

7세 미만의 소아에서 생체전기저항법에 의한 체성분 분석

이화여자대학교 의학전문대학원 소아과학교실

정지영 · 김한울 · 김태현 · 홍영미

= Abstract =

Body composition by bioelectrical impedance analysis in children below 7 years old

Jiyoung Jung, M.D., Han Wool Kim, M.D., Tae Hyun Kim, M.D. and Young Mi Hong, M.D.

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

Purpose: Body composition is important to define and manage obesity and undernutrition. Obesity is a significant health problem with medical and psychological consequences for children and adolescents. Body composition analysis (BIA) is a simple, rapid, noninvasive, and reproducible technique. However, comparative analysis of body composition has not been done in young children below 7 years old. The aim of this study is to estimate antropometric data and body composition by BIA, and to investigate the correlation between anthropometric data and fat mass or fat percent in young children.

Methods: We measured height, weight, body mass index (BMI), fat mass, and fat percent by BIA in 1,376 children aged 3-6 years of whom 688 were males and 688 were females.

Results: Fat mass, fat percent, intracellular fluid, extracellular fluid, protein, and minerals were significantly higher in the obese group. A significant positive correlation exists between fat mass and BMI or weight. A significant positive linear correlation was also noted between fat percent and BMI. Protein, weight, fat mass, and fat percent were significantly different among groups.

Conclusion: BIA is an objective, accurate method to estimate body fat in childhood obesity cases. Fat mass and fat percent data acquired by using BIA highly correlated with BMI. However, a large-scale study is needed to diagnose obesity in young children. (Korean J Pediatr 2010;53:341-348)

Key Words: Bioelectrical impedance, Obesity, Body composition, Child

서 론

소아 비만은 체중을 감소시키려는 노력에도 불구하고 계속적으로 증가하는 추세이며, 소아 비만의 80%가 성인 비만이 되며¹⁾ 성인 비만의 10-30%에서 소아기 비만의 기왕력을 가지고 있다. 특히, 6세 이전에 나타나는 경우가 1/3 이상을 차지한다. 비만 합병증으로 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 관상동맥질환, 지방간 등이 초래될 수 있어 비만의 정확한 진단과 함께 예방이 필요하다²⁻⁴⁾. 이러한 위험이 있는 환아에서 체지방을 정확히 측정하는 것이 필요하다. 체성분 분석은 신체 조성을 알아볼 수 있는 검사로 여러 질환에 사용되어 왔으나, 6세 이하의 비만 아동에서 정상 아동과

의 차이에 대한 연구는 많지 않다⁵⁾. 일반적으로 비만은 체지방이 많아서 비만처럼 보이는 경우와 비만으로 보이지 않지만 체지방이 과다하여 비만으로 판정되는 경우도 있으므로 객관적인 계측을 통하여 과체중의 정도와 체지방을 산정하여 비만을 진단하는 것이 필요하다.

체지방 측정에는 수중 체중법 (underwater weighing), 칼륨법, 가스확산법, Dual Energy X-ray Absorption (DEXA)법, 피지두께 측정법, 생체전기저항법 (bioelectrical impedance analysis, BIA) 등이 있다. 이 중, BIA는 장치가 간단하고 특별한 기술을 필요로 하지 않으며, 측정치가 객관적이고 정확하다는 장점이 있다⁶⁾. BIA는 신체의 체수분량을 측정하는 기술로 1969년 Hoffer 등⁷⁾이 체수분량이 신체 전기저항값에 역비례 관계가 있다는 것이 보고하면서, 그 이후 비만, Duchenne 근이영양증 (muscular dystrophy), 연소성 류마치스양 관절염, 탈수, 영양 결핍에서 생체 전기저항법이 연구되었다⁸⁻¹²⁾. BIA로 측정된 체지방률은 직접 측정법인 수중 체밀도법으로 측정된 결과와 높은 상관성이 있고¹³⁾, BIA로 측정된 체지방률과 피지두께로 측정된 체지방률 사이에 매우 높은 상관성이 보고되었다^{14, 15)}.

Received : 31 January 2010, Revised : 18 February 2010

Accepted : 2 March 2010

Address for correspondence : Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Ewha Womans University, 911-1, Mokdong, Yangcheon-Ku, Seoul, Korea

Tel : +82.2-2650-2841, Fax : +82.2-2653-3718

E-mail : ymhong@ewha.ac.kr

이에 저자들은 7세 미만 아동을 대상으로, BIA을 이용하여 정상과 비만 아동의 체성분과 체지방율을 비교 분석하여 비만의 판정이나 추적 관찰에 도움이 되고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

2007년 3월부터 2008년 12월까지 서울특별시 영등포구에 소재하는 유아원에 다니는 3-6세 사이의 정상 소아 1,376명을 대상으로 연구를 시행하였다. 질병이 있는 환아는 연구 대상에서 제외시켰다. 본 연구는 보호자의 동의를 받았으며 이화여자대학교 IRB를 통과하였다.

I군은 정상 대조군으로 체질량지수 85 백분위수 미만인 1,076명(남 542명, 여 534명), II군은 체질량지수 85-94 백분위수인 185명(남 88명, 여 97명), III군은 체질량지수 95 백분위수 이상인 115명(남 58명, 여 57명)으로 나누었다. 남녀사이에는 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 방 법

1) 체성분 분석

InBody 2.0 (Biospace, Seoul, Korea) 제품을 사용하였는데 피검자는 가벼운 운동복을 입고 임피던스 측정 장치에 올라가서 손전극을 잡고 발전극을 밟은 후 직립 자세로 팔과 다리를 약간 벌린 자세를 취한 후 시작 버튼을 누르면, 마이크로프로세서가 스위치를 작동시키서 측정하였다. 임피던스 측정 장치는 오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리에서 4가지 주파수(5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz)로 인체 부위별 전기 저항을 측정하였고, 측정 결과는 약 2분 후에 결과지에 출력되었다. 각 대상에서 체성분(체지방량, 체지방률, 체지방율, 단백질, 무기질, 세포내액, 세포외액)을 분석하였다.

