

초등학교 아동의 비만 진단에 있어서 생체 전기저항 분석법의 의의

조선대학교 의과대학 소아과학교실, ¹예방의학교실

최기철 · 안영준 · 양은석 · 박상기 · 박 종¹ · 문경래

The Clinical Significance of Bioelectrical Impedance Analysis for The Diagnosis of Obesity on Elementary Students

Ki Cheol Choi, M.D., Young Jun Ahn, M.D., Eun Seok Yang, M.D.
Sang Kee Park, M.D., Jong Park, M.D.¹ and Kyung Rye Moon, M.D.

Department of Pediatrics and ¹Preventive Medicine, Chosun University,
College of Medicine, Kwangju, Korea

Purpose: The purpose of our study is to provide useful information for measurement methods of childhood obesity and to provide clinical significance of bioelectrical impedance analysis.

Methods: We measured height, weight, waist to hip ratio, skinfold thickness and bioelectrical impedance from 206 elementary students in Kwangju from May to July 1997.

Results: In males; 1) There were statistically high correlations between tri-ceps skinfold thickness and body mass index (BMI), percentage of body fat (%BF), weight, Rohler index (RI), total fat weight (TFW), waist to hip (W/H) ratio, height, lean body mass (LBM) (all, $p < 0.001$). 2) There were statistically high correlations between subscapular skinfold thickness and BMI, RI, weight, %BF, TBW (all, $p < 0.001$). 3) There were statistically high correlations between %BF and BMI, triceps skinfold thickness, RI, TFW, subscapular skinfold thickness, weight (all, $p < 0.001$).

In females; 4) There were statistically high correlations between triceps skinfold thickness and BMI, weight, LBM, height, %BF (all, $p < 0.001$). 5) There were statistically significant correlations between subscapular skinfold thickness and BMI, weight, LBM, RI, height. 6) There were statistically high correlations between percentage of body fat and BMI, RI, triceps skinfold thickness.

The percentage of body fat according to the bioelectrical impedance analysis highly correlated with that calculated by skinfold thickness in males ($r=0.57$, $p < 0.01$) and in females ($r=0.30$, $p < 0.01$).

Conclusion: The results of our study suggests that bioelectrical impedance analysis is a useful method of estimating body fat in the childhood obesity. (*J Korean Pediatr Gastroenterol Nutr* 1998; 1: 107~114)

Key Words: Childhood obesity, Bioelectrical impedance analysis

접수 : 1998년 7월 15일, 승인 : 1998년 9월 8일

책임저자 : 최기철, 501-759, 광주시 동구 서석 2동 375, 조선대학교 의과대학 소아과, Tel: 062) 220-3046, Fax: 062) 227-2904

*이 논문의 요지는 1997년도 제 47 차 대한소아과학회 추계학술대회에서 포스터 발표되었음.

서 론

소아비만은 성인 비만으로 이환 될 확률이 높고¹⁾ 성인 비만에 비해 지방세포 수가 증가하는 형태를 보이므로 치료가 어렵다. 또한 중등도 이상의 비만아들은 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화, 지방간 등의 합병증을 동반할 수 있다. 따라서 비만아의 조기 발견, 정확한 평가와 추적관찰이 매우 중요하다^{1~4)}.

체지방량을 측정하는 방법으로는 체밀도법과 같은 직접 지방량을 측정하는 방법과 신체 계측 등에 의해 간접적으로 비만정도를 측정하는 방법이 있다. 직접 측정법은 특수한 시설이 필요하고 시간이 오래 걸리고, 복잡한 과정을 거쳐야 하기 때문에 주로 연구목적에만 사용된다. 실제로 임상에서는 체격지수나 피하지방두께 같은 간접측정법을 시간이 적게 걸리고 편리하여 널리 사용하고 있다^{5,6)}. 그러나 간접 측정법은 정확도가 떨어지므로 비 침습적인, 경제적이고, 휴대가 간편하면서도 정확도와 정밀도가 높은 측정법의 개발이 필요하다⁷⁾.

생체 전기저항 분석법(bioelectrical impedance analysis, BIA)은 성인에서는 간편하게 체지방을 측정할 수 있는 믿을 만한 방법으로 널리 이용되고 있으나⁸⁾ 소아에서는 충분한 연구가 이루어져 있지 않다⁹⁾.

