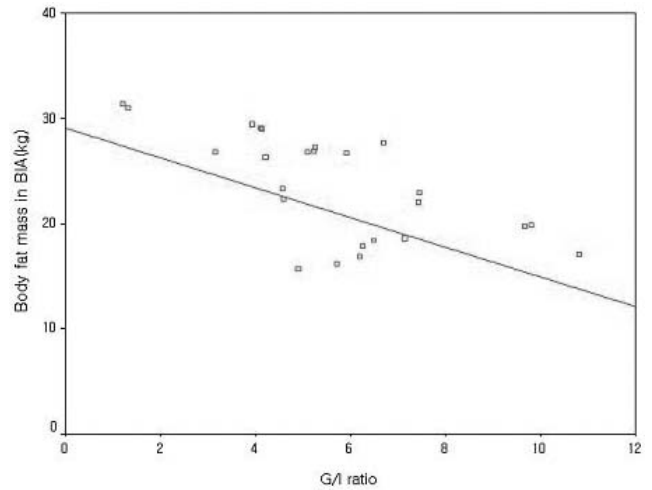
	Body fat mass in BIA(kg)	Percentage of body fat in BIA(%)	Body fat mass in DEXA(kg)	Percentage of body fat in DEXA(%)
OD	$0.612^\dagger$	$0.542^\dagger$	$0.667^\dagger$	$0.437^\dagger$
r value				
BMI	$0.316^*$	$0.247$	$0.512^\dagger$	$0.358^*$
r value				

Abbreviations: OD, obesity degree; BMI, body mass index; BIA, bioelectrical impedance analysis; DEXA, dual energy X-ray absorptiometry  
 $^*P<0.05$ ,  $^\dagger P<0.01$

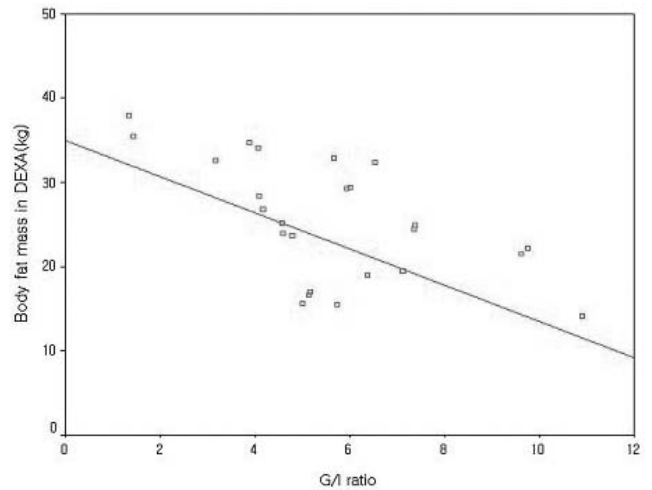
나타났다. 즉 BIA로 측정된 체지방량과 체질량지수만 통계적으로 의미 있는 상관성을 보이지 않았고 기타 BIA와 DEXA로 측정된 체지방량 및 체지방률은 모두 비만도 및 체질량지수와 상관성을 보였다. 또한 BIA와 DEXA로 측정된 체지방량은 체질량지수 보다는 비만도에 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다(Table 4).

### 5. BIA와 DEXA로 측정된 체지방량과 인슐린 감수성 지표와의 상관성

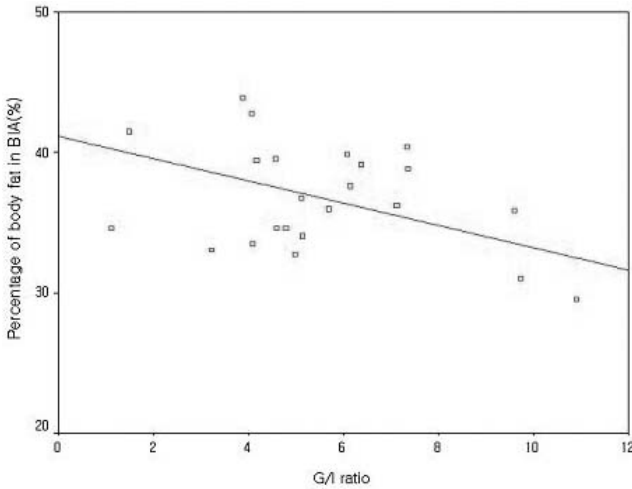
BIA와 DEXA로 측정된 체지방량 및 체지방률과 인슐린 감수성 지표와의 상관성에서  $\log_{\text{insulin}}$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , QUICKI는 모두 연관성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 G/I ratio는 BIA로 측정된 체지방량 및 체지방률과 각각 상관계수  $-0.420(P<0.05)$ ,  $-0.366(P<0.05)$ 으로 통계학적으로 유의한 상관성을 보였고,