2) 체질량지수

신장은 맨발로 신장 측정계를 이용하여 소숫점 한자리까지 측정하였고, 체중은 표준 체중계의 영점을 맞춘 후 소숫점 한자리까지 측정하였고, 체질량지수(body mass index, BMI)는 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{체질량지수 (kg/m}^2\text{)} = \text{체중 (kg)} / [\text{신장 (m)}]^2$$

3. 통 계

조사된 자료와 검사의 모든 값은 평균±표준편차로 나타내었다. 통계처리는 SPSS (version 10.0 for Windows)을 사용하였고, 세군 간에 Kurskal-Wallis test를 사용하여 비교 분석하였다. 각 변수간의 통계 수치의 유의성은 Pearson's correlation coefficient 분석법을 이용하여 분석하였다. P-value는 0.05 미만을 통계적으로 유의하게 보았다.

결 과

1. 체질량지수에 따른 세군 간에 세포내액 비교

세포내액은 I군에서 3세는 남아에서 5.8±0.6 L, 여아에서 5.8±0.6 L, 4세는 남아에서 6.4±0.7 L, 여아에서 6.1±0.6 L, 5세는 남아에서 7.2±0.7 L, 여아에서 6.9±0.7 L, 6세는 남아에서 7.9±0.8 L, 여아에서 7.3±0.7 L이었다.

II군에서 3세는 남아에서 6.1±0.6 L, 여아에서 5.7±0.5 L, 4세는 남아에서 6.7±0.6 L, 여아에서 6.3±0.6 L, 5세는 남아에서 7.6±0.6 L, 여아에서 7.2±0.8 L, 6세는 남아에서 8.5±0.7 L, 여아에서 7.8±0.7 L이었다.

III군에서 3세는 남아에서 6.8±0.7 L, 여아에서 6.0±0.5 L, 4세는 남아에서 7.2±0.7 L, 여아에서 6.9±0.8 L, 5세는 남아에서 8.8±0.9 L, 여아에서 7.6±0.7 L, 6세는 남아에서 8.6±0.6 L, 여아에서 8.5±0.7 L이었다.

세포내액은 남녀 모두 3-6세 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 2).

2. 체질량지수에 따른 세군 간에 세포외액 비교

세포외액은 I군에서 3세는 남아에서 3.7±0.4 L, 여아에서 3.5±0.4 L, 4세는 남아에서 4.0±0.4 L, 여아에서 3.8±0.3 L, 5세는 남아에서 4.5±0.4 L, 여아에서 4.3±0.4 L, 6세는 남아에서 4.9±0.5 L, 여아에서 4.5±0.4 L이었다.

II군에서 3세는 남아에서 3.8±0.4 L, 여아에서 3.6±0.3 L, 4세는 남아에서 4.2±0.4 L, 여아에서 4.0±0.4 L, 5세는 남아에서 4.7±0.4 L, 여아에서 4.5±0.5 L, 6세는 남아에서 5.3±0.7 L, 여아에서 4.8±0.4 L이었다.

III군에서 3세는 남아에서 4.2±0.4 L, 여아에서 3.8±0.3 L, 4세는 남아에서 4.5±0.4 L, 여아에서 4.3±0.5 L, 5세는 남아에서 5.4±0.5 L, 여아에서 4.7±0.4 L, 6세는 남아에서 5.3±0.4 L, 여아에서 5.2±0.4 L이었다.

세포외액은 남아에서 3-6세 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 여아에서 4-6세에만 세 군 간에 유의한 차이가 있었다(Table 3).

Table 1. Age and Sex Distribution

Age (yr)	I		II		III	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	75	85	18	18	5	7
4	198	171	28	49	15	23
5	189	193	29	24	29	18
6	80	85	13	6	9	9
Total	542	534	88	97	58	57

3. 체질량지수에 따른 세군 간에 단백질의 비교

단백질은 I군에서 3세는 남아에서 2.5±0.3 kg, 여아에서 2.4±0.3 kg, 4세는 남아에서 2.8±0.3 kg, 여아에서 2.6±0.3 kg, 5세는 남아에서 3.1±0.3 kg, 여아에서 3.0±0.3 kg, 6세는 남아에서 3.4±0.4 kg, 여아에서 3.1±0.3 kg이었다.

II군에서 3세는 남아에서 2.6±0.3 kg, 여아에서 2.5±0.2 kg, 4세는 남아에서 2.9±0.3 kg, 여아에서 2.7±0.3 kg, 5세는 남아에서 3.3±0.3 kg, 여아에서 3.1±0.3 kg, 6세는 남아에서 3.7±0.5 kg, 여아에서 3.4±0.3 kg이었다.

III군에서 3세는 남아에서 2.9±0.3kg, 여아에서 2.6±0.2 kg, 4세는 남아에서 3.1±0.3 kg, 여아에서 3.0±0.4 kg, 5세는 남아에서 3.8±0.4 kg, 여아에서 3.3±0.3 kg, 6세는 남아에서 3.7±

0.3 kg, 여아에서 3.7±0.3 kg이었다.

단백질은 남녀 모두 3-6세 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 4).

4. 체질량지수에 따른 세군 간에 무기질의 비교

무기질은 I군에서 3세는 남아에서 0.7±0.1 kg, 여아에서 0.7±0.1 kg, 4세는 남아에서 0.9±0.1 kg, 여아에서 0.8±0.1 kg, 5세는 남아에서 1.0±0.2 kg, 여아에서 1.0±0.1 kg, 6세는 남아에서 1.1±0.1 kg, 여아에서 1.1±0.1 kg이었다.