따라서 저자들은 초등학교 아동을 대상으로 하여 비만 평가에 이용되는 각 측정방법들의 상관성을 알아보고, BIA로 측정한 체지방률과 피지두께치로 계산한 체지방률을 비교하여 비만의 판정이나 추적관찰에 있어서 생체전기저항법의 유용성을 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

광주시내 5개 초등학교에 재학 중인 1학년부터 6학년까지 206명(남학생 132명, 여학생 74명)을 연

구대상으로 하였다. 1학년이 24명, 2학년 27명, 3학년 28명, 4학년 20명, 5학년 36명, 6학년 71명이었으며 연구 조사기간은 1997년 5월 1일부터 7월 15일까지 진행되었다.

2. 방 법

1) 신체 계측: 신장, 체중, 허리둘레, 둔부둘레를 측정하였다. 체중은 0.1 kg까지, 신장은 0.1 cm까지 측정하였다. 신장과 체중으로부터 체질량 지수(body mass index, BMI) 및 윌러지수(Rohler, RI)를 다음과 같이 구하였다⁹⁾.

$$\text{체질량지수(BMI)} = \frac{\text{체중(kg)}}{\text{신장(m}^2\text{)}}$$

$$\text{윌러지수(RI)} = \frac{\text{체중(kg)}}{\text{신장(cm}^3\text{)}} \times 10^7$$

허리둘레(cm)는 마지막 늑골 최하단 부위와 제대 1 cm 상방의 가장 짧은 둘레를 측정하였고, 둔부둘레(cm)는 둔부에서 가장 돌출된 부위를 기준으로 둘레를 측정하였다. 허리와 둔부의 길이를 측정한후 허리/둔부 비를 산출하였다⁹⁾.

2) 피지두께 측정법: 피지두께는 상완 배측부와 견갑골하부 등 2곳에서 캘리퍼(β -Technology Incorporated Cambridge, USA)로 측정하였다. 측정방법은 왼손 엄지와 검지를 사용하여 6~8 cm 간격을 두고 피부와 피하조직을 잡은 후 부드럽게 흔들어서 근조직에서 떨어지게 한 후 캘리퍼를 사용하여 0.1 mm까지 계측하였다. 3회 측정한 후 평균값을 구하였다^{5,9)}.

3) 생체 전기저항 분석법

출력전류 800 μ A, 50 kHz인 4전극법에 의한 임피던스계(길우제품, GIF-891)를 사용하여 체지방체중(lean body mass, LBM), 체지방량(total fat mass, TFM) 체지방률(percent body fat by the bioelectrical impedance, %BFi)을 측정하였다. 측정시 상지를 몸통에 밀착시키거나, 하지를 서로 밀착시킬 경우 저항이 낮게 측정될 수 있기 때문에 양팔을 몸통에 밀착되지 않게 벌리도록 하였고, 하지는 서로

밀착시키지 않은 상태에서 측정하였다¹⁰⁾.

4) 피지두께에 의한 체 지방률: 상완 배측부와 견갑골 하부의 피지두께를 이용하여 Nagamine 공식으로 체밀도(D)를 계산하였다¹¹⁾.

남아 : 체밀도 (D) = 1.0913-0.00116 X

여아 : 체밀도 (D) = 1.0897-0.00133 X

X=(상완 배측부+견갑골 하부) 피지두께(mm)

피지두께로 계산한 체밀도를 이용하여 Brozek 공식으로 체지방률(percent body fat by the skinfold thickness, % FAs)을 계산하였다¹²⁾.

체지방률(%FAs) = (4.201/D-3.813)×100

피지두께로 계산한 체지방률과 생체전기저항법으로 측정한 체지방률의 상관관계를 조사하였다.

5) 통계 분석: 본 연구의 자료처리 및 분석은 t-test를 이용하였으며 각 측정항목간의 상관관계는 Pearson correlation 방법으로 조사하였다. P < 0.05인 경우를 통계학적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

1. 신체 계측치

대상 아동은 총 206명(남아 132명, 여아 74명)이었으며 체질량 지수, 윌러 지수, 체중, 신장, 허리/둔부의 둘레 비, 피지두께, 체지방체중, 생체전기저항 분석법으로 측정한 체지방률은 성별에 따른 유의한 차이가 없었다. 피지두께로 계산한 체지방률은 남아보다 여아에서 유의하게 높았다(p < 0.001)(Table 1).