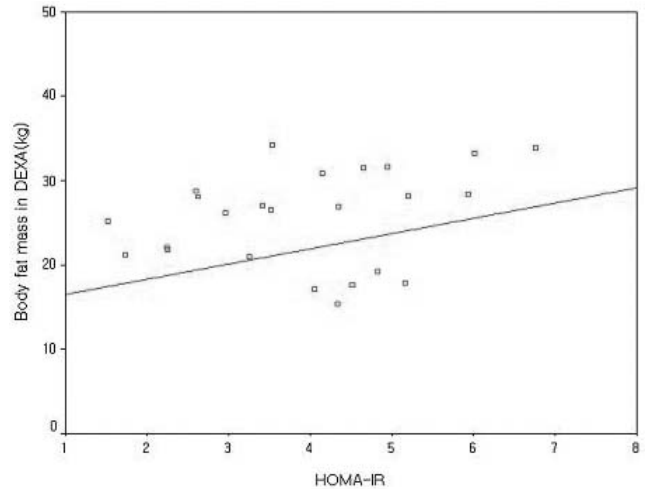
**Fig. 1.** The correlation coefficient and corresponding probability are as follows :  $r=-0.420$ ,  $P=0.021$ .



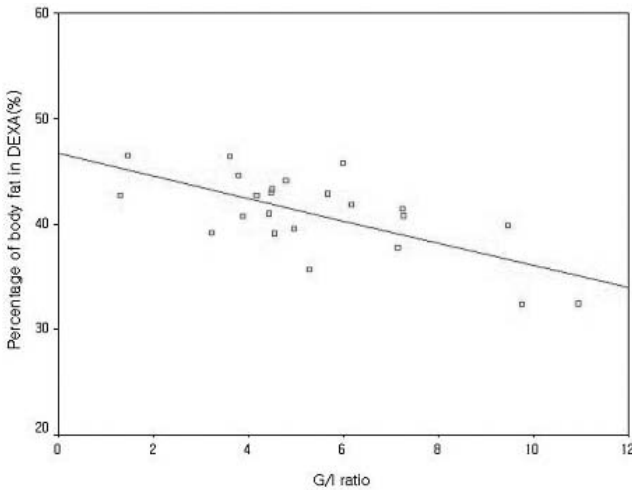
**Fig. 2.** The correlation coefficient and corresponding probability are as follows :  $r=-0.512$ ,  $P=0.006$ .



**Fig. 3.** The correlation coefficient and corresponding probability are as follows :  $r=-0.366$ ,  $P=0.032$ .



**Fig. 5.** The correlation coefficient and corresponding probability are as follows :  $r=0.341$ ,  $P=0.039$ .



**Fig. 4.** The correlation coefficient and corresponding probability are as follows :  $r=-0.449$ ,  $P=0.007$ .

DEXA로 측정된 체지방량 및 체지방률과도  $-0.512(P<0.01)$ ,  $-0.449(P<0.01)$ 로 높은 상관성을 보였다. HOMA-IR은 BIA로 측정된 체지방량 및 체지방률, DEXA로 측정된 체지방률과는 통계적으로 유의한 상관성을 보이지 않았으나, DEXA로 측정된 체지방량과는 상관계수  $0.341(P<0.05)$ 로 유의한 상관성을 보였다(Fig. 1-5).