II군에서 3세는 남아에서 0.7±0.1kg, 여아에서 0.7±0.1kg, 4세는 남아에서 0.9±0.1 kg, 여아에서 0.9±0.1 kg, 5세는 남아에서 1.1±0.1 kg, 여아에서 1.0±0.1 kg, 6세는 남아에서 1.2±0.2 kg, 여아에서 1.2±0.1 kg이었다. III군에서 3세는 남아에서

Table 2. Intracellular Fluid (L) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	5.8±0.6 [†]	5.8±0.6	6.1±0.6	5.7±0.5	6.8±0.7 [†]	6.0±0.5	0.019	0.033
4	6.4±0.7 ^{*,†}	6.1±0.6 ^{*,†}	6.7±0.6 ^{*,†}	6.3±0.6 ^{*,†}	7.2±0.7 ^{†,‡}	6.9±0.8 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
5	7.2±0.7 ^{*,†}	6.9±0.7 ^{*,†}	7.6±0.6 ^{*,†}	7.2±0.8 [*]	8.8±0.9 ^{†,‡}	7.6±0.7 [†]	<0.001	<0.001
6	7.9±0.8 ^{*,†}	7.3±0.7 [†]	8.5±0.7 [*]	7.8±0.7	8.6±0.6 [†]	8.5±0.7 [†]	0.019	<0.001

Date are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; [†]P<0.05 group I vs. group III; [‡]P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

Table 3. Extracellular Fluid (L) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	3.7±0.4 [†]	3.5±0.4 [†]	3.8±0.4	3.6±0.3	4.2±0.4 [†]	3.8±0.3 [†]	0.078	0.012
4	4.0±0.4 [†]	3.8±0.3 ^{*,†}	4.2±0.4 [†]	4.0±0.4 ^{*,†}	4.5±0.4 ^{†,‡}	4.3±0.5 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
5	4.5±0.4 ^{*,†}	4.3±0.4 ^{*,†}	4.7±0.4 ^{*,†}	4.5±0.5 [*]	5.4±0.5 ^{†,‡}	4.7±0.4 [†]	<0.001	<0.001
6	4.9±0.5 ^{*,†}	4.5±0.4 [†]	5.3±0.7 [*]	4.8±0.4	5.3±0.4 [†]	5.2±0.4 [†]	<0.001	0.025

Date are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; [†]P<0.05 group I vs. group III; [‡]P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

Table 4. Protein Content (kg) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	2.5±0.3 [†]	2.4±0.3	2.6±0.3	2.5±0.2	2.9±0.3 [†]	2.6±0.2	0.027	0.069
4	2.8±0.3 [†]	2.6±0.3 ^{*,†}	2.9±0.3 [†]	2.7±0.3 ^{*,†}	3.1±0.3 ^{†,‡}	3.0±0.4 ^{†,‡}	0.001	<0.001
5	3.1±0.3 ^{*,†}	3.0±0.3 ^{*,†}	3.3±0.3 ^{*,†}	3.1±0.3 [*]	3.8±0.4 ^{†,‡}	3.3±0.3 [†]	<0.001	<0.001
6	3.4±0.4 ^{*,†}	3.1±0.3 [†]	3.7±0.5 [*]	3.4±0.3	3.7±0.3 [†]	3.7±0.3 [†]	0.012	0.001

Date are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; [†]P<0.05 group I vs. group III; [‡]P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

0.8±0.1 kg, 여아에서 0.8±0.1 kg, 4세는 남아에서 1.0±0.1 kg, 여아에서 0.9±0.1 kg, 5세는 남아에서 1.2±0.1 kg, 여아에서 1.1±0.1 kg, 6세는 남아에서 1.2±0.1 kg, 여아에서 1.2±0.1 kg이었다.

무기질은 남아에서 4세, 5세에 세군 간에 유의한 차이가 있었고 여아에서는 5세, 6세에 세군 간에 유의한 차이가 있었다 (Table 5).

5. 체지방지수에 따른 세군 간에 체지방량의 비교

체지방량은 I군에서 3세는 남아에서 3.1±0.7 kg, 여아에서 3.1±0.8 kg, 4세는 남아에서 3.2±0.8 kg, 여아에서 3.3±0.8 kg, 5세는 남아에서 3.5±0.9 kg, 여아에서 3.6±0.9 kg, 6세는 남아에서 3.7±1.0 kg, 여아에서 4.0±1.1 kg이었다.

II군에서 3세는 남아에서 4.3±1.1 kg, 여아에서 4.4±0.8 kg, 4세는 남아에서 4.6±1.0 kg, 여아에서 4.9±0.7 kg, 5세는 남아에서 5.1±1.0 kg, 여아에서 5.6±1.2 kg, 6세는 남아에서 5.9±1.3 kg, 여아에서 6.7±1.4 kg이었다.

III군에서 3세는 남아에서 6.3±2.9 kg, 여아에서 6.1±1.4 kg, 4세는 남아에서 6.1±1.9 kg, 여아에서 6.1±1.9 kg, 5세는 남아에서 8.8±2.1 kg, 여아에서 7.5±1.9 kg, 6세는 남아에서 9.0±1.1 kg, 여아에서 9.5±1.6 kg이었다.

체지방량은 남녀 모두 3-6세 세군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (Table 6).

6. 체지방지수에 따른 세군 간에 체중의 비교

체중은 I군에서 3세는 남아에서 15.7±1.3 kg, 여아에서 15.3±1.6 kg, 4세는 남아에서 17.3±1.8 kg, 여아에서 16.7±1.5 kg, 5세는 남아에서 19.3±1.9 kg, 여아에서 18.7±2.0 kg, 6세는 남아에서 21.2±2.3 kg, 여아에서 20.0±2.0 kg이었다.

