

생체전기 저항법에 의한 체지방율과 다른 계측치간의 상관성 연구

이화대학교 의과대학 소아과학교실

염혜원 · 김수정 · 황일태 · 홍영미

Correlation between Body Fat Percent Estimated by Bioelectrical Impedance Analysis and Other Variable Methods

Hye Won Yom, M.D., Su Jung Kim, M.D., Il Tae Whang, M.D. and Young Mi Hong, M.D.

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

Purpose : Obesity is a significant health problem with medical and psychological consequences for children and adolescents. The purpose of this study was to assess the correlation between body fat percent using bioelectrical impedance(BI) and other variable methods.

Methods : We measured height, weight, body mass index(BMI) and body fat percent by skinfold thickness(ST) and BI in 1,035(496 male; 539 female) children from seven to 18 years of age. The correlation coefficients between BI and each of the other different methods were obtained. The sensitivity and specificity to predict obesity by these several methods were studied.

Results : Fat percent estimated by BI analysis and BMI showed a strong correlation($r=0.749$). Fat percent estimated by BI analysis and ST showed a very strong correlation($r=0.835$). At the 95th percentile cut-off point for BI, ST showed a sensitivity of 57.7%, and a specificity of 97.6% for estimating body fat. At the 95th percentile cut-off point for BI, BMI showed a sensitivity of 84.9%, and a specificity of 99.3% for estimating body fat.

Conclusion : The fat percent estimated by BI analysis correlated strongly with ST or BMI. BI analysis is an objective and accurate method for estimating body fat in childhood obesity. (*J Korean Pediatr Soc* 2003;46:751-757)

Key Words : Bioelectrical impedance, Body mass index, Skinfold thickness, Body fat percent

서 론

소아 비만은 체중을 감소시키려는 노력에도 불구하고 계속적으로 증가하는 추세이며 Third National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES III)에 의하면 소아에서는 20-27%에서, 성인에서는 33%에서 비만이 발생한다고 보고하였다¹⁾. 소아 비만의 80%가 성인 비만이 되며²⁾ 비만 성인의 10-30%에서 소아기 비만의 기왕력을 가지고 있고 합병증으로 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 관상동맥질환, 지방간 등이 초래될 수 있어 비만의 정확한 진단과 함께 예방이 필요하다³⁻⁵⁾.

일반적으로 비만은 체질량이 많아서 비만처럼 보이는 경우와 비만으로 보이지 않지만 체지방이 과다하여 비만으로 판정되는 경우도 있으므로 객관적인 계측을 통하여 과체중의 정도와 체지

방을 산정하여 비만을 진단하는 것이 필요하다. 비만 측정에는 신장과 체중을 이용한 신체체격지수에 의한 방법과 체밀도(body density, BMD)를 이용하여 체지방율(fat%)을 측정하는 방법이 있다. 신체체격지수에는 비만도, Rohrer 지수, 체질량 지수(body mass index) 등이 있고, 체지방율을 측정하는 방법은 수중체중법(underwater weighing), 피지 두께 측정법(skinfold thickness, ST), 생체전기 저항법(bioelectrical impedance) 등이 있다. 소아에서 비만의 정의가 다양하고 종족간에, 연령별, 성별, 측정 방법에 따라 차이가 있음이 보고되고 있다. 최근에 체지방을 예측하는데 많은 계산법이 소아에서 사용되고 있고, 사용되는 계산법에 따라 비만의 분별점(cut-off point)이 달라짐이 보고되었으나 아직 소아에서는 측정 방법에 따른 비만의 판정 기준이 정립되어 있지 않다.

이에 저자들은 비만을 측정하는데 있어서 보다 객관적이고 정확한 생체전기 저항법과 다른 계측치간의 상관성을 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

접수 : 2002년 12월 11일, 승인 : 2003년 2월 7일
 책임저자 : 홍영미, 이화의대 동대문병원 소아과
 Tel : 02)760-5427 Fax : 02)745-9545
 E-mail : hongym@chollian.net

대상 및 방법

1. 대 상

7세에서 18세 사이의 초등학교, 중학교, 고등학교 학생 1,035명을 대상으로 하였다. 이 중에서 남자는 496명, 여자는 539명이었으며, 7-8세는 남 79명, 여 79명, 9-10세는 남 88명, 여 81명이고 11-12세는 남 83명, 여 73명, 13-14세는 남 77명, 여 77명이었으며 15-16세는 남 80명, 여 131명이고 17-18세는 남 89명, 여 98명이었다.

