

[원저]

간이 체지방 측정기의 체지방 측정 능력 평가

정동욱¹, 이상엽¹, 민홍기¹, 김영주¹, 최상한¹, 김윤진¹, 조병만²부산대학교 의과대학 가정의학과 교실¹, 부산대학교 의과대학 예방의학 교실²

- 요약 -

연구배경	체지방 측정에 많이 사용되고 있는 이중에너지 X선 흡수계(DEXA)법과 생체 전기저항 분석법(BIA)법과는 다른 새로운 측정 방식의 체지방 측정기들이 많이 개발되어 사용될 것으로 예상된다. 하지만 새로운 측정기기에 대한 신뢰도와 타당도를 측정할 만한 기준은 아직 없는 실정이다. 이에 저자는 영국 고혈압 학회의 혈압계 평가 기준을 응용하여 신체 측정치법을 이용한 체지방 측정기(신체 측정치법)의 체지방 측정 능력을 평가해 보았다.
방 법	2003년 4월에서 2004년 4월까지 일개 대학병원 가정의학과를 방문하였던 성인 65명(남자:39명, 여자:26명)을 연구 대상으로 하였다. DEXA법, BIA법 및 신체 측정치법에 의한 각각의 체성분(체지방량, 근육량, 및 체지방률) 측정치를 비교해 보았다. 영국 고혈압 학회의 혈압계 평가 기준을 이용하여 체지방 측정기의 평가 기준을 정하고 이에 준하여 신체 측정치법의 체지방 측정 능력을 평가해 보았다.
결 과	BIA법과 신체 측정치법은 모두 DEXA법과 체지방량, 체지방률, %의 측정에 있어서 의미 있는 양의 상관관계를 보였으나, BIA법에 비해 신체 측정치법은 DEXA법과 약한 양의 상관관계를 보였다. 각 기기별 측정치 사이의 비교에서는 남자에서는 차이가 없었지만 여자에서는 신체 측정치법과 BIA법 사이의 체지방량 측정치에서만 유의한 차이가 있었고 이를 제외하면 신체 측정치법의 체지방량, 체지방률, %체지방률 측정치는 모두 DEXA법 및 BIA법에 의한 측정치간에 유의한 차이가 있었다. DEXA법을 기준으로 각 기기별 측정치간 오차의 허용한계는 BIA법에 비해 신체 측정치법에서 넓었다. 또한 영국 고혈압 학회의 혈압계 평가 기준을 적용하여 DEXA법을 표준기기로 신체 측정치법의 체지방 측정 능력을 평가해 보았을 때 BIA법에 비해 떨어지는 것으로 나왔다.
결 론	향후 대규모 연구를 통해 신체 구성 측정기기에 관한 정확한 기준의 확립이 필요할 것으로 생각된다. (대한임상건강증진학회지 2006;6(2):79~87)
중심단어	DEXA, BIA, 체지방

서 론

체질량 지수 및 체성분 분석 등은 비만의 중요한 진단 기준으로 이용되고 있을 뿐만 아니라 심혈관 질환과 당뇨병의 예측 지표로도 활용되고 있다.¹⁾ 이 중 체지방량을 측정하는 방법 중 체밀도법과 같은 직접 측정법은 특수한 시설이 필요하며 시간이 많이 걸리는 불편함과 측정 과정의 복잡함으로 인해 실제로

활용되는 경우는 적고 주로 연구목적으로만 이용되고 있다. 이에 반해 현재 널리 활용되어지고 있는 측정방법으로 이중에너지 X선 흡수계(dual energy X-ray absorptiometry, 이하 DEXA법) 및 생체 전기저항 분석법(bioelectrical impedance analysis, 이하 BIA법)이 있다. DEXA법은 임상적으로 체성분 분석의 기준으로 사용되고 있으며 BIA법은 DEXA법에 비해 사용이 편리하고 경제적이라는 장점이 있어 널리 사용되고 있는 실정이다. 이 두 가지 측정법에 의한 체지방량의 비교는 서로 높은 상관성을 보이고 있어 BIA법에 의한 체지방량의 측정이 비교적 DEXA법과 일치됨을 알 수 있었다.^{2,8)} 최근 체지방 측정이 가능한 가정용 체중계가 개발되었는데, 이 기기는 BIA법 및 DEXA법과 달리 일부 한국인을 대상으로 수집된 체중과 체지

* 이 논문은 2003년도 부산대학교 의학연구소 연구비(2003-01)에 의하여 연구되었음

• 교신저자 : 이 상 엽 부산대학병원 가정의학과

• 주 소 : 부산시 서구 아미동 1-10

• 전 화 : 051-240-7834

• E-mail : agiabba@orgio.net, joo-dr@hanmail.net

• 접수일 : 2006년 3월 8일 • 채택일 : 2006년 6월 8일

방물간의 상관 계수 자료에 근거하여 일련의 신체 측정치를 입력하면 체구성 성분이 계산되는 원리를 이용한다. 앞선 두 가지 측정 기기에 비해 가격이 저렴하고 크기가 작아 집에서 일반인들이 쉽게 사용할 수 있다.