II군에서 3세는 남아에서 17.5±1.5 kg, 여아에서 16.9±1.4 kg, 4세는 남아에서 19.3±1.7 kg, 여아에서 18.8±1.5 kg, 5세는 남아에서 21.7±1.8 kg, 여아에서 21.4±2.1 kg, 6세는 남아에서 24.6±3.4 kg, 여아에서 23.8±2.3 kg이었다.

III군에서 3세는 남아에서 21.0±3.6 kg, 여아에서 19.2±2.2 kg, 4세는 남아에서 21.9±3.2 kg, 여아에서 21.1±2.3 kg, 5세는 남아에서 28.0±3.2 kg, 여아에서 24.1±2.8 kg, 6세는 남아에서 27.8±1.6 kg, 여아에서 28.1±2.9 kg이었다.

체중은 남녀 모두 3-6세 세군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (Table 7).

7. 체지방지수에 따른 세군 간에 체지방율의 비교

체지방율은 I군에서 3세는 남아에서 19.4±3.8%, 여아에서 20.5±4.6%, 4세는 남아에서 18.5±3.7%, 여아에서 20.0±4.2%, 5세는 남아에서 17.9±3.7%, 여아에서 18.9±3.7%, 6세는 남아에서 17.3±3.7%, 여아에서 19.7±4.2% 이었다.

II군에서 3세는 남아에서 24.3±5.5%, 여아에서 25.9±4.0%, 4세는 남아에서 24.7±4.7%, 여아에서 25.9±3.0%, 5세는 남아

Table 5. Mineral Content (kg) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1 [†]	0.8±0.1	0.157	0.249
4	0.9±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1 [†]	0.9±0.1	1.0±0.1 ^{†, ‡}	0.9±0.1 [†]	0.028	0.069
5	1.0±0.2	1.0±0.1	1.1±0.1 [†]	1.0±0.1	1.2±0.1 ^{†, ‡}	1.1±0.1 [†]	<0.001	0.014
6	1.1±0.1	1.1±0.1	1.2±0.2	1.2±0.1	1.2±0.1 [†]	1.2±0.1 [†]	<0.001	<0.001

Date are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; [†]P<0.05 group I vs. group III; [‡]P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

Table 6. Fat Mass (kg) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	3.1±0.7 ^{*, †}	3.1±0.8 ^{*, †}	4.3±1.1 ^{*, †}	4.4±0.8 ^{*, †}	6.3±2.9 ^{†, ‡}	6.1±1.4 ^{†, ‡}	<0.001	<0.001
4	3.2±0.8 ^{*, †}	3.3±0.8 ^{*, †}	4.6±1.0 ^{*, †}	4.9±0.7 ^{*, †}	6.1±1.9 ^{†, ‡}	6.1±1.9 ^{†, ‡}	<0.001	<0.001
5	3.5±0.9 ^{*, †}	3.6±0.9 ^{*, †}	5.1±1.0 ^{*, †}	5.6±1.2 ^{*, †}	8.8±2.1 ^{†, ‡}	7.5±1.9 ^{†, ‡}	<0.001	<0.001
6	3.7±1.0 ^{*, †}	4.0±1.1 ^{*, †}	5.9±1.3 ^{*, †}	6.7±1.4 ^{*, †}	9.0±1.1 ^{†, ‡}	9.5±1.6 ^{†, ‡}	<0.001	<0.001

Date are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; [†]P<0.05 group I vs. group III; [‡]P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

Table 7. Weight (kg) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	15.7±1.3 ^{*,†}	15.3±1.6 ^{*,†}	17.5±1.5 ^{*,†}	16.9±1.4 ^{*,†}	21.0±3.6 ^{†,‡}	19.2±2.2 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
4	17.3±1.8 ^{*,†}	16.7±1.5 ^{*,†}	19.3±1.7 ^{*,†}	18.8±1.5 ^{*,†}	21.9±3.2 ^{†,‡}	21.1±2.3 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
5	19.3±1.9 ^{*,†}	18.7±2.0 ^{*,†}	21.7±1.8 ^{*,†}	21.4±2.1 ^{*,†}	28.0±3.2 ^{†,‡}	24.1±2.8 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
6	21.2±2.3 ^{*,†}	20.0±2.0 ^{*,†}	24.6±3.4 ^{*,†}	23.8±2.3 ^{*,†}	27.8±1.6 ^{†,‡}	28.1±2.9 ^{†,‡}	<0.001	<0.001

Data are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; †P<0.05 group I vs. group III; ‡P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

Table 8. Fat Percent (%) According to Severity of Body Mass Index

Age (yr)	I		II		III		P value	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
3	19.4±3.8 ^{*,†}	20.5±4.6 ^{*,†}	24.3±5.5	25.9±4.0 ^{*,†}	28.9±8.0 ^{†,‡}	31.4±3.8 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
4	18.5±3.7 ^{*,†}	20.0±4.2 ^{*,†}	24.7±4.7	25.9±3.0 ^{*,†}	27.5±4.5 ^{†,‡}	28.7±7.0 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
5	17.9±3.7 ^{*,†}	18.9±3.7 ^{*,†}	23.5±3.3 ^{*,†}	26.0±4.7 ^{*,†}	31.0±5.0 ^{†,‡}	30.6±4.7 ^{†,‡}	<0.001	<0.001
6	17.3±3.7 ^{*,†}	19.7±4.2 ^{*,†}	23.8±2.9 ^{*,†}	28.2±4.2 ^{*,†}	32.3±3.0 ^{†,‡}	33.7±2.5 ^{†,‡}	<0.001	<0.001