2. 남아에서 비만 측정방법들의 비교

상완 배측부 피지두께는 체질량 지수(r=0.74)와 가장 높은 상관관계가 있었으며, 다음으로 체지방률(% BFi)(r=0.59), 체중(r=0.58), 윌러 지수(r=0.51), 체지방량(r=0.47) 순서로 비교적 높은 상관 관계가

Table 1. Summary of Available Measures

Variable	Male(n=132)	Female(n=74)	p-value
BMI*	23.2±2.5	22.8±2.6	.28
RI†	165.3±17.6	164.7±17.2	.80
Wt(kg)	46.5±9.9	45.0±11.9	.32
Ht(cm)	140.8±10.5	139.0±13.4	.29
W/H‡	0.89±0.58	0.87±0.54	.11
Ss(mm)§	19.1±6.2	18.7±6.7	.63
Tri(mm)¶	25.7±5.0	25.3±5.5	.21
LBM(kg)¶¶	35.2±7.1	34.3±9.0	.45
TFW(kg)**	12.0±7.7	11.8±11.1	.91
%FAi††	23.6±8.3	23.2±7.1	.72
%FAs*‡‡	23.0±4.7	26.2±5.7	.01

*Body mass index, † Rohrer index, ‡ Waist/Hip ratio
§ Subscapular skinfold thickness, ¶ Triceps skinfold thickness, ¶¶ Lean body mass, **Total fat weight, †† Percentage of body fat by the bioelectrical impedance, ‡‡ Percentage of body fat by the skinfold thickness

있었다. 허리/둔부의 둘레 비(r=0.38), 신장(r=0.32), 체지방체중(r=0.30)과는 낮은 상관관계를 나타냈다(p < 0.001).

견갑골하부 피지두께는 체질량 지수(r=0.64)와 가장 높은 상관관계가 있었고, 윌러 지수(r=0.50) 체중(r=0.46), 체지방률(%BFI)(r=0.46), 체지방량(r=0.35) 순서로 비교적 높은 상관관계가 있었다(p < 0.001). 허리/둔부의 둘레 비(r=0.27), 체 지방 체중(r=0.24), 신장(r=0.20)등과는 낮은 상관관계가 있었다(p < 0.01). 피지두께 측정법 중에서 상완 배측부가 견갑골하부에 비해 더 의의가 있었다.

생체전기저항 법으로 측정한 체지방률은 체질량 지수(r=0.62)와 가장 높은 상관관계가 있었으며 그 다음은 상완 배측부 피지두께(r=0.59), 윌러 지수(r=0.55), 체지방량(r=0.55), 견갑골하부 피지두께(r=0.46), 체중(r=0.38) 순서로 비교적 높은 상관관계가 있었다(p < 0.001). 체지방체중, 신장과는 유의한 상관관계가 없었다(Table 2).

3. 여아에서 비만 측정방법간의 상관관계

상완 배측부 피지두께는 체질량 지수와 가

Table 2. Correlation Matrix of the Independent Variables in Male

	BMI	RI	Wt.	Ht.	W/H	Ss	Tri	LBM	TFW	%FAi
BMI	1.00									
RI	0.75*	1.00								
Wt.	0.76*	0.14	1.00							
Ht.	0.36*	-0.34*	0.88*	1.00						
W/H	0.44*	0.54*	0.13	-0.14	1.00					
Ss	0.64*	0.50*	0.46*	0.20 [†]	0.27 [†]	1.00				
Tri	0.74*	0.51*	0.58*	0.32*	0.38*	0.68*	1.00			
LBM	0.47*	-0.15	0.86*	0.88*	-0.14	0.24 [†]	0.30*	1.00		
TFW	0.50*	0.31*	0.44*	0.28 [†]	0.31*	0.35*	0.47*	0.16	1.00	
%FAi	0.62*	0.55*	0.38*	0.12	0.50*	0.46*	0.59*	-0.13	0.55*	1.00

Statistically significant (*p<0.001, [†] p<0.01, * p<0.05)