2. 방 법

BMI는 신장과 체중을 측정한 후 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나누는 방법으로 구하였고 상완 둘레(midarm circumference)는 견갑골(scapula)의 견봉(acromion)과 주두(olecranon)의 중간 지점에서 줄자를 이용하여 0.1 cm까지 두번 반복 측정하여 기록하였다. 피지 두께는 Holtain/Tanner-Whitehouse skinfold 캘리퍼로 왼손 엄지와 검지로 피검자의 팔을 이완시킨 상태에서 계측자의 엄지와 검지로 피검자의 피부와 피하지방층을 약간 힘주어 집어 올리고 그보다 약간 아래부위를 캘리퍼의 두 접점으로 물린 다음 오른손은 손잡이를 늦추어 캘리퍼의 스프링의 전압력이 피부 지방층을 누르게 하여 0.1 mm까지 눈금을 읽는 방법을 2회 반복하여 측정하였다. 견갑골하(subscapular) 부위와 삼두근(triceps) 부위에서 피지 두께를 측정하였다. 견갑골하 부위는 견갑골 아래각(scapular inferior angle)의 하외측 부위에서 캘리퍼의 방향은 척추에 대해 45 각도로 놓고 측정하였으며, 삼두근 부위는 이두근(biceps) 뒤쪽 중간에서, 캘리퍼의 방향은 수직 방향으로 놓고 측정하였다. 견갑골하부와 삼두근 부위의 피지 두께의 합에서 신체밀도(body density, BD)를 구하고 Brozek식⁶⁾에서 체지방율을 산출하였다.

$$BD=1.0875-0.0010A(\text{남}), BD=1.0716-0.0007A(\text{여})$$

A : 견갑골하부와 삼두근부위의 피지후의 합(mm)

$$\text{fat}=(4.57/BD-4.142)\times 100(\text{Brozek's equation})^{6)}$$

생체전기 저항은 InBody 2.0(Biospace, Seoul, Korea) 제품을 사용하였으며 피검자는 가벼운 운동복을 입고 임피던스 측정장치에 올라가서 손전극을 잡고 발전극을 밟은 후 직립 자세로 팔과 다리를 약간 벌린 자세를 취한 후 스타트 버튼을 누르면, 마이크로프로세서가 스위치를 작동시키면서 임피던스 측정장치는 오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리에서 4가지 주파수(5, 50, 250, 500 kHz)에서 인체 부위별 전기저항을 측정하였고, 측정 결과는 약 2분 후에 결과지에 출력되었으며 각 대상에서 근육량, 체지방량(lean body mass), 체지방율, 복부 지방율을 측정하였다.

3. 통계 처리

체질량지수, 상완 둘레, 복부 지방율, 피지 두께에 의한 체지

방율, 생체전기저항법에 의한 체지방율간의 상관 관계는 Pearson 상관계수로 구하였고, 같은 성별과 연령에서 생체전기저항법에 의한 체지방율 85 백분위수와 95 백분위수 이상인 군을 각각 양성군으로 하였을 때 ST와 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도(sensitivity) 및 특이도(specificity)를 구하였다.

1) 민감도

No. above the age-adjusted, sex specific 85(or 95) percentile of ST(or BMI) /

No. above the age-adjusted, sex specific 85(or 95) percentile of BI

2) 특이도

No. below the age-adjusted, sex specific 85(or 95) percentile of ST(or BMI) /

No. below the age-adjusted, sex specific 85(or 95) percentile of BI

결 과

1. 비만 계측치의 정상치

BMI는 7-8세는 16.9±2.3 kg/m², 11-12세는 19.6±3.5 kg/m², 13-14세에 22.0±4.8 kg/m²로 증가하였다가 15세 이후 연령이 증가함에 따라 BMI가 약간 감소하였다. 상완 둘레는 7-8세는 17.8±2.6 cm, 11-12세는 22.0±3.5 cm, 15-16세는 24.7±3.7 cm로 연령이 증가함에 따라 상완 둘레가 증가함을 보였다. 복부 지방율은 7-9세 사이는 0.9로 제일 높았고, 10세 이후에는 0.8을 나타냈다. 피지 두께를 이용한 체지방율은 7-8세는 16.1±3.5%, 11-12세는 19.0±5.9%, 13-14세는 21.6±7.8%로 13-14세에 제일 높았고, 그 이후는 감소하였다. 생체전기 저항법에 의한 체지방율은 7-8세는 20.5±6.5%, 11-12세는 25.2±7.0 %, 13-14세는 27.1±9.0%로 13-14세에 제일 높았고, 그 이후는 감소하였다(Table 1).

2. 비만 계측치간의 상관 관계

생체전기 저항법에 의한 체지방율과 각 방법들간의 상관계수를 보면 생체전기 저항법과 ST에 의한 체지방율의 상관계수는 0.835, 상완 둘레와의 상관 계수는 0.567, 체질량지수와의 상관 계수는 0.749, 복부 지방율과의 상관 계수는 0.478이었다(Table 2, Fig. 1-4).