오늘날 비만에 대한 높은 관심으로 볼 때 더욱 많은 간이 체지방 측정기가 개발될 것으로 예상되어지지만 새로운 기기들의 정확성을 평가할 기준은 확립되어 있지 않다. 이에 저자는 영국 고혈압 학회의 혈압계의 타당성 평가 기준을 응용하여 새로운 체지방 측정기의 정확성을 평가하는 기준을 제시해 보고자 본 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 영국 고혈압 학회의 평가 기준을 응용하여 BIA법과 DEXA법에 의한 체지방 측정치와 신체 측정치법을 이용한 체지방 측정기에(이하 신체 측정치법) 의해 측정된 체지방 측정치를 비교함으로써 신체 측정치법의 체지방 측정 능력을 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2003년 4월에서 2004년 4월까지 부산에 소재한 일개 대학 병원 가정의학과 외래를 방문한 사람들 중 본 연구의 취지에 대해 설명을 듣고 실험에 동의한 비교적 신체 건강한 20세 이상의 성인 65명(남자 39명, 여자 26명)을 본 연구의 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

신체 측정치 측정에 있어 신장은 맨발로 신장 측정계를 이용하여 소수점 한자리까지 측정하였고, 체중은 표준 체중계(헬스가드, Fanics, FA-94H)의 영점을 맞춘 후 소수점 한자리까지 측정하였다.

BIA법은 InBody 3.0(Biospace co., Ltd, Seoul, Korea)을 사용하였는데, 피검자는 가벼운 복장을 하고 신체에서 금속 성분을 모두 제거한 후 직립자세로 팔과 다리를 약간 벌린 자세를 취하고 측정계에 표시된 위치에 맨발로 올라선 후 손으로 전극 손잡이를 잡고 기계의 측정 순서대로 측정을 시행하였다. 기기에 내장된 프로그램에 의해 부위별 전기 저항에 따라 체지방량(body fat mass, FBM(kg)), 근육량(lean body mass, LBM(kg)), 체지방률(percent body fat, %BF(%))을 분석하였다.

DEXA법은 Lunar PRODIGY(GE system, Madison, WI, USA)를 사용하여 측정하였다. 피검자들은 가벼운 옷차림을 한 후 모든 착용물을 제거하고, 머리부터 발끝까지 연속적인

횡측 촬영에 의해 검사가 시행되었다. 촬영소요 시간은 10-15분이었고 노출 방사선량은 1 μ Sv 이하였으며 매일 검사 시행 전 기기의 조율을 시행하였다.

신체 측정치법은 nBody-1(CAS co., Ltd, Seoul, Korea)을 사용하여 측정하였으며 피검자가 가벼운 복장을 하고 양말을 벗은 후 검사가 시행되었다. 동일한 측정자에 의해 가슴둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레를 측정된 뒤 각각의 데이터를 입력하고, 신장은 신장 측정계를 이용하여 측정된 수치를 입력한 후, 피검자가 체중계에 올라서서 측정계의 측정 순서에 따라 검사가 시행되었다.

3. 기준 설정

현재까지 체지방 측정기의 정확도 평가 기준이 명확히 제시되어 있지 않으므로, 영국 고혈압 학회(British Hypertension Society, 이하 BHS)¹⁷⁾와 미국의료기기협회(US Association for the Advancement of Medical Instrument, 이하 AAMI)에서 제시한 혈압계의 정확성 판정 기준을 응용하여, 체지방 측정기의 정확성을 평가하였다. AAMI의 평가 기준은 표준이 되는 측정기와 실험기의 측정치를 비교하여 평균 차이가 5mmHg보다 크거나 표준편차가 8mmHg보다 크면 기준을 만족시키지 못하는 것으로 정의하고 있다.¹⁸⁾ BHS는 표준이 되는 측정기와 실험기의 측정치를 비교하여 평균의 차이가 5mmHg이하인 경우에 해당하는 누적 분율이 60%, 10mmHg이하에 해당하는 누적 분율이 85%, 15mmHg이하에 해당하는 누적 분율이 95%인 경우 A등급으로 규정하고 있으며, 각 등급에 해당하는 진단기준이 표1에 제시되어 있다(표 1).¹⁷⁾ 저자는 BHS의 기준을 응용하여 체성분 측정기의 정확도 평가에 대한 기준을 설정하였다. 본 연구에서는 기존의 연구결과들을 통해 비교적 DEXA법과 높은 상관관계를 가지면서 비만의 체성분 분석에 있어서 인정받고 있는 BIA법이 B grade 이상으로 평가될 수 있는 누적 수치를 산출했다. 그 결과 DEXA법에 의한 측정치와 비교할 기기에 의한 측정치간의 차이의 절대값은 체