### 고 찰

전 세계적으로 비만이 심각한 사회문제로 대두되고 있는 상태에서 우리나라도 경제 성장과 더불어 식생활이 서구화되고 생활 환경이 자동화 되어감으로써 영양 섭취는 증가하는 반면 신체 활동은 감소되어 비만의 이환율이 점차 증가되고 있으며 특히 소아 및 청소년 비만증이 급격히 증가하고 있다. 서울시내 초,

중, 고교 학생들 중 1979년 남아의 비만증 빈도가 1.7%에서 2002년에는 17.7%로 23년 동안 약 10배 가량의 증가를, 여아에서는 2.4%에서 10.9%로 같은 기간 동안 약 4.5배 증가를 하였다<sup>16)</sup>. 소아비만은 지방간, 인슐린 저항성 및 고인슐린혈증, 고혈압, 지질대사 이상의 합병증 및 2형 당뇨병, 심혈관 질환 등의 조기 발생과 관련이 높으며, 성인비만의 가장 큰 위험인자이다. 비만이 성인기까지 지속되면 이러한 합병증의 조기 발생 및 그로 인한 사망률이 증가하는 것으로 보고되고 있다<sup>17)</sup>. 한 연구에서는 비만도가 증가할수록 고지혈증과 고인슐린혈증의 발생이 높게 나타나, 고도 비만아에서 합병증 발생의 위험이 증가한다고 보고하였다.

비만을 판정하는 신체계측 방법으로 신장과 체중을 측정하여 환산하는 방법이 있는데, 이러한 신체계측지수로 대표적인 것이 신장별 표준 체중을 이용한 비만도, 신체체중실지수로 알려져 있는 Rohrer 지수, 체질량지수 등이 있다. 비만도는 일반적으로 성인에서는  $(\text{신장}-100) \times 0.9$ 를 소아에서는 신장별 체중 백분위의 50 백분위수를 표준 체중으로 설정하고 실제 체중과 비교하여 산출하는 방식이며, 신장별 표준 체중과 비교하여 120% 이상 경우를 비만증으로 규정하고 있다. 그러나 이러한 방법에 의한 비만도의 평가는 개개인의 체성분을 고려하지 않고 체중만으로 비교하여 비교적 간단하고 손쉽게 사용할 수 있는 장점이 있지만 비만도라는 명칭과는 달리 실제 비만을 판단하는 데는 그다지 도움이 되지 않고 단지 초과되는 체중만을 알 수 있을 뿐이며, 체지방의 분포에 따른 성인 질환과의 관련성 및 체구성 비율의 변화에 따른 위험 요인과의 관련성 등을 알려 주지 못한다는 한계점이 있다<sup>18)</sup>. Rohrer 지수는 체중을 신장의 세제곱으로 나눈 후 10을 곱하여 얻는 지수  $[(\text{kg}/\text{m}^3) \times 10]$ 로 신장의 영향을 많이 받아 신장이 클수록 작아지고 신장이 작을수록 커지는 경향을 가지고 있으므로 청소년을 대상으로 하는 경우에는 신장과 체중의 발육 스퍼트(spart) 시기가 개인마다 달라서 주의를 요한다<sup>19)</sup>.

BMI는 체중을 신장의 제곱으로 나누어 계산( $\text{kg}/\text{m}^2$ )하는데 피하와 몸의 체지방량과 잘 일치하며 청소년의 선별 검사로 가장 유용하고 혈압, 혈중 지질치와 지질단백 농도와 잘 일치하기 때문에 성인의 비만과 관련된 이환율과 사망률을 잘 반영한다. 6세 이상의 소아와 청소년에 있어 95 백분위수 이상일 때 비만, 85-95 백분위수일 때 과체중으로 볼 수 있다고 하나, 6세 미만의 여아에서 적용하기 어려운 점이 있다<sup>20</sup>). 본 연구에서는 6세 이상의 비만아만이 참여되었기 때문에 비만의 정의를 신체계측치를 이용한 판단기준 중 BMI가 95 백분위수인 것을 사용하여 비만아를 선정하였다. 이밖에 비만 평가 범으로는 체지방률 측정을 위하여 수중체중법, 초음파나 근적외선 이용법, 생체 전기 저항법, 이중 방사선 흡수법 등이 있으며, 복부 비만을 파악하기 위해 waist-to-hip ratio, 복부 CT스캔 검사 등이 참고되기도 한다. 이 중에서 최근에 임상에서 흔히 사용되어지는 BIA는 인체에 낮은 교류 전압을 통과시킬 때 주파수에 따라 발생한 저항값이 체성분 구성과 일정한 연관성을 보인다는 사실을 이용한 것으로, 1969년 Hoffer의 임상 결과 이후 많은 임상 연구가 진행되어 점차 그 신뢰성을 인정받고 있다<sup>13</sup>). 게다가 이 방법은 가격이 낮고 검사 방법이 간편하며 재현성이 높을 뿐만 아니라 체중을 구성하는 인체의 모든 요소들에 대한 기초적, 종합적 정보를 제공할 수 있다는 이점이 있어 최근에 널리 각광받고 있다. DEXA는 골격 조직의 무기질 및 체지방 등 체구성 성분을 직접적으로 측정하는데 유용하며, X선 조사량이 비교적 적고 측정 시간이 짧으며 조사 대상자의 협조가 크게 필요하지 않아 환자나 일반인에게 쉽게 사용이 가능하다. 이 방법에 의하여 측정된 체지방량은 수중 측정법과 높은 상관관계를 보이므로 현재까지 체지방 측정에 가장 객관적인 지표로 인식되고 있다<sup>14, 21</sup>). 그러므로 본 연구에서는 실제 체지방량을 측정하는 방법으로 간편하면서도 비교적 객관적인 방법으로 알려진 BIA와 DEXA를 이용하였다. 이 중 BIA는 기계, 전극의 위치, 수액 상태, 음식 섭취, 체온에 따라 그 측정치가 달라지는 것을 고려하여<sup>22-24</sup>) 12시간 금식 후에 체혈을 하고 이후 안정된 상태에서 소변을 보게 한 후에 BIA를 측정하여 측정 오차를 최소화하고자 하였다.