3. 비만 측정 방법에 대한 85 백분위수와 95 백분위수에서 민감도와 특이도

① 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 ST가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 69.9%, 특이도는 94.5%이었다(Table 3).

② 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의

Table 1. Several Parameters Data According to Age

| Age(yr) | BMI(kg/m ²) | AC(cm) | WHR | Fat%(%) | |
|---------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | ST | BI |
| 7-8 | 16.9±2.3 | 17.8±2.6 | 0.9±0.01 | 16.1±3.5 | 20.5±6.5 |
| 9-10 | 18.0±2.9 | 19.8±3.1 | 0.9±0.02 | 16.9±4.8 | 23.4±7.7 |
| 11-12 | 19.6±3.5 | 22.0±3.5 | 0.8±0.10 | 19.0±5.9 | 25.2±7.0 |
| 13-14 | 22.0±4.8 | 24.8±4.1 | 0.8±0.12 | 21.6±7.8 | 27.1±9.0 |
| 15-16 | 21.4±3.6 | 24.7±3.7 | 0.8±0.04 | 20.4±6.8 | 26.4±7.8 |
| 17-18 | 21.7±3.0 | 25.8±4.0 | 0.8±0.05 | 19.8±5.9 | 25.5±7.7 |

Values are mean±SD

Abbreviations : BMI, body mass index; AC, arm circumference; WHR, waist hip ratio; ST, skinfold thickness; BI, bioelectrical impedance

Table 2. Correlation Coefficients among the Several Parameters

| | BMI (kg/m ²) | AC (cm) | ST(cm) | | Fat%(%) | |
|------------|-----------------------------|------------|--------|-------|---------|-------|
| | | | SC | T | ST | BI |
| WHR | 0.426 | 0.138 | 0.404 | 0.487 | 0.378 | 0.478 |
| AC | 0.844 | 1 | 0.708 | 0.617 | 0.615 | 0.567 |
| SC | 0.826 | 0.708 | 1 | 0.820 | 0.923 | 0.784 |
| T | 0.768 | 0.617 | 0.819 | 1 | 0.915 | 0.816 |
| Fat% by ST | 0.747 | 0.615 | 0.924 | 0.915 | 1 | 0.835 |
| Fat% by BI | 0.749 | 0.567 | 0.784 | 0.816 | 0.835 | 1 |

Abbreviations : BMI, body mass index; AC, arm circumference; WHR, waist hip ratio; SC, subscapular; T, triceps; ST, skinfold thickness; BI, bioelectrical impedance

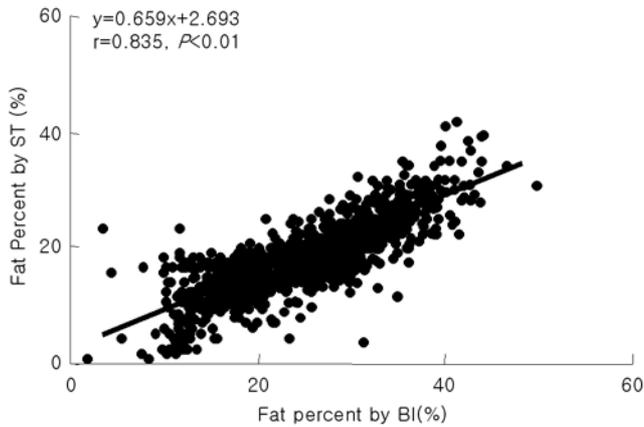


Fig. 1. Linear correlation between fat percent by bioelectrical impedance and fat percent by skinfold thickness.

피지 두께가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 57.7%, 특이도는 97.6%이었다(Table 4).

③ 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방을 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 81.8%, 특이도는 96.9%이었다(Table 5).

④ 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방을

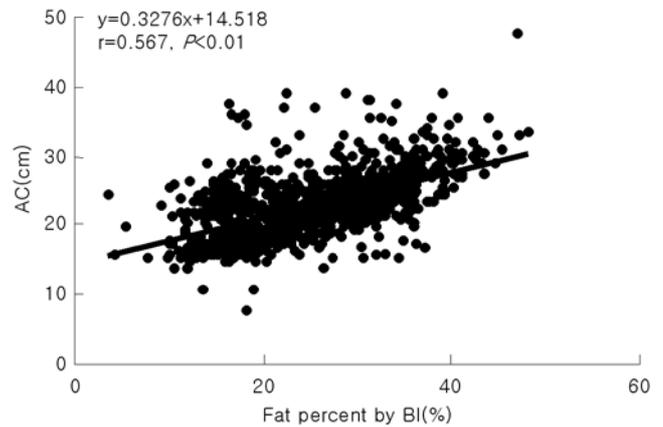


Fig. 2. Linear correlation between fat percent by bioelectrical impedance and arm circumference.