Data are expressed as mean±SD

*P<0.05 group I vs. group II; †P<0.05 group I vs. group III; ‡P<0.05 group II vs. group III

Abbreviations : I, body mass index <85 percentile; II, body mass index between 85 and 94 percentile; III, body mass index ≥95 percentile

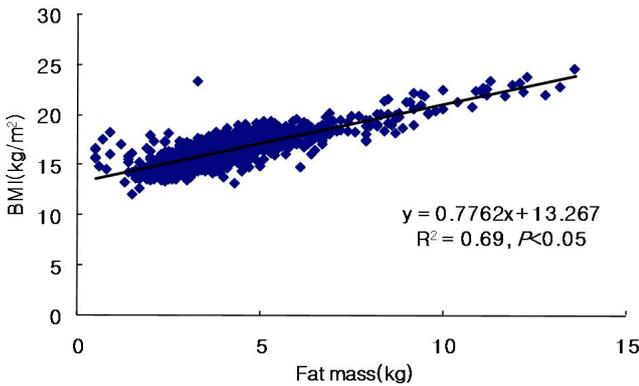


Fig. 1. Linear correlation between fat mass and body mass index (BMI).

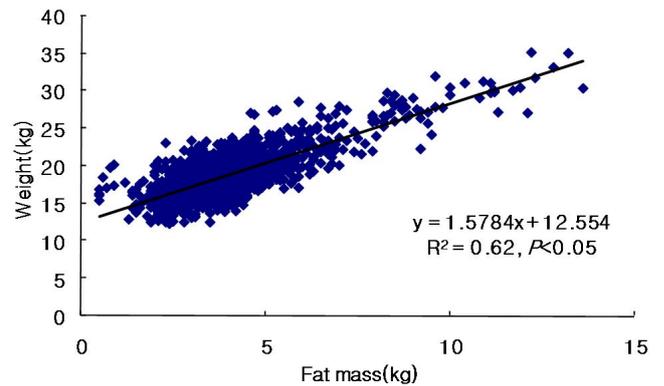


Fig. 2. Linear correlation between fat mass and weight.

에서 23.5±3.3%, 여아에서 26.0±4.7%, 6세는 남아에서 23.8±2.9%, 여아에서 28.2±4.2% 이었다.

III군에서 3세는 남아에서 28.9±8.0%, 여아에서 31.4±3.8%, 4세는 남아에서 27.5±4.5%, 여아에서 28.7±7.0%, 5세는 남아에서 31.0±5.0%, 여아에서 30.6±4.7%, 6세는 남아에서 32.3±3.0%, 여아에서 33.7±2.5% 이었다.

체지방율은 남녀 모두 3-6세 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 8).

8. 체지방량 및 체지방율과 각 신체 계측과 상관계수

체지방량은 체질량지수($R^2=0.69, P<0.05$) (Fig. 1), 체중($R^2=0.62, P<0.05$) (Fig. 2), 신장($R^2=0.14, P<0.05$) (Fig. 3) 순으로 상관성이 높았다.

체지방율은 체질량지수($R^2=0.56, P<0.05$) (Fig. 4), 체중($R^2=0.19, P<0.05$) (Fig. 5) 순으로 상관성이 높았다.

고 찰

비만은 전세계적으로 확산되고 있다^{16, 17)}. 소아 비만이 늘고

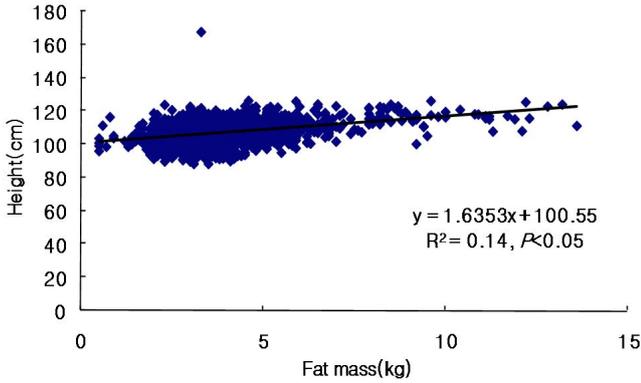


Fig. 3. Linear correlation between fat mass and height.

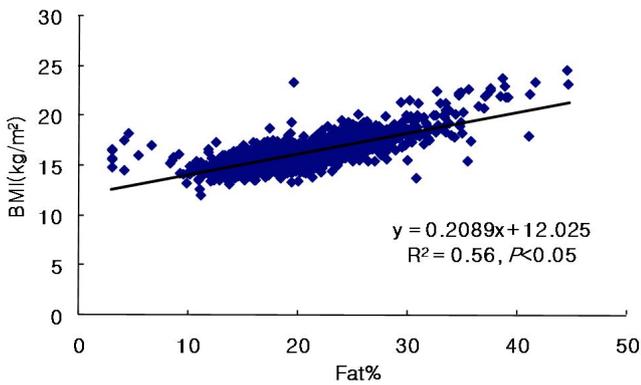


Fig. 4. Linear correlation between fat percent and body mass index (BMI).

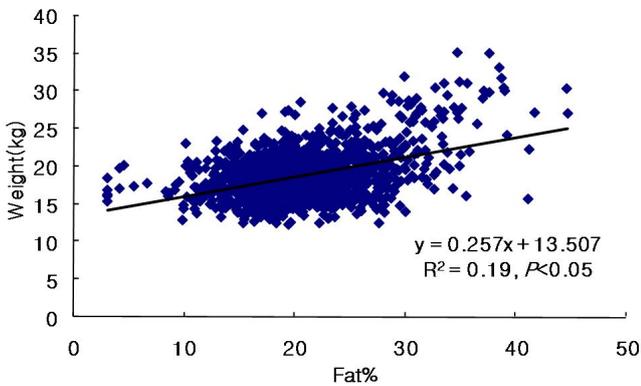


Fig. 5. Linear correlation between fat percent and weight.