인슐린 저항성은 인슐린에 대한 조직 감수성의 감소로 혈당의 항상성을 유지하기 위해 베타 세포의 인슐린 분비가 증가되는 상태로 인슐린 저항성을 보이는 경우 고인슐린혈증을 동반하며, 혈당은 정상이거나 상승될 수 있다. 비만아에서도 이러한 인슐린 저항성을 관찰할 수 있는데 이는 체내 지방 함량의 증가에 의해 상승된 혈중 유리산으로 인해 말초조직에서 인슐린 수용체 수의 저하, 수용체 후 반응의 장애, 또는 당수용체의 장애 등으로 인해 인슐린 저항성이 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>1, 2</sup>). 이러한 인슐린 저항성을 측정하는 대표적인 방법으로 고인슐린혈증 정상혈당 클램프법이 있다. 이 방법은 안정된 상태에서 직접적으로 당의 이용을 증진시키는 인슐린 감수성을 측정하기 때문에 생체 내의 인슐린 감수성과 저항성을 평가하는 방법으로 가장 정확하다고 알려져 있지만, 인슐린을 정맥으로 투여하고 3시간 동안

자주 채혈을 하며 검사 동안 계속하여 당의 주입을 적정화하여야 하기 때문에 임상적으로 적용하기가 쉽지 않고, 대체 방법으로 나온 FSIVGTT도 클램프법보다는 시행하기가 간편하나 역시 3시간 동안 30회의 채혈을 해야 한다는 점에서 임상적으로 적용하기가 쉽지 않다. 그래서 임상적으로 간단하고, 정확한 감수성 지표들에 대한 개발에 관심이 모아졌다. 이러한 방법으로 공복 혈중 인슐린을 측정하는 방법, 공복 시의 혈당과 인슐린을 이용한 G/I ratio,  $\log_{\text{insulin}}$ , HOMA-IR,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$  등을 계산하는 방법들이 개발되었고, 좀 더 최근에는 QUICKI를 이용한 개념이 많이 소개되고 있다. 또한 이런 인슐린 감수성 지표들이 고인슐린혈증 정상혈당 클램프법이나 FSIVGTT로 시행한 검사 결과와 상관성이 높은 것으로 보고되고 있다. 그러나 이들 지표 중 공복 시 G/I ratio는 인슐린 저항성을 평가하는 유용한 방법으로 알려져 왔으나 당뇨병과 같이 혈당치가 비정상일 경우에는 인슐린 감수성의 지표가 되지 못한다는 단점이 있다. 하지만 당뇨병이 아닌 인슐린 저항성을 보이는 경우에는 인슐린 감수성을 반영해 줄 수 있다고 보고되고 있다<sup>9</sup>). 따라서 본 연구에서는 보다 임상적으로 쉽게 적용할 수 있는 방법인 공복 시의 혈당과 인슐린을 이용한 지표인 G/I ratio,  $\log_{\text{insulin}}$ , HOMA-IR,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , QUICKI를 인슐린 감수성 지표로 사용하였다.