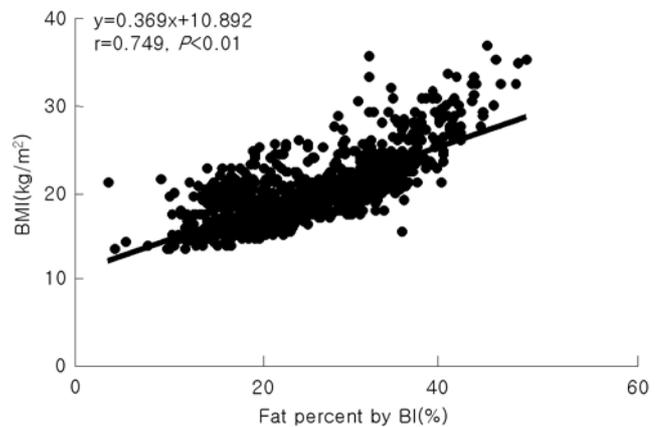


Fig. 3. Linear correlation between fat percent by bioelectrical impedance and body mass index.

95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 84.9%, 특이도는 99.3%이었다(Table 6).

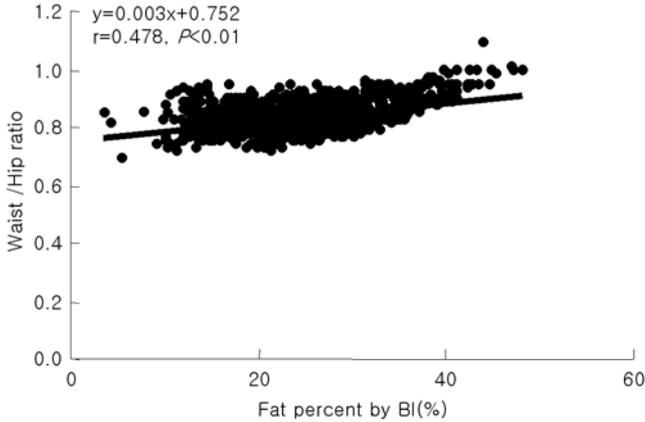


Fig. 4. Linear correlation between fat percent by bioelectrical impedance and waist/hip ratio.

Table 3. Sensitivity and Specificity of Skinfold Thickness for Estimating Body Fat at 85 Percentile Cut-Off Point by Bioelectrical Impedance

| BI >85 percentile | ST >85 percentile | | |
|-------------------|-------------------|----------|-------|
| | Positive | Negative | Total |
| Positive | 109 | 48 | 157 |
| Negative | 47 | 831 | 878 |
| Total | 156 | 879 | 1,035 |

Sensitivity : 69.9%, Specificity : 94.5%
Abbreviations : BI, bioelectrical impedance; ST, skinfold thickness

Table 4. Sensitivity and Specificity of Skinfold Thickness for Estimating Body Fat at 95 Percentile Cut-Off Point by Bioelectrical Impedance

| BI >95 percentile | ST >95 percentile | | |
|-------------------|-------------------|----------|-------|
| | Positive | Negative | Total |
| Positive | 30 | 24 | 54 |
| Negative | 22 | 959 | 981 |
| Total | 52 | 983 | 1,035 |

Sensitivity : 57.7%, Specificity : 97.6%
Abbreviations : BI, bioelectrical impedance; ST, skinfold thickness

고 찰

비만으로 인한 이환율과 사망률의 증가로 비만이 주요한 건강 문제로 대두되고 있다. 소아에서는 과체중과 비만에 대한 일률적인 정의나 평가가 없다.

BMI는 체지방을 간접적으로 측정하는 방법으로, 영아기 동안 빠르게 증가하고 특히 9개월 때 최고치를 이루며 6세 때까지는 감소하나 6세 이후부터 성인까지 증가한다. 6세 이상의 소아

Table 5. Sensitivity and Specificity of Body Mass Index for Estimating Body Fat at 85 Percentile Cut-Off Point by Bioelectrical Impedance

| BI >85 percentile | BMI >85 percentile | | |
|-------------------|--------------------|----------|-------|
| | Positive | Negative | Total |
| Positive | 130 | 29 | 159 |
| Negative | 27 | 849 | 876 |
| Total | 157 | 878 | 1,035 |

Sensitivity : 81.8%, Specificity : 96.9%
Abbreviations : BI, bioelectrical impedance; BMI, body mass index

Table 6. Sensitivity and Specificity of Body Mass Index for Estimating Body Fat at 95 Percentile Cut-Off Point by Bioelectrical Impedance

| BI >85 percentile | BMI >85 percentile | | |
|-------------------|--------------------|----------|-------|
| | Positive | Negative | Total |
| Positive | 45 | 8 | 53 |
| Negative | 7 | 975 | 982 |
| Total | 52 | 983 | 1,035 |