Table 1. Grading criteria of blood pressure measuring devices used by the British Society of Hypertension

Grade*	Absolute difference between standard and test devices(mmHg)		
	≤5	≤10	≤15
A	60	85	95
B	50	75	90
C	40	65	85
D	Worse than C		

* Grades represent the cumulative percentage of readings falling within 5mmHg, 10mmHg, and 15mmHg of the mercury standard. All three percentages must be greater than or equal to the values shown for a specific grade to be awarded.

Table 2. Grading criteria of body composition measuring devices

Grade*	Absolute difference between standard and test devices(%)			
	LBM(kg)** , FBM(kg)*	≤1.8	≤3.6	≤5.4
	%BF(%)†	≤2.8	≤5.1	≤6.5
A		60	85	95
B		50	75	90
C		40	65	85
D	Worse than C			

* Grades represent the cumulative percentage of readings falling within 1.8kg, 3.6K, 5.4kg or 2.8%, 5.1%, and 6.5% of the DEXA standard. All three percentages must be greater than or equal to the values shown for a specific grade to be awarded.

** Lean body mass, † Fat body mass. ‡ Percent body Fat

지방량과 근육량에 있어서는 1.8kg, 3.6kg 및 5.8kg 이었고, 체지방률에 있어서는 2.8%, 5.1% 및 6.5% 이었다. 이 기준을 응용하여 만든 저자의 평가 기준은 다음의 표와 같다(표 2).

4. 통계 처리

통계 처리는 SPSS(version 10.0)을 이용하였다. DEXA법과 BIA법 및 신체 측정치법을 이용한 체성분 측정치의 남녀간의 비교는 student t 검정을 이용하여 분석하였고, 각 기기간의 측정치 차이는 분산 분석으로 비교하였다. 각 측정기기 간의 상관성은 Pearson의 상관계수를 이용하여 분석하였다. BIA법과 신체 측정치법의 상대적 정확도는 DEXA법을 기준으로 Bland-Altman plots을 이용하여 각 기기 간의 일치정도를 표현하였으며 두 측정치간 오차의 허용한계는 DEXA법을 기준으로 BIA법과 신체 측정치법에 의한 측정치 차이의 평균±2 표준편차로 정의하였다.

결 과

1. 연구 대상자들의 일반적 특성

대상자 65명 중 남자가 39명, 여자가 26명으로 남녀 비는 1.5:1.0이었다. 대상자들의 평균 연령은 25.0±5.7세이었고, 남자는 24.1±4.1세, 여자는 26.4±7.4세로 남녀간에 유의한 차이는 없었다(표 3).

2. 신체 계측치

대상자의 평균 체중은 65.2±12.3kg이었으며(남자: 72.4±10.2kg, 여자: 54.4±5.5kg), 평균 신장은 167.8±8.1cm이었다(남자: 173.1±4.8cm,

Table 3. Auxology and values measured by bioelectrical impedance analysis(BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and nBody-1 in the study subjects

	mean±standard deviation	
	Male	Female
Lean Mass(kg)		
DXA	53.30±4.91*	36.07±2.64†
BIA	53.74±5.36*	36.54±3.04‡
nBody-1	55.15±5.34*	41.17±3.13* ‡
Fat(kg)		
DXA	16.48±7.14	16.73±3.88§
BIA	15.58±5.85	15.63±3.13
nBody-1	17.27±5.94*	13.30±3.08§
%Fat		
DXA	21.95±7.22*	30.17±4.62†
BIA	20.99±5.24*	28.49±3.45‡
nBody-1	23.31±4.84	24.15±3.51* ‡

* P<0.05, between male and female by student t-test

†, ‡ P<0.001, § P<0.05, ¶ P<0.01, between each body composition among same sex ANOVA with Scheffe's post hoc test

여자: 159.7±4.5cm). 평균 체질량 지수(Body mass index, 이하 BMI)는 23.0±3.1이었으며, 남자의 BMI는 24.1±3.2, 여자의 BMI는 21.4±2.2로 남녀간에 유의한 차이를 보였다(표 3).