이들 인슐린 감수성 지표들과 비만도 및 체질량지수와 같은 신체 계측지수들과의 상관성에서 인슐린 감수성 지표는 비만도 및 체질량지수 모두와 상관성이 있는 것으로 나타났고, 체질량지수가 이들 인슐린 감수성 지표와의 관계에서 비만도 보다 연관성이 높은 것으로 나타났다. 특히 인슐린 감수성 지표 중 다른 지표들 보다 G/I ratio가 신체계측지수와 연관성이 가장 높은 것으로 나타났다. BIA와 DEXA를 이용하여 측정된 체지방량 및 체지방률과 신체계측지수와의 관계에서는 BIA로 측정된 체지방률과 체질량지수만 연관성이 없었고 그 외 다른 경우는 모두 연관성이 있는 것으로 나타났으나 체지방량 및 체지방률은 체질량지수 보다는 비만도와 보다 높은 연관성을 보였다. 체지방량 및 체지방률과 인슐린 감수성 지표와의 관계에서는 G/I ratio만이 BIA와 DEXA로 측정된 체지방량과 체지방률 모두와 연관성이 있는 것으로 나타났고, HOMA-IR은 DEXA로 측정된 체지방량과만 연관이 있는 것으로 나타났다.

비만증이 있을 경우 혈중 지질 중 혈청 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도 콜레스테롤의 증가와 고밀도 콜레스테롤 감소가 발생하는 것으로 밝혀져 있어<sup>2, 4</sup>) 이런 지질 변화가 인슐린 감수성 지표와 관련성이 있나 알아보았으나 G/I ratio 만이 혈중 지질치 중 triglyceride와 관련이 있었고 다른 지표와는 연관성이 없는 것으로 나와 혈중 지질치의 변화는 인슐린 감수성 지표로는 추정할 수 없을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 인슐린 감수성 지표 중 G/I ratio가 신체계측지수를 가장 잘 반영할 뿐만 아니라 실제로 측정된 체지방량과 체지방률 모두와 연관성이 높은 것으로 나타나 단순 비만의 진단 및 추적 관찰시 공복 시의 혈당과 인슐린 값을 기

초로 한 인슐린 감수성 지표 특히, G/I ratio의 활용이 임상에서 유용하게 사용될 수 있을 것이라 생각된다.

하지만 본 연구는 연구의 대상이 적어서 발생하는 통계적 검정력의 한계로 전체 한국 소아들에게 일반적으로 적용하기에는 제한점을 가지는 것이 사실이다. 또한 인슐린 감수성 지표들을 적용하는 데 있어서의 문제점으로, 지표의 계산에 사용되는 인슐린 측정값에 있어 한계점이 있다는 것이다. 즉 인슐린의 측정에 있어서 검사간의 변이(test-to-test variability), 짧은 반감기, 인슐린 분비의 주기성 및 호르몬과 대사적 상태에 대한 빠른 반응 등의 변수가 있다는 점이다<sup>26)</sup>. 따라서 이러한 오차를 줄이기 위해 15분 동안 3회 인슐린을 측정하여 평균값을 이용하는 것을 추천하고 있으나<sup>10)</sup> 본 연구에서는 잦은 채혈에 대한 거부감 등으로 인해 1회 측정치만을 이용한 것이 연구의 정확성을 다소 낮추었으리라 추측된다. 또한 비만아들의 지속적인 관찰을 통한 피검자 개개인마다의 체지방량 변화에 따른 인슐린 감수성 지표의 변화를 연구하지 못한 것도 이 검사의 한계점으로 판단된다. 그러므로 보다 정확한 연구를 위해서는 보다 많은 비만아들을 대상으로 한 연구, 3회 이상의 공복 시 인슐린 값의 측정, 장기간에 걸친 체지방량 및 체지방률의 변동에 따른 인슐린 감수성 지표의 변화 관찰 등을 보완해서 보다 자세한 연구가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

## 요 약

**목 적 :** 인슐린 감수성 지표들은 신체계측지수인 체질량지수 및 비만도와 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 신체계측지수들이 체지방량을 잘 반영하는 것으로 알려져 있기는 하나 소아에서는 성인에 비해 그 정확도가 떨어지므로 실제로 측정된 체지방량과 인슐린 감수성 지표들 간에도 이와 같은 연관성이 있는지에 대한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 단순 소아 비만아들을 대상으로 하여, 체지방측정에 있어 비교적 객관적이며 정확한 방법으로 알려진 BIA와 DEXA로 측정된 체지방량과 인슐린 감수성 지표들 간에 어떠한 연관성이 있는지 알아보고 추후 외래에서 비만아들을 추적 관찰할 때 어느 지표가 가장 유용한지 알아보고자 한다.