있고 이미 2-5세에 학동전 아동의 26%, 6-11세에 37%까지 존재한다¹⁸⁾. 스위스에서 과체중과 비만의 빈도가 6-12세에 20-23%로 보고되고 있다¹⁹⁾.

체질량지수는 체지방을 간접적으로 측정하는 방법으로, 체질량지수는 영아기 동안 빠르게 증가하고 특히 9개월 때 최고치를 이루며, 6세때까지는 감소하나, 6세 이후부터 성인기까지 증가한다. 6세 이상의 소아와 청소년의 비만은 체질량지수가 같은 성별

과 연령에서 95 백분위수 이상일 경우로 정의되며, 85-95백분위수 사이일 경우 비만의 고위험군으로 간주되나 6세 미만의 소아에서는 체질량지수에 의한 비만의 진단 기준이 설정되어 있지 않다. 비만 rebound가 6세 정도에 일어난다²⁰⁾. 비만 rebound는 비만을 일찍 일어나게 하고 이른 비만 rebound는 연속적인 과체중의 위험과 관련이 있다²⁰⁻²²⁾.

체성분 분석은 다양한 방법에 의해 측정될 수 있으나 어린 소아에서 수중체중 측정법은 부적합하고, MRI나 DEXA와 같은 방법은 실용성과 비용 때문에 검사하는데 제한받고 있다. 피부두께는 측정자에 따라 오차가 많고 어린 소아에서는 협조가 잘 되지 않기 때문에 사용하기 어려운 점이 있다²³⁾. 체질량지수는 비만 아동을 검진하는데 사용될 수 있으나 과체중인 아동을 진단하는데는 민감도가 떨어짐이 지적되고 있다²⁴⁾.

Eisenmann 등²³⁾은 3-8세에서 BIA와 DEXA를 이용하여 측정한 연구에서 체질량지수와 체지방율과의 상관계수는 0.61-0.75로 보고하였고, BIA는 체성분을 측정하는데 제한된 유용성을 갖고 있음을 제시하였다. 반면에 체질량지수와 피부두께는 비만 rebound 동안 체성분을 예측하는데 유용한 것처럼 보이나 많은 방법들이 DEXA에 의해 측정된 체지방보다 적게 측정된다고 보고하였다²³⁾.

영양위원회에서는 체질량지수에 의한 비만 판정은 같은 성, 연령에서 95 백분위수 이상을 비만으로 간주하였고, 85-94 백분위수를 비만 위험군으로 정의하였다. 성별, 연령별, 신장별 체중 50 백분위수를 표준 체중으로 비만도(obesity index)를 계산할 때 20% 이상을 비만으로 정의하였다. 삼두박근이나 견갑골하부의 피부 두께가 성별, 연령별 95 백분위수 이상일 때 비만으로 정의하였다^{25, 26)}. 체질량지수는 체지방을 측정하는 방법이나 연령, 성별에 따라 상관계수가 0.39에서 0.90으로 다양하며, 혈압, 혈중 지질, 지단백 농도와 잘 일치하고, 장기간의 사망률과 연관성이 있다¹³⁻¹⁵⁾. 체질량지수가 같은 성별과 연령에서 95백분위수 이상의 소아와 청소년은 성인이 되어서도 비만이 지속될 가능성이 높고 비만과 연관된 합병증의 위험도가 증가하기 때문에, 비만에 대한 평가 및 치료가 이루어져야 되고, 85에서 95백분위수 사이의 소아들도 이차적 합병증에 대한 주의를 기울여야 된다. 하지만, 이렇게 가장 광범위한 선별 검사로 체질량지수가 많이 쓰이고 있으나 정확한 체지방량을 측정하기에는 부정확하다.

최근에는 BIA는 체지방을 측정하기 위해 많이 이용하고 있는데, 이것은 신체에 미세한 전류를 흘렸을 때 수분, 지방, 근육 등에서의 전류 저항이 각각 다르게 나타나는 성질을 이용하여 간편하게 체수분, 체지방 등의 신체 조성을 분석하는 장치이다. BIA를 이용한 체성분 분석은 빠르고 쉽고 비교적 비싸지 않으면서 체지방량과 총체수분량을 정확하고 신뢰성 있게 측정할 수 있고, 재현성이 있다. 사람에서 BIA를 이용한 체성분 분석의 정확성과 신뢰성에 대해서는 이미 여러 저자들에 의해 증명되었다²⁷⁾. BIA는 사용이 간편하고 반복하여 사용할 수 있으며 검사자에 따라 오차가 거의 없다²⁷⁾. BIA는 다른 체격 지수보다 지방의 정도를

평가하는데 더 민감하고 특이적이다²⁸⁾.