Table 3. Correlation Matrix of the Independent Variables in Female

	BMI	RI	Wt.	Ht.	W/H	Ss	Tri	LBM	TFW	%FAi
BMI	1.00									
RI	0.63*	1.00								
Wt.	0.80*	0.03	1.00							
Ht.	0.51*	-0.35 [†]	0.92*	1.00						
W/H	0.22	0.06	0.25 [†]	0.20	1.00					
Ss	0.65*	0.37 [†]	0.53*	0.36 [†]	0.17	1.00				
Tri	0.70*	0.35 [†]	0.63*	0.47*	0.28 [†]	0.60*	1.00			
LBM	0.63*	-0.16	0.94*	0.93*	0.25 [†]	0.48*	0.52*	1.00		
TFW	0.36 [†]	0.21	0.29 [†]	0.20	0.05	0.16	0.24 [†]	0.18	1.00	
%FAi	0.51*	0.48*	0.25 [†]	0.09	0.01	0.19	0.38*	-0.08	0.33 [†]	1.00

Statistically significant (*p<0.001, [†] p<0.01, * p<0.05)

장 높은 상관관계를 보였고($r=0.70$), 다음으로 체중($r=0.63$) 체지방 체중($r=0.52$), 신장($r=0.47$), 체지방률(%BFi)($r=0.38$) 순서로 높은 상관관을 보였다($p<0.001$). 그러나 윗리 지수($r=0.35$), 허리/둔부의 둘레 비($r=0.28$), 체지방량($r=0.24$)과는 상대적으로 낮은 상관 관계를 보였다($p<0.05$). 견갑골하부 피하지방두께는 체지방률 지수($r=0.65$), 체중($r=0.53$) 체지방체중($r=0.48$)과 비교적 높은 상관관계를 보였으며($p<0.001$), 윗리 지수($r=0.37$), 신장($r=0.36$)과 통계학적으로 낮은 상관관계를 보였다($p<0.01$). 그러나 체지방률(%BFi), 허리/둔부 둘레비, 체지방량과는 유의한 상관관계가 없었다.

생체 전기저항법으로 측정된 체지방률과 체지방량 지수($r=0.51$), 윗리 지수($r=0.48$), 상완 배측부 피하지방두께($r=0.38$) 순서로 높은 상관관계를 보였다($p<0.001$). 체지방량($r=0.33$), 체중($r=0.25$)과는 상대적으로 낮은 상관 관계를 보였다. 그러나 견갑골 하부 피하지방두께, 신장, 체지방체중, 허리대 둔부 둘레 비와는 통계학적으로 유의한 상관관계가 없었다(Table 3).

4. 생체 전기저항분석법과 피하지방 두께에 의한 체지방률의 비교

피하지방두께로 계산한 체지방률과 생체 전기

Table 4. Correlation Matrix between Percent Body Fat by Bioelectrical Impedance Method and That by Skinfold Thickness

	Male			Female		
	BMI	% FAi	% FAs	BMI	% FAi	% FAs
BMI	1.00			1.00		
% FAi	0.62	1.00		0.51	1.00	
% FAs	0.75	0.57	1.00	0.75	0.30	1.00

For each value given, $P < 0.01$

저항 분석법으로 측정된 체지방률은 통계학적으로 유의한 상관 관계를 보였으며($p < 0.01$), 특히 남아에서 더 높은 상관관계를 보였다($r=0.57$)(Table 4).

고 찰

비만은 혼한 대사성 및 영양장애의 하나로 체내에 지방이 과잉 축적된 상태를 말한다^{13,14}. 비만은 열량의 공급과 소비에 있어서 오랜 기간의 불균형이 생겨 이들 잉여 열량이 지방으로 저장되어 유발된다^{15,16}. 소아비만은 성인 비만으로 이행하기 쉬우며, 중등도 이상의 비만아는 체력, 특히 전신 지구력의 저하 뿐 아니라, 고지혈증, 고혈압, 심장혈관계 질환 등 합병증을 동반할 수 있으며 성인까지 지속하는 경향이 많다. 이러한 합병증을 예방하기 위해서 비만의 조기 발견 및 예방이 중요하며 비만 정도의 정확한 평가가 필요하다²⁹.