**방 법 :** 2002년 1월부터 2004년 7월까지 중앙대학교 용산병원 비만클리닉을 방문한 28명의 단순비만 환자를 대상으로 하였다. 12시간 이상 금식 후 채혈을 하여 혈당과 인슐린 수치를 측정하였다. 같은 날 신장, 체중, 허리 둘레, 엉덩이 둘레를 측정하였고, BIA와 DEXA를 시행하여 체지방량을 구하였다. 얻어진 혈당과 인슐린 수치를 이용하여 G/I ratio,  $\log_{\text{insulin}}$ , HOMA-IR,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , QUICKI를 구하여 체지방량과의 연관성을 알아보았다.

### 결 과 :

1) 인슐린 감수성 지표 중 G/I ratio만 triglyceride와 통계상 연관성이 있는 것으로 나왔다( $r=-0.206$ ,  $P<0.05$ ). 이외의

$\log_{\text{insulin}}$ , HOMA-IR,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ , QUICKI는 혈중 지질치와 관련이 없었다.

2) 비만도는 G/I ratio와  $-0.209(P<0.05)$ ,  $\log_{\text{insulin}}$ 과  $0.196(P<0.05)$ , HOMA-IR과  $0.238(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ 과  $0.198(P<0.05)$ , QUICKI와는  $-0.224(P<0.05)$ 로 연관성이 있는 것으로 나왔고, 체질량지수는 G/I ratio와  $-0.463(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{insulin}}$ 과  $0.417(P<0.05)$ , HOMA-IR과  $0.301(P<0.01)$ ,  $\log_{\text{HOMA-IR}}$ 과  $0.403(P<0.01)$ , QUICKI와는  $-0.451(P<0.01)$ 로 나와 비만도 보다 더 인슐린 감수성 지표들과 상관성이 높은 것으로 나타났다.

3) BIA로 측정된 체지방량과 비만도 및 체질량지수 각각에 대한 상관계수는  $0.612(P<0.01)$ ,  $0.316(P<0.05)$ 으로 나왔고, DEXA로 측정된 체지방량과는 각각  $0.667(P<0.01)$ ,  $0.512(P<0.05)$ 로 나와 체지방량과 비만도 및 체질량지수 사이에 연관성이 있는 것으로 밝혀졌다.

4) G/I ratio는 BIA로 측정된 체지방량 및 체지방률과 각각 상관계수  $-0.420(P<0.05)$ ,  $-0.366(P<0.05)$ 으로 상관성을 보이고 있었고, DEXA로 측정된 체지방량 및 체지방률과도  $-0.512(P<0.01)$ ,  $-0.449(P<0.01)$ 로 높은 상관성을 보였다. HOMA-IR은 DEXA로 측정된 체지방량과만 상관계수  $0.341(P<0.05)$ 로 연관성을 나타냈고, 그밖에 다른 인슐린 감수성 지표들은 체지방량 및 체지방률 모두와 상관성이 없었다.

**결 론 :** 인슐린 감수성 지표들과 비만도 및 체질량지수와 같은 신체 계측지수들 간의 상관성에서, 인슐린 감수성 지표 특히 G/I ratio가 비만도 및 체질량지수 모두와 높은 상관성을 보였고, 체지방량 및 체지방률과 인슐린 감수성 지표와의 관계에서는 G/I ratio만이 BIA와 DEXA로 측정된 체지방량과 체지방률 모두와 연관성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 단순 비만아의 진단 및 추적 관찰시 BMI 및 인슐린과 혈당치를 기초로 한 인슐린 감수성 지표 특히, G/I ratio의 활용이 임상에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## References