Sensitivity : 84.9%, Specificity : 99.3%
Abbreviations : BI, bioelectrical impedance; BMI, body mass index

와 청소년의 비만은 체질량지수가 같은 성별과 연령에서 95 백분위수 이상일 경우로 정의되며 85-95 백분위수 사이일 경우 비만의 고위험군으로 간주되나 6세 미만의 소아에서는 체질량지수에 의한 비만의 진단 기준이 설정되어 있지 않다. 체질량지수는 역학 연구에서 비만의 정도를 적절하게 분류하기 위해서 성별, 연령에 특이적인 분별점을 사용하고, 역학 연구 목적으로 소아에서 성인까지 지속적으로 사용할 수 있다. 그러나 전 소아 연령에서 비만을 평가하기에는 민감도가 떨어지고, 소아 환자에서 비만과의 상관성에 대한 신뢰도가 떨어지고, 체지방의 양적 측정을 허용하지 않고 비만 소아에서 치료를 감시하는 데는 BMI를 추천하지 않는다는 보고도 있다⁷⁾. 또한 8-12세 소아에서 BMI는 생체전기 저항법과 같이 사용할 때 비만의 예측을 증가시킨다고 보고하였다⁸⁾. 성인에서 BMI에 의하면 과체중은 25 kg/m², 비만을 30 kg/m²으로 분별점이 제시되었다⁹⁾. 백인보다 동양인이 체격이 작기 때문에 서양 국가에서 비만의 정의가 동양인에게 부적합하다고 보고되고 있다. 홍콩에서 과체중의 분별점은 BMI가 23 kg/m², 비만은 26 kg/m²로 보고하였다¹⁰⁾. BMI는 다른 체지방을 측정하는 방법과 상관계수가 0.39에서 0.90으로¹¹⁻¹³⁾ 차이가 많고, 상관계수는 연령, 성별에 따라 다양하며, 혈압, 혈중 지질, 지단백 농도와 잘 일치하고¹⁴⁻¹⁶⁾, 장기간의 사망률과 연관성이 있다¹⁷⁾. 같은 연령과 성별에서 체질량지수가 95 백분위수 이상인 소아와 청소년은 성인이 되어도 비만이 지속될 가능성이 높고¹⁸⁻²¹⁾ 비만과 연관된 합병증의 위험도가 증가하기 때문에^{22, 23)} 비만에 대한 평가 및 치료가 이루어져야 되고 85에서 95

백분위수 사이의 소아들도 이차적 합병증에 대한 주의를 기울여야 된다. 최근에 BMI의 변화가 클 경우 즉각적인 평가와 치료가 이루어져야 하는데 위험도를 나타내는 BMI의 변화의 정도에 대해 규명된 바는 없지만 1년에 BMI가 3-4 kg/m² 정도 증가하는 경우에는 체지방의 급격한 증가를 반영하는 것이다²⁴⁾. 백인에서 BMI는 이환율과 사망률을 예측하는데 이용되었다. 그러나 BMI는 예측인자로서 모든 인구에 똑같이 적용되지 않는다는 보고가 증가하고 있다^{25, 9)}. 종족에 따라 BMI와 체지방 사이의 관련성이 다르다.

홍 등²⁶⁾이 발표한 바와 같이 소아에서 BMI, ST, 상완 둘레가 연령, 성별에 따라 차이가 있었다. 측정 방법에 따라, 인종에 따라 비만의 정의가 다르고 국가 차원의 일치된 의견이 없기 때문에 좀 더 객관적으로 비만의 합병증을 예측할 수 있는 측정법에 대한 연구가 필요하다.

체지방을 양적으로 측정함으로써 고혈압이나, 고지혈증, 지방간과 같은 위험 요소를 평가하는데 중요한 정보를 제공할 수 있다⁷⁾. 체지방을 측정할 수 있는 지수로서 BMI의 유용성은 조사되었지만²⁷⁾ 정확성은 의심스럽다²⁸⁾. 소아에서 체성분을 분석하는 여러 다른 방법이 있다. 체지방은 체중과 체지방 사이의 차이로부터 결정될 수 있으며 체지방을 측정하는 다양한 방법이 사용되고 있다. 인체계측법(anthropometry), hydrodensitometry, ⁴⁰K 분광법(⁴⁰K spectrometry), 전신 전기전도율(total body electric conductivity), 자기공명영상⁸⁾, 이중 에너지 X선 흡수 계측(dual energy X-ray absorptiometry), 생체전기 저항 분석 등이 있다²⁹⁾. 현재 total body electric conductivity(TOBEC)은 영아기로부터 소아기, 사춘기까지 체성분을 측정하는 가장 신뢰가 높은 방법이나, 비교적 비싸고 움직이기가 힘들어 현장 연구(field study)하기에 부적절하다⁷⁾.