비만의 정도를 평가하기 위해서는 신체 성분을 분석하여 체내 지방의 축적된 정도를 정확하게 측정하는 것이 중요하다. 이상적인 비만의 진단 검사가 갖추어야 하는 조건으로는 정밀도와 정확도가 높아야 하고, 쉽게 측정할 수 있어야 하며, 재현성이 높아야 하며, 피검자에게 주는 불편함이 크지 않아야 한다¹⁷.

체지방을 직접 측정하는 방법으로 체내 총 수분량 측정법, 체내 총 칼륨 측정법, 수중 체밀도법 등이 있으나 비교적 시간도 오래 걸리며 그 방법이 매우 복잡하고 특수한 시설을 필요로 하기 때

문에 대부분 연구목적으로만 사용되고, 실제로는 신장별 표준체중을 이용하는 비만도와 윌러 지수, 폰테랄 지수, 체질량 지수 등 각종 체격지수 등과 같은 간접 측정법을 임상과 집단 검진에서 비만증을 진단하는데 널리 이용하고 있다^{5,18}.

피지두께는 주로 상완 배측부, 견갑골하부, 장골릉 상부 등에서 측정한다. Brook¹⁹은 피지두께 측정법으로 비만을 평가하는 것이 간편하고 신뢰성이 높은 방법이라 하였고, Sinning 등²⁰도 피하지방 두께 측정법으로 측정된 체지방이 수중 체밀도법으로부터 측정된 체지방과 높은 상관관계가 있다고 하였다. 저자들의 연구 결과도 피지두께치가 체질량 지수 등 거의 모든 측정 방법과 가장 높은 상관관계가 있었다. 그러나 Davies²¹와 Himes 등²²은 개인마다 체지방의 분포가 다르므로 피하지방은 체내에 분포하고 있는 지방을 정확히 반영하지 못하며, 검사할 때마다 가하는 압력에 따라 측정치가 변할 수 있으므로 숙련된 검사자가 필요하며, 피검자에게 불쾌감과 약간의 고통을 줄 수 있는 단점이 있다고 했다.

Hoffer 등²³이 처음으로 복잡한 인체의 구조를 단순한 원통형의 구조로 가정하여 체내의 총수분량과 전신의 전기저항과의 상관관계를 보고하였다. Lukaski 등⁷이 생체 전기저항 분석법(BIA)을 인체에 사용하기 시작 한 후 현재 신체의 구성을 평가하는데 널리 이용 있다^{8,24,25}. BIA는 음식물 섭취 여부, 측정시의 기온, 운동의 정도, 전극의 위치 등에 의해 영향을 받을 수 있다²⁶. 음식물을 측정

전 1시간 이내에 섭취하였을 경우에는 체지방이 실제보다 높게 측정될 수 있다²⁷⁾. Graby 등²⁸⁾은 24°C~34°C에서는 측정치에 아무런 영향을 주지 않는다고 하였으며, Caton 등²⁹⁾은 35°C 이상 혹은 14°C 이하이면 체지방량이 실제보다 높게 측정된다고 하였다. 측정 전에 심한 운동하면 저항값을 감소시킬 수 있으나 중간 강도 정도의 운동은 저항값에 영향을 미치지 않는다^{26,28)}. 운동후의 탈수 상태에서는 저항값이 낮게 측정된다는 보고도 있다^{30,31)}. 본 연구가 5월과 7월에 시행되었고 측정시간은 오전 10시에서 오전 12시 사이였으며 수업 중에 측정하였으므로 음식과 온도 및 운동 등에 의한 영향은 배제되었다고 할 수 있다.

BIA는 비 침습적이고, 휴대가 간편하며 조작하기 쉬운 측정 방법으로 특히 검사자에 따라 오차가 거의 없다³²⁾. 또한 BIA로 측정한 체지방량, 체지방, 체지방률이 체지방을 측정하는 표준방법인 수중 체밀도법으로 측정한 결과와 높은 상관관계가 있으므로^{7,8,33)} BIA는 성인에서 신체 조성의 평가하는 방법으로 널리 사용되고 있다^{24,25)}. 그러나 현재까지도 소아를 대상으로는 충분한 연구가 이루어져 있지 않다⁹⁾. Hammond 등³⁴⁾은 소아에서는 BIA로 측정한 총지방량과 피하지방두께로 계산한 체지방률과 상관 관계가 낮았다고 했다. 반면에 Iwata 등⁹⁾은 피하지방 두께 측정법으로 계산한 체지방률과 BIA로 측정한 체지방률은 높은 상관관계가 있다고 하였다. 저자들의 연구에서도 BIA로 측정한 체지방률과 피하지방 두께치로 계산한 체지방률 사이에 유의한 상관 관계를 보였으며($p < 0.01$), 특히 남아에서 더 높은 상관관계를 보였다. 결론적으로 피지두께치 및 생체 전기저항 분석법으로 측정한 체지방률을 소아의 비만 판정 및 추적 관찰에 널리 유용하게 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