3. 신체 측정치법의 근육량 측정치의 정확도 분석

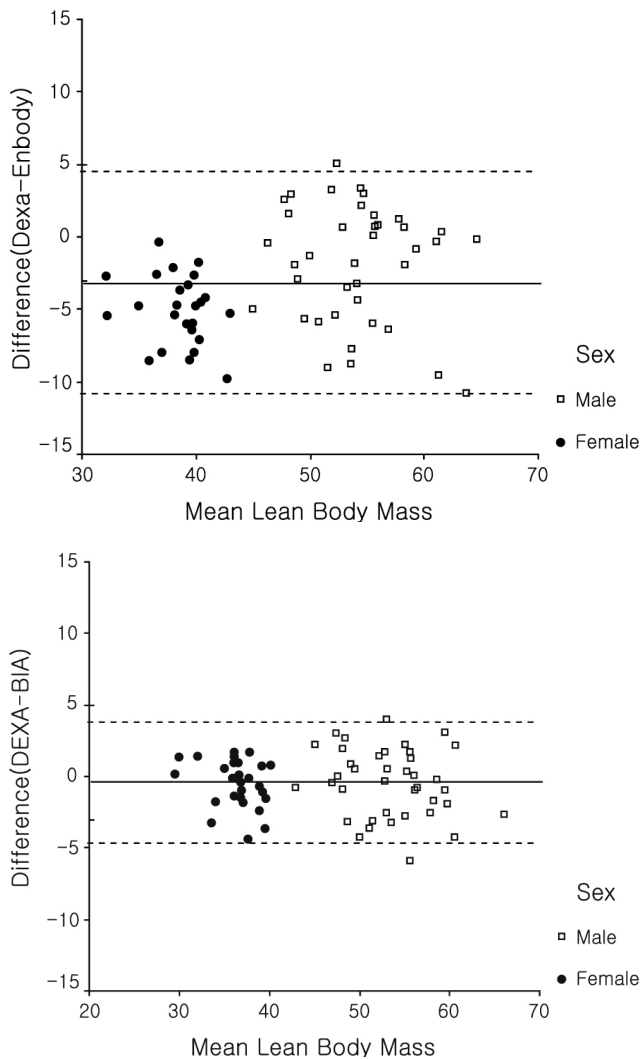
전체 대상자들의 평균 근육량은 DEXA법에 의해서는 46.4±9.5kg으로 측정되었고 BIA법에 의해서는 46.9±9.6kg, 신체 측정치법에 의해서는 49.6±8.3kg로 측정되어 각 기기별 측정치 사이에 유의한 차이는 없었다. 성별에 따른 근육량 측정에서 남자의 평균 근육량은 DEXA법에서는 남자에서 53.3±4.9kg, 여자에서 36.1±2.6kg로 남녀간에 유의한 차이가 있었다. BIA법에 의해서는 남자에서 53.7±5.4kg, 여자에서 36.5±3.0kg로 남녀간의 유의한 차이가 있었다. 신체 측정치법에 의한 측정치에서도 남자에서 55.2±5.3kg, 여자에서 41.2±3.1kg로 남녀간에 유의한 차이가 있었다. 성별에 따른 각 기기별 측정치는 남자에서는 유의한 차이가 없었으나 여자에서는 신체 측정치법과 DEXA법 및 BIA법 사이에 각각 유의한 차이가 있었다(P<0.001)(표 3).

DEXA법과 BIA법에 의해 측정된 각각의 근육량은 남녀에서 모두 의미 있는 양의 상관관계가 관찰 되었다(남자: r=0.87, 여자: r=0.83, P<0.01). DEXA법과 신체 측정치법에 의한 근육량 측정치의 비교에서도 BIA법 보다는 낮지만 DEXA법과 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었다(남자: r=0.69, 여자: r=0.68, P<0.68)(표 4).

DEXA법을 기준으로 하여 BIA법과 신체 측정치법의 측정치를 비교해 보았을 때 근육량에 있어서 DEXA법과 BIA법과의 차이의 평균은 -0.45kg이었으며 허용한계(limit of agreement; mean

Table 4. Linear regression equations and correlation coefficients for LBM, FBM, and %BF obtained from nBody-1(x) and DEXA(y) measurements.