소아에서 ST와 생체전기 저항법은 많은 인구에서 체지방을 평가하는데 추천되고 있다^{30, 31)}. 최근에 체지방을 예측하는데 많은 계산법이 소아에서 사용되고 있으나 사용되는 계산법에 따라 비만의 분별점이 달라짐이 보고되었다.

ST는 체지방의 좋은 측정을 제시하지만 관찰자의 기술을 필요로 한다. 피지 두께의 측정은 체지방을 직접 측정하는 방법으로 체지방이 과다한 경우와 체질량의 과다로 비만으로 보이는 경우를 쉽게 감별할 수 있다. 캘리퍼를 이용하여 삼두근, 이두근, 겨드랑이, 복부 중앙(midabdominal), 견갑골하, 장골위 부위에서 측정할 수 있으며 삼두근 부위의 측정이 가장 많이 이용된다. 같은 연령, 성별에서 ST가 85 백분위수 이상이면 과체중, 95 백분위수 이상이면 비만으로 정의된다³²⁾. 삼두근 ST 측정은 전체 체지방과 연관성이 높고 견갑골하 ST는 중심성 지방(truncal fat)을 반영한다³³⁾. 삼두근 ST는 죽상경화증 지수(atherosclerosis index), 수축기성 혈압과 양의 상관 관계가 있고 고밀도단백(high-density lipoprotein)과는 음의 상관 관계가 있다³⁴⁾.

생체전기 저항법은 사용이 간편하고 반복하여 사용할 수 있으며 검사자에 따라 오차가 거의 없으며³⁵⁾ 최근에 생체전기저항이

소아와 사춘기에서 체성분을 평가하는데 유용함이 보고되었다⁸⁾. 그러나 아직 소아에서 비만을 정의하는데 필요한 분별점이 없다⁸⁾. 생체전기 저항법은 다른 비만 측정법과도 비교적 높은 상관성을 보이고 체지방을 비교적 정확하게 측정할 수 있는 방법으로, Hammond 등³⁶⁾은 생체전기 저항법과 피지 두께법과의 상관 계수는 남아에서는 0.83, 여아에서는 0.81로 보고하였다. Iwata 등³⁷⁾도 피지 두께 측정법으로 계산한 체지방율과 생체전기 저항법으로 측정된 체지방율이 높은 상관 관계가 있다고 하였다. 생체전기 저항법으로 측정된 체지방율은 수중체중법과는 0.98, dual-energy X-ray absorption(DEXA) 방법과의 상관 계수도 0.98로 높은 상관성을 나타내었다. 본 연구에 의하면 생체전기 저항법과 각 방법들간의 상관 계수를 보면 생체전기 저항법과 피부두께 두께에 의한 체지방율의 상관 계수는 0.835, 생체전기 저항법과 BMI와의 상관 계수는 0.749로 비교적 높은 상관성을 나타내었다. BMI의 특이도는 높지만 비만에 대해서는 민감도가 떨어진다고 하였다⁷⁾. Widhalm 등⁷⁾은 비만한 어린 소아에서 BMI와 체지방 사이의 상관성은 전체로는 0.65(여아는 0.68, 남아는 0.63)임을 보고하였으나, Pietrobelli 등³⁸⁾에 의하면 정상 소아와 사춘기에서의 연구와 거의 동일함을 보고하였다.

비만 측정 방법에서 DEXA에 의한 총지방량에 대한 체질량 지수의 민감도는 67%라고 보고하였는데⁷⁾ 본 연구에서는 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 ST가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 69.9%, 특이도는 94.5%이었고, 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의 ST가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 57.7%, 특이도는 97.6%이었다. 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 81.8%, 특이도는 96.9%이었고, 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 84.9%, 특이도는 99.3%로 민감도와 특이도가 높았다.

생체전기 저항법에 의한 체지방 측정은 ST와 BMI와 상관성이 높았으며, 생체전기 저항법에 의한 체지방 측정은 객관적이고 정확하고 특별한 기술을 필요로 하지 않는 장점이 있어 비만 진단에 유용하리라 생각한다.

동양인에서 체간/다리 비율이 더 크기 때문에 BMI와 체지방을 사이에 차이를 초래한다³⁹⁾. 초경 이전의 소녀에서 체질량지수는 체지방의 좋은 지수이고, 다른 계측 방법과 상관성이 있음이 보고된 반면에 초경후 사춘기에서 체질량지수는 영양 상태를 진단하는데 만족스러운 결과를 나타내지 못했다. 체지방율의 분별점이 10-11세는 30%, 초경 후 사춘기는 28%임을 보고하고 있다³⁶⁾. 본 저자들의 이전 연구⁴⁰⁾에 의하면 소아에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수가 32-38%임을 보고하였고 연령과 성별에 따라 차이가 있음을 발표하였다.