목 적: 소아 비만의 평가에 이용되는 측정방법들 간의 상관관계와 생체 전기저항 분석법의 유용

성을 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 1997년 5월부터 7월까지 광주 시내 초등학교 남·여 학생 206명을 대상으로 하여 신장, 체중, 허리둘레, 둔부둘레, 피지두께를 측정 후, 생체전기저항 법에 신체조성을 측정하여 각 측정방법들 간의 상관관계를 비교하였다. 피지두께치로 계산한 체지방률과 생체전기저항 법으로 측정한 체지방률의 상관관계를 비교 분석하였다.

결 과:

1) 남아에서 비만 측정방법들 간의 상관 관계; 상완 배측부 피지두께는 체질량 지수($r=0.74$)와 가장 높은 상관관계가 있었고, 다음으로 체지방률($r=0.59$)과 높은 상관관계가 있었으며 체중, 윗리 지수, 체지방량 순서로 비교적 높은 상관 관계가 있었다. 허리/둔부의 둘레 비, 신장, 체지방체중과는 낮은 상관 관계가 있었다($p < 0.001$).

견갑골하부 피지두께는 체질량 지수($r=0.64$)와 가장 높은 상관관계가 있었으며 윗리 지수, 체중, 체지방률, 체지방량 순서로 비교적 높은 상관관계가 있었으나($p < 0.001$), 허리/둔부의 둘레비, 신장, 체지방체중 등과는 낮은 상관관계가 있었다($p < 0.01$).

생체전기저항법으로 측정한 체지방률은 체질량 지수($r=0.62$)와 가장 높은 상관관계가 있었으며 상완 배측부 피지두께, 윗리 지수, 체지방량, 견갑골하부 피지 두께, 체중의 순서로 비교적 높은 상관 관계가 있었다($p < 0.001$). 체지방체중, 신장과는 유의한 상관관계가 없었다.

2) 여아에서 비만 측정방법들 간의 상관관계; 상완 배측부 피지두께는 체질량 지수와 가장 높은 상관관계가 있었고($r=0.70$), 다음으로 체중, 체지방체중, 신장, 체지방률 순서로 높은 상관 관계가 있었다($p < 0.001$). 그러나 윗리 지수, 허리/둔부의 둘레 비, 체지방량과는 상대적으로 낮은 상관 관계가 있었다($p < 0.05$). 견갑골하부 피지두께는 체질량 지수, 체중, 체지방체중의 순서로 비교적 높은 상관관계가 있었으며($p < 0.001$), 윗리 지수, 신장과는 낮은 상관관계가 있었다($p < 0.01$). 그러나 체지

방률, 허리/둔부 둘레 비, 체지방량과는 유의한 상관관계가 없었다.

생체전기저항법으로 측정된 체지방률은 체질량 지수, 윌러지수, 상완 배측부 피지두께와의 순서로 비교적 높은 상관관계를 보였으며($p < 0.001$), 체지방량, 체중과는 상대적으로 낮은 상관 관계를 보였다. 그러나 견갑골 하부 피지두께, 신장, 체지방량, 허리/둔부의 둘레 비와는 유의한 상관 관계가 없었다.

3) 생체전기저항 법과 피하지방 두께치에 의한 체지방률; 피지두께로 계산한 체지방률과 생체 전기저항 법으로 측정된 체지방률은 유의한 상관 관계가 있었으며($p < 0.01$), 특히 여아보다 남아에서 더 높은 상관관계가 있었다.