BIA와 다른 비만 측정법과는 비교적 높은 상관성이 보고되어 있다. Whang 등²⁹⁾은 7-18세 정상 소아에서 BIA로 측정하였을 때 관찰자간에 신뢰도가 0.995이고, 같은 관찰자안에서 신뢰도도 매우 높아서, BIA를 이용한 체지방 측정은 비만을 진단할 수 있는 객관적인 자료를 제공함을 보고하였다. 저자들의 이전 연구에서 7-18세 사이의 비만 소아에서 BIA 법을 이용한 체성분 분석을 하였고, 체질량, 체지방율, 세포내액, 세포외액이 비만군에서 유의하게 높았고, BIA를 이용한 체성분 분석은 비만을 진단하는데 유용함을 보고하였다³⁰⁾. 또한 BIA에 의한 체지방율과 피부두께($r=0.835$), 체질량지수($r=0.749$)과 유의한 상관성이 있음을 보고하였다²³⁾. 6세 이하의 소아에서 시행한 이번 연구에서 BIA로 측정된 체지방률과의 상관계수를 보면 체지방과 체질량지수($R^2=0.62$, $P<0.05$), 체중($R^2=0.56$, $P<0.05$)과 유의한 상관관계가 있었고, 체지방율과 체질량지수($R^2=0.56$, $P<0.05$)와도 유의한 상관성이 있었다. Schaefer 등³¹⁾은 칼륨법을 기준으로 구한 BIA과 피부두께 측정법을 이용한 체지방률 사이에 높은 상관성이 있다고 보고하였다. Hammond 등³²⁾은 BIA와 피부두께법과의 상관계수는 남자는 0.83, 여자는 0.81로 보고하였으며, Iwata 등⁵⁾은 피부두께 측정법으로 계산한 체지방율과 BIA로 측정된 체지방율사이에 높은 상관관계를 보고하였다.

반면에 BIA는 체성분을 측정할 수 있는 빠르고 안전하고 간단한 법이기는 하나 BIA 방법은 매우 뚱뚱한 비만 성인에서 체지방을 과소평가한다. 비만 소아에서도 BIA는 DEXA에 비해 비만을 과소평가하는 경향이 있다³³⁾. 비만 소아에서 BIA는 DEXA만큼 체지방량과 체지방율을 측정하는데 정확하지 않을 지라도 BIA는 체질량지수보다 우월하고 10% 정도의 오차를 갖고 체지방을 측정하는데 아직 사용된다. 비만 소아와 청소년에서 BIA에 의한 체지방량을 측정하는 공식을 만들기 위해서 대규모 연구가 필요하다³³⁾.

BIA로 측정된 체지방량과 체지방율이 DEXA에 비해 과소 평가하는 경향이 있음이 보고되고 있다. BIA는 남아에서 2.4%, 여아에서 5.7% 체지방을 과대평가하고, 반면에 체질량지수는 남아에서 6.5%, 여아에서 10.3% 과소평가되었다고 하였다³⁴⁾. 그러므로 BIA는 큰 연구에 유용할 수 있으나 DEXA (dual energy X-ray analysis)와 호환될 수 없고 개인별로 조심스럽게 분석하여야 한다³⁴⁾. Tyrell 등³⁵⁾은 젊은 소아에서 BIA와 체격지수를 비교할 때 두 방법은 직접적으로 호환되지는 않으나 BIA는 소아에서 기술적으로 측정하는데 개인적으로 측정하는데 차이가 별로 없고 체질량지수와 높은 상관관계가 있다고 하였다. BIA는 측정하기 간단하고 측정하는 속도도 빠르기 때문에 큰 역학 조사가 사용하기에 적합하다.

본 연구의 제한점은 측정 인원이 작아서 정상치를 제시하기 부족하고 6세 이하의 소아에서 체지방량과 체지방율의 정상치를 제시하고 비만을 진단하는데 사용되기 위해서는 전국적인 소아를 대상으로 광범위한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 비만 소아에서 정상 대조군에 비해 체지방량, 체지방율, 단백질, 무기질, 세포내액, 세포외액이 의미 있게 높았으며, BIA에 의한 체지방 측정은 객관적이고 정확하고 특별한 기술을 필요로 하지 않는 장점이 있어 비만 진단에 유용하리라 생각된다. BIA는 간단하고 객관적이고 덜 침투적이어서 소아에서 사용하기에 적합하나 아직 국내에 어린 소아에서 정상치 및 비만을 진단할 수 있는 기준치가 없으므로 이에 대한 광범위한 역학 연구가 필요하다. 비만을 예방하기 위해서는 소아를 추적관찰을 함으로 비만 rebound 가 일어나기 시작하는 어린 나이에 치료의 개입이 중요하다고 생각한다.

요 약

목적: 소아 비만은 체중을 감소시키려는 노력에 불구하고도 계속적으로 증가하는 추세이며, 6세 이전에 나타나는 경우가 1/3 이상을 차지한다. 생체 전기 저항법(BIA)은 장치가 간단하고 특별한 기술을 필요로 하지 않으며, 측정치가 객관적이고 정확하다는 장점이 있다. 그러나 7세 미만의 소아에서 BIA를 이용한 체성분 분석에 대한 자료가 없는 실정이다. 이에 저자들은 7세 미만의 정상 아동을 대상으로, BIA를 이용하여 체성분과 체지방량, 체지방율을 비교 분석하였고, 비만의 판정이나 추적 관찰에 있어서 BIA의 유용성을 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

방법: 3-6세 사이의 남자 688명, 여자 688명의 1,376명 소아를 대상으로 신장과 체중, 체질량지수(body mass index)를 구하였고, BIA를 이용하여 체성분 분석을 하였고, 체지방량, 체지방율과 신체 계측치와의 상관관계를 연구하였다.

결과: 체지방량, 체지방율, 세포내액, 세포외액, 단백질, 무기질이 비만군에서 정상군에 비해 유의하게 높았다. 체지방량과 체질량지수($R^2=0.69$, $P<0.05$), 체중($R^2=0.62$, $P<0.05$)과 상관성이 유의하게 높았다. 체지방율과 체질량지수($R^2=0.56$, $P<0.05$), 체중($R^2=0.19$, $P<0.05$)과도 상관성이 유의하게 높았다.

결론: BIA에 의한 체성분 분석은 소아 비만의 진단에 매우 유용한 진단 방법이라 생각된다. 그러나 아직 6세 이하의 어린 소아에서 국내 자료가 없으므로 광범위한 역학 조사가 필요하리라 생각한다.