아직 소아에서 측정 방법에 따른 비만의 판정 기준이 정립되어 있지 않다. 생체전기 저항법이 체지방을 비교적 정확하고 객관적으로 측정할 수 있다고 알려져 있으나 국가적으로 적절한 분별점에 대한 의견 일치가 아직 없는 실정이다. 따라서 소아기와 사춘기에 생체전기 저항법에 대한 분별점을 확립하기 위해서는 국가적인 차원의 광범위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

요 약

목 적 : 소아에서의 비만은 성인 비만으로 이행되기 쉽고 합병증으로 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 관상동맥질환, 지방간 등이 초래될 수 있어 비만의 정확한 진단과 함께 예방이 필요하다. 이에 저자들은 비만을 측정하는데 있어서 보다 객관적이고 정확한 생체전기 저항법과 다른 계측치간의 상관성을 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

방 법 : 7세에서 18세 사이의 초등학교, 중학교, 고등학교 학생 1,035명을 대상으로 하였다. 신장과 체중을 측정한 후 BMI를 구하였고 상완 둘레는 견갑골의 견봉과 주두의 중간 지점에서 줄자를 이용하여 측정하였다. ST 두께는 Holtain/Tanner-Whitehouse skinfold 캘리퍼로 견갑골하 부위와 삼두근 부위에서 피부주름 두께를 측정하였고 생체전기 저항은 InBody 2.0 (Biospace, Seoul, Korea) 제품을 사용하여 각 대상에서 근육량, 체지방량(lean body mass), 체지방율, 복부 지방량을 측정하였다. 생체전기 저항법과 체지방량지수, 피지 두께법 사이의 상관 관계를 구하였고, 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수와 95 백분위수 이상인 군을 각각 양성군으로 하였을 때 ST와 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도 및 특이도를 구하였다.

결 과 :

1) 생체전기 저항법과 피지 두께에 의한 체지방율의 상관계수는 0.835, 생체전기 저항법과 BMI와의 상관계수는 0.749로 비교적 높은 상관관계를 보였다.

2) 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 ST가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 69.9%, 특이도는 94.5%이었다.

3) 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의 피지 두께가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 57.7%, 특이도는 97.6%이었다.

4) 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 85 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 85 백분위수 이상의 BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 81.8%, 특이도는 96.9%이었다.

5) 같은 성별과 연령에서 생체전기 저항법에 의한 체지방율 95 백분위수 이상을 양성군으로 하였을 때 95 백분위수 이상의

BMI가 체지방을 예측할 수 있는 민감도는 84.9%, 특이도는 99.3%이었다.

결 론 : 생체전기 저항법에 의한 체지방 측정은 ST와 BMI와 상관성이 높았으며, 생체전기 저항법에 의한 체지방 측정은 객관적이고 정확하고 특별한 기술을 필요로 하지 않는 장점이 있어 비만 진단에 유용하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Kuczmarski RJ, Flegal KM, Campbell SM, Johnson CL. Increasing prevalence of overweight among US adults. The National Health and Nutrition Examination Surveys, 1960 to 1991. JAMA 1994;272:205-11.
- 2) Schonfeld-Warden N, Warden CH. Pediatric obesity. An overview of etiology and treatment. Pediatr Clin North Am 1997;44:339-61.
- 3) Epstein LH, Wing RR, Valoski A. Childhood obesity. Pediatr Clin North Am 1985;32:363-79.
- 4) 이동환, 이종국, 이 철, 황용승, 차성호, 최 용. 고도 비만아의 합병증에 대한 연구. 소아과 1991;34:445-53.
- 5) 김현미, 홍영미, 김경희, 유정현. 지방간이 합병된 비만아에서의 혈중 지질 농도에 관한 연구. 소아과 1996;39:803-10.
- 6) Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann NY Acad Sci 1963;110:113-40.
- 7) 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.
- 8) Chan YL, Leung SS, Lam WW, Peng XH, Metreweli C. Body fat estimation in children by magnetic resonance imaging, bioelectrical impedance, skinfold and body mass index: a pilot study. J Paediatr Child Health 1998;34:22-8.
- 9) Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. Int J Obes Relat Metab Disord 1998;22:1164-71.
- 10) Ko GT, Tang J, Chan JC, Sung R, Wu MM, Wai HP, et al. Lower BMI cut-off value to define obesity in Hong Kong Chinese: an analysis based on body fat assessment by bioelectrical impedance. Br J Nutr 2001;85:239-42.
- 11) Dietz WH, Robinson TN. Use of the body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. J Pediatr 1998;132:191-3.
- 12) Killeen J, Vanderburg D, Harlan WR. Application of weight-height ratios and body indices to juvenile populations: the National Health Examination Survey Data. J Chronic Dis 1978;31:529-37.
- 13) Duerenberg P, Weststrate JA, Seidell JC. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. Br J Nutr 1991;65:105-14.
- 14) Gidding SS, Bao W, Srinivasan SR, Berenson GS. Effects of secular trends in obesity on coronary risk factors in children: the Bogalusa Heart Study. J Pediatr 1995;127:868-74.
- 15) Morrison JA, Laskarzewski PM, Rauh JL, Brookman R,