결 론: 피지두께치 및 생체전기저항 법으로 측정된 체지방률을 소아의 비만 판정 및 추적 관찰에 유용하게 사용할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Charney E, Goodman HC, McBride M, Lyon B, Pratt R. Childhood antecedent of adult obesity. *N Eng J Med* 1976; 295: 6-9.
- 2) Epstein LH, Wing RR, Valoski A. Childhood obesity. *Pediatr Clin North Am* 1985; 32: 363-79.
- 3) Leung AC, Robson WM. Childhood obesity. *Postgraduate Medicine* 1990; 87: 123-33.
- 4) Garcia RE, Moodie DS. Routine cholesterol surveillance in childhood. *Pediatrics* 1989; 84: 751-5.
- 5) 이광우. 비만증의 진단과 평가. *대한비만학회지* 1992; 1: 1-4.
- 6) Paul Deurenberg, Jan A Weststrate. Body composition changes assessed by bioelectrical impedance measurements. *Am J Nutr* 1989; 49: 401-3.
- 7) Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 810-7.
- 8) Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1327-32.
- 9) 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: 369-71.
- 10) 우정익, 오 석, 최종태. 수중 체밀도법과 생체전기저항 분석법, 체질량 지수법, Broca의 표준 체중법의 상관관계. *대한비만학회지* 1997; 6: 143-52.
- 11) Nagamine S, Suzui S. Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Hum Biol* 1964; 38: 8-15.
- 12) Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys S. Densitometric analysis of body composition. Revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci* 1963; 110: 113-40.
- 13) Poskitt E. Management of obesity. *Arch Dis Child* 1987; 62: 305-10.
- 14) Roche A, Siervogel R, Chumlea W, Webb P. Gradient body fatness from limited anthropometric data. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2831-8.
- 15) Barness LA, Dallman PR, Anderson H, Collip PJ, Nichols BL, WA, Wood-ruff CW. Nutritional aspect of in infancy and childhood. *Pediatrics* 1981; 68: 880-6.
- 16) Ravussin E, Swinburn BA. Pathophysiology of obesity. *Lancet* 1992; 340: 404-8.
- 17) Garrow JS. New approaches to body composition. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1152-8.
- 18) Dietz WH. Nutrition and obesity. In Grand RR, Sutphen JL, Dietz WH. *Pediatric nutrition*. Stone-gam, Butterworth Publishers 1987: 525-38.
- 19) Brook CGD. Determination of body composition of children from skinfold measurements. *Arch Dis Child* 1971; 46: 182-4.
- 20) Sinning WE, Dolny DG, Little KD, Cunningham LN, Racaniello A, et al. Validity of "Generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 12: 124-30.
- 21) Davies PSW, Jones PRM, Norgan NG. The distribution of subcutaneous and internal fat in man. *Ann Hum Biol* 1986; 13: 189-92.
- 22) Himes JH, Roche AF, Siervogel RM. Compressibility of skinfolds and the measurement of subcutaneous fatness. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 1734-40.
- 23) Hoffer EC, Meador CK. Correlation of whole-body impedance with total body volume. *J Appl Physiol*

- 1969; 27: 531-4.
- 24) Wolf LTC, Rinke J. Electrical impedance: A new technique to assess human body composition. *Milit Med* 1986; 151: 338-41.
- 25) Nakadomo F. Assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis. *Bull Osaka Pref Coll Nurs* 1991; 13: 129-44.
- 26) Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I. Factors affecting bioelectrical impedance measurement in humans. *Eur J Clin Nutr* 1988; 42: 1017-22.
- 27) Rising R, Swinburn B. Body composition in pima indians: Validation of bioelectrical resistance. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 594-8.
- 28) Garby I, Lammert O, Nielson E. Negligible effects of previous moderate physical activity and changes in environmental temperature on whole body electrical impedance. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44: 545-6.
- 29) Caton JR, Mole PA, Adams WC, Heustis DS. Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 489-91.
- 30) 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.
- 31) Guzman MJ, Elsen R, Padilla A. Body composition determinations by bio-electrical impedance in Olympic class athletes at the Third Central American Games. In: Ellis KJ, Yasumura S, Morgan WD, eds. *In vivo body composition studies*. Upton, NY: The Institute of Physical Sciences in Medicine, Brookhaven National Laboratory 1988: 108-13.
- 32) Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Hall MC. Validity of bioelectrical impedance for body composition assessment in children. *J Appl Physiol* 1989; 66: 814-22.
- 33) Segal KR, Gutin B. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1565-71.