- 1) Polonsky KS, Given BD, Van Cauter E. Twenty four-hour profiles and pulsatile patterns of insulin secretion in normal and obese subjects. *J Clin Invest* 1988;81:442-8.
- 2) Caprio S, Hyman LD, Limb C, McCarthy S, Lange R, Sherwin RS, et al. Central adiposity and its metabolic correlates in obese adolescent girls. *Am J Physiol* 1995;269:118-26.
- 3) Groop L, Orho-Melander M. The dysmetabolic syndrome. *J Intern Med* 2001;250:105-20.
- 4) Modan M, Halkin H, Almog S, Lusky A, Eshkol A, Shefi M, et al. Hyperinsulinemia. A link between hypertension obesity and glucose intolerance. *J Clin Invest* 1985;75:809-17.
- 5) McFarlane SI, Banerji M, Sowers JR. Insulin resistance and cardiovascular disease. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:713-8.
- 6) Dunaif A, Thomas A. Current concepts in the polycystic

- ovary syndrome. *Annu Rev Med* 2001;52:401-19.
- 7) DeFronzo RA, Tobin JD, Andres R. Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *Am J Physiol* 1979;237:214-23.
  - 8) Bergman RN, Prager R, Volund A, Olefsky JM. Equivalence of the insulin sensitivity index in man derived by the minimal model method and the euglycemic glucose clamp. *J Clin Invest* 1987;79:790-800.
  - 9) Stunkard AJ, Sorensen TI, Hanis C, Teasdale TW, Chakraborty R, Schull WJ, et al. An adoption study of human obesity. *N Engl J Med* 1986;314:193-8.
  - 10) Bjorntorp P. The associations between obesity, adipose tissue distribution and disease. *Acta Med Scand Suppl* 1988; 723:121-34.
  - 11) Rimm IJ, Rimm AA. Association between juvenile onset obesity and severe adult obesity in 73,532 women. *Am J Public Health* 1976;66:479-81.
  - 12) Song YI, Kim SY. Insulin resistance and lipid profiles in obese children. *J Korean Pediatr Endocrinol* 2004;9:50-8.
  - 13) Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 1969;27:531-4.
  - 14) Bracco D, Thiebaud D, Chioloro RL, Laddry M, Burckhardt P, Schutz Y. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol* 1996;81:2580-7.
  - 15) 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.
  - 16) Park YS, Lee DH, Choi JM, Kang YJ, Kim CH. Trend of obesity in school age children in Seoul over the past 23 years. *Korean J Pediatr* 2004;47:247-57.
  - 17) Sinaiko AR, Donahue RP, Jacobs DR Jr, Prineas RJ. Relation of weight and rate of increase in weight during childhood and adolescence to body size, blood pressure, fasting insulin, and lipids in young adults. The Minneapolis Children's Blood Pressure Study. *Circulation* 1999;99:1471-6.
  - 18) Kim JH, Lim IS. Correlation of measurements for body fat in obese children. *Korean J Pediatr* 2004;47:485-90.
  - 19) Jung JA, Kim HM, Hong YM, Kim GH. Diagnostic sensitivity in predicting hyperlipidemia by bioelectrical impedance analysis in obese children. *J Korean Pediatr Soc* 1998; 41:1583-89.
  - 20) Widhalm K, Schonegger K, Huemer C, Auterith A. Does the BMI reflect body fat in obese children and adolescents? A study using the TOBEC method. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:279-85.
  - 21) Stewart SP, Bramley PN, Heighton R, Green JH, Horsman A, Losowsky MS, et al. Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *Br J Nutr* 1993;69: 645-55.
  - 22) Rodriguez G, Moreno LA, Sarria A, Fleta J, Bueno M. Assessment of nutritional status and body composition in children using physical anthropometry and bioelectrical impedance: influence of diurnal variations. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2000;30:305-9.
  - 23) Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996;64(suppl 4):423-7.
  - 24) Abu Khaled MA, McCutcheon MJ, Reddy S, Pearman PL, Hunter GR, Weinsier RL. Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr* 1988;47:789-92.
  - 25) Freedman DS, Burke GL, Harsha DW, Srinivasan SR, Cre-santa JL, Webber LS, et al. Relationship of changes in obesity to serum lipid and lipoprotein changes in childhood and adolescence. *JAMA* 1985;254:515-20.
  - 26) Quon MJ. Editorial: Limitations of the fasting glucose to insulin ratio as an index of insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:4615-7.