References

- 1) Kelishadi R. Childhood overweight, obesity, and the metabolic syndrome in developing countries. *Epidemiol Rev* 2007;29:62-76.
- 2) Epstein LH, Wing RR, Valoski A. Childhood obesity. *Pediatr Clin North Am* 1985;32:363-79.
- 3) Poirier P, Giles TD, Bray GA, Hong Y, Stern JS, Pi-Sunyer FX, et al. Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss: an update of the 1997 American Heart Association scientific statement on obesity and heart disease from the obesity committee of the council on

- nutrition, physical activity, and metabolism. *Circulation* 2006; 113:898–918.
- 4) Eckel RH, York DA, Rössner S, Hubbard V, Caterson I, St Jeor ST, *et al.* Prevention Conference VII: Obesity, a worldwide epidemic related to heart disease and stroke: executive summary. *Circulation* 2004;110:2968–75.
 - 5) 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.
 - 6) Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN Jr. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Am J Clin Nutr* 1996;64(3 Suppl):489S–497S.
 - 7) Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 1969;27:531–4.
 - 8) Houtkoper LB, Lohman TG, Going SB, Howell WH. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *Am J Clin Nutr* 1996;64(3 Suppl):436S–448S.
 - 9) Chertow GM, Lowrie EG, Wilmore DW, Gonzalez J, Lew NL, Ling J, *et al.* Nutritional assessment with bioelectrical impedance analysis in maintenance hemodialysis patients. *J Soc Nephrol* 1995;6:75–81.
 - 10) Fredrix EW, Saris WH, Soeters PB, Wouters EF, Kester AD, von Meyenfeldt MF, *et al.* Estimation of body composition by bioelectrical impedance in cancer patients. *Eur J Clin Nutr* 1990;44:749–52.
 - 11) Bedogni G, Severi S, Manzieri AM, Trunfio O, Poli M, Battistini N. Use of bioelectric impedance analysis (BIA) in children with alterations of body water distribution. *Appl Radiat Isot* 1998;49:619–20.
 - 12) Battistini N, Virgili F, Severi S, Brambilla P, Manzoni P, Baccaria L, *et al.* Relative expansion of extracellular water in obese vs. normal children. *J Appl Physiol* 1995;79:94–6.
 - 13) 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.
 - 14) Yom HW, Kim SJ, Whang IT, Hong YM. Correlation between body fat percent estimated by bioelectrical impedance analysis and other variable methods. *J Korean Pediatr Soc* 2003;46:751–7.
 - 15) Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 1992;11:199–209.
 - 16) Niederer I, Kriemler S, Zahner L, Bürgi F, Ebenegger V, Hartmann T, *et al.* Influence of a lifestyle intervention in preschool children on physiological and psychological parameters (Ballabeina): study design of a cluster randomized controlled trial. *BMC Public Health* 2009;9:94.
 - 17) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 2000;894:i–xii,1–253.
 - 18) Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, McDowell MA, Tabak CJ, Flegal KM. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999–2004. *JAMA* 2006;295:1549–55.
 - 19) Zimmermann MB, Hess SY, Hurrell RF. A national study of the prevalence of overweight and obesity in 6–12 y-old Swiss children: body mass index, body-weight perceptions and goals. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:568–72.
 - 20) Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Patois E. Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr* 1984;39:129–35.
 - 21) Freedman DS, Kettel Khan L, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS. BMI rebound, childhood height and obesity among adults: the Bogalusa Heart Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:543–9.
 - 22) Prokopec M, Bellisle F. Adiposity in Czech children followed from 1 month of age to adulthood: analysis of individual BMI patterns. *Ann Hum Biol* 1993;20:517–25.
 - 23) Eisenmann JC, Heelan KA, Welk GJ. Assessing body composition among 3- to 8-year-old children: anthropometry, BIA, and DXA. *Obes Res* 2004;12:1633–40.
 - 24) Mast M, Langnäse K, Labitzke K, Bruse U, Preuß U, Müller MJ. Use of BMI as a measure of overweight and obesity in a field study on 5–7 year old children. *Eur J Nutr* 2002;41:61–7.
 - 25) Hong YM, Moon KR, Seo JW, Shim JG, Yoo KW, Jeong BJ, *et al.* Guideline of diagnosis and treatment in childhood obesity. *J Korean Pediatr Soc* 1999;42:1338–65.
 - 26) 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.
 - 27) Reilly JJ. Assessment of body composition in infants and children. *Nutrition* 1998;14:821–5.
 - 28) Pichard C, Kyle UG, Bracco D, Slosman DO, Morabia A, Schutz Y. Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition* 2000;16:245–54.
 - 29) Whang IT, Ryu KH, Kim KH, Hong YM, Kim GH, Lee K. Percent of body fat by bioelectrical impedance analysis in healthy children. *J Korean Pediatr Soc* 1999;42:1207–14.
 - 30) Lee JE, Park KW, Cho SJ, Whang IT, Hong YM. Body composition by bioelectrical impedance analysis in obese children. *J Korean Pediatr Soc* 2001;44:992–1001.
 - 31) Schaefer F, Georgi M, Zieger A, Schärer K. Usefulness of bioelectrical impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. *Pediatr Res* 1994;35:617–24.
 - 32) 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.
 - 33) Eisenkolbl J, Kartasurya M, Widhalm K. Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:423–9.
 - 34) Hosking J, Metcalf BS, Jeffery AN, Voss LD, Wilkin TJ. Validation of foot-to-foot bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of body composition in young children: the EarlyBird cohort. *Br J Nutr* 2006;96:1163–8.
 - 35) Tyrrell VJ, Richards G, Hofman P, Gillies GF, Robinson E, Cutfield WS. Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: a valuable tool for the measurement of body composition in children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:273–8.