- Mellies M, Frazer M, et al. Lipids, lipoproteins, and sexual maturation during adolescence: the Princeton maturation study. *Metabolism* 1979;28:641-9.
- 16) Higgins MW, Keller JB, Metzner HL, Moore FE, Ostrander LD Jr. Studies of blood pressure in Tecumseh, Michigan. II. Antecedents in childhood of high blood pressure in young adults. *Hypertension* 1980;2:117-23.
 - 17) 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.
 - 18) Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Gardner JD, Siervogel RM. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35y. *Am J Clin Nutr* 1994;59:810-9.
 - 19) Mossberg HO. 40-year follow-up of overweight children. *Lancet* 1989;2:491-3.
 - 20) Stark O, Atkins E, Wolff OH, Douglas JW. Longitudinal study of obesity in the National Survey of Health and Development. *Br Med J* 1981;283:13-7.
 - 21) Braddon FE, Rodgers B, Wadsworth ME, Davies JM. Onset of obesity in a 36 year birth cohort study. *Br Med J* 1986;293:299-303.
 - 22) Waaler HT. Height, weight and mortality. The Norwegian experience. *Acta Med Scand Suppl* 1984;679:1-56.
 - 23) Caprio S, Hyman LD, McCarthy S, Lange R, Bronson M, Tambolane WV. Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: importance of the intra-abdominal fat depot. *Am J Clin Nutr* 1996;64:12-7.
 - 24) Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index(wt/ht^2) and triceps skinfold thickness. *Am J Clin Nutr* 1991;53:839-46.
 - 25) Deurenberg-Yap M, Schmidt G, van Staveren WA, Deurenberg P. The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:1011-7.
 - 26) 홍영미, 문경래, 서정완, 심재건, 유기환, 정병주 등. 한국소아에서 체질량지수, 피부 두께와 상완둘레에 대한 조사연구. *소아과* 1999;42:1186-206.
 - 27) Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000;320:1240-3.
 - 28) Robinson TN. Defining obesity in children and adolescents: clinical approaches. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993;33:313-20.
 - 29) Mast M, Sonnichsen A, Langnase K, Labitzke K, Bruse U, Preus U, et al. Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *Br J Nutr* 2002;87:163-75.
 - 30) Goran MI, Driscoll P, Johnsen R, Nagy TR, Hunter G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr* 1996;63:299-305.
 - 31) Wabitsch M, Braun U, Heinze E, Muche R, Mayer H, Teller W, et al. Body composition in 5-18-y-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996;64:1-6.
 - 32) Himes JH, Dietz WH. Guidelines for overweight in adolescent preventive services: recommendations from an expert committee. The Expert Committee on Clinical Guidelines for Overweight in Adolescent Preventive Services. *Am J Clin Nutr* 1994;59:307-16.
 - 33) Zemel BS, Riley EM, Stalling VA. Evaluation of methodology for nutritional assessment in children: anthropometry, body composition, and energy expenditure. *Annu Rev Nutr* 1997;17:211-35.
 - 34) Kanda A, Watanabe Y, Kawaguchi T. Estimation of obesity in school children by measuring skinfold thickness. *Public Health* 1997;111:29-32.
 - 35) Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Hall MC. Validity of bioelectrical impedance for body composition assessment in children. *J Appl Physiol* 1989;66:814-21.
 - 36) Hammond J, Rona RJ, Chinn S. Estimation in community surveys of total body fat of children using bioelectrical impedance or skinfold thickness measurements. *Eur J Clin Nutr* 1994;48:164-71.
 - 37) Iwata K, Satou Y, Iwata F, Hara M, Fuchigami S, Kin H, et al. Assessment of body composition measured by bioelectrical impedance in children. *Acta Paediatr Jpn* 1993;35:369-72.
 - 38) Pietrobelli A, Faith MS, Allison DB, Gallagher D, Chiu-mello G, Heymsfield SB. Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *J Pediatr* 1998;132:204-10.
 - 39) Sampei MA, Novo NF, Juliano Y, Sigulem DM. Comparison of the body mass index to other methods of body fat evaluation in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:400-8.
 - 40) 황일태, 유경하, 김경효, 홍영미, 김경희, 이근. 정상 소아에서 생체전기저항에 의한 체지방률 연구. *소아과* 1999;42:1207-14.