	Sex	Linear regression equation	Correlation coefficient*
LBM (kg)	Male	$y = 18.58 + 0.64x$	$r = 0.69$
	Female	$y = 12.42 + 0.57x$	$r = 0.68$
FBM (kg)	Male	$y = -0.56 + 0.99x$	$r = 0.82$
	Female	$y = 2.38 + 1.08x$	$r = 0.86$
%BF (%)	Male	$y = 0.35 + 0.93x$	$r = 0.62$
	Female	$y = 7.88 + 0.92x$	$r = 0.70$

* $P < 0.01$ **Figure 1.** Bland-Altman plot showing the difference between (a) lean body mass(LBM) by BIA and LBM by DEXA versus mean LBM by BIA and DEXA; and (b) lean body mass(LBM) by nBody-1 and LBM by DEXA versus mean LBM by nBody-1 and DEXA

$\pm 2SD$)는 각각 상한선이 3.78kg, 하한선이 -4.68kg이었다(그림 1). DEXA법과 신체 측정치법간의 차이의 평균은 -3.15kg이었으며 허용한계는 상한선이 4.51kg, 하한선이 -10.81kg으로 신체 측정치법은 BIA법에 비해서는 넓은 허용한계를 보였다(그림 1).

4. 신체 측정치법의 체지방량과 체지방률 측정치의 정확도 분석

전체 대상자들의 평균 체지방량은 DEXA법에 의해서는 $16.6 \pm 6.0\text{kg}$ 으로 측정되었고 BIA법에 의해서는 $15.6 \pm 4.9\text{kg}$, 신체 측정치법에 의해서는 $15.7 \pm 5.3\text{kg}$ 으로 측정되어 각 기기별 측정치 사이에 유의한 차이는 없었다. 성별에 따른 체지방량 측정에서 남자의 평균 체지방량은 DEXA법에 의해서는 남자에서 $16.5 \pm 7.1\text{kg}$, 여자에서 $16.7 \pm 3.9\text{kg}$ 로 남녀간의 차이는 없었다. BIA법에 의해서는 남자에서 $15.6 \pm 5.9\text{kg}$, 여자에서 $15.6 \pm 3.1\text{kg}$ 로 남녀간의 차이는 없었다. 신체 측정치법에 의해서는 남자에서 $17.3 \pm 5.9\text{kg}$, 여자에서 $13.3 \pm 3.1\text{kg}$ 로 남녀간의 유의한 차이가 있었다. 성별에 따른 각기기별 측정치는 남자에서는 유의한 차이가 없었으나 여자에서 신체 측정치법과 DEXA법 사이에 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$)(표 3).

전체 대상자들의 평균 체지방률은 DEXA법에 의해서는 $25.2 \pm 7.5\%$ 로 측정되었고 BIA법에 의해서는 $24.0 \pm 5.9\%$, 신체 측정치법에 의해서는 $23.7 \pm 4.4\%$ 로 측정되어 각 기기별 측정치 사이에 유의한 차이는 없었다. 성별에 따른 체지방률 측정에서 남자의 평균 체지방률은 DEXA법에 의해서는 $22.0 \pm 7.2\%$, 여자에서는 $30.2 \pm 4.6\%$ 로 남녀간에 유의한 차이가 있었다. BIA법에 의해서는 남자에서 $21.0 \pm 5.2\%$, 여자에서 $28.5 \pm 3.5\%$ 로 남녀간에 유의한 차이가 있었다. 신체 측정치법에 의해서는 남자에서 $23.3 \pm 4.8\%$, 여자에서 $24.2 \pm 3.5\%$ 로 남녀간에 유의한 차이가 없었다. 성별에 따른 각기기별 측정치는 남자에서는 유의한 차이가 없었으나 여자에서는 신체 측정치법과 DEXA법 ($P < 0.001$), 신체 측정치법과 BIA법($P < 0.01$)사이에 각각 유의한 차이가 있었다(표 3).

DEXA법과 BIA법의 자료를 비교했을 때, 두 방법을 이용한 체지방량의 측정치 분석의 결과 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었고(남자; $r = 0.96$, 여자; $r = 0.93$, $P < 0.01$) 체지방률에 있어서도 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었다(남자; $r = 0.93$, 여자; $r = 0.83$, $P < 0.01$). DEXA법과 신체 측정치법의 체지방량의 측정치를 분석했을 때 BIA법 보다는 상관관계의 정도가 약하지만 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었고(남자; $r = 0.82$, 여자; $r = 0.86$, $P < 0.01$) 체지방률도 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었다(남자; $r = 0.62$, 여자; $r = 0.70$, $P < 0.01$)(표 4).

체지방량에 있어서 DEXA법과 BIA법에 의한 측정치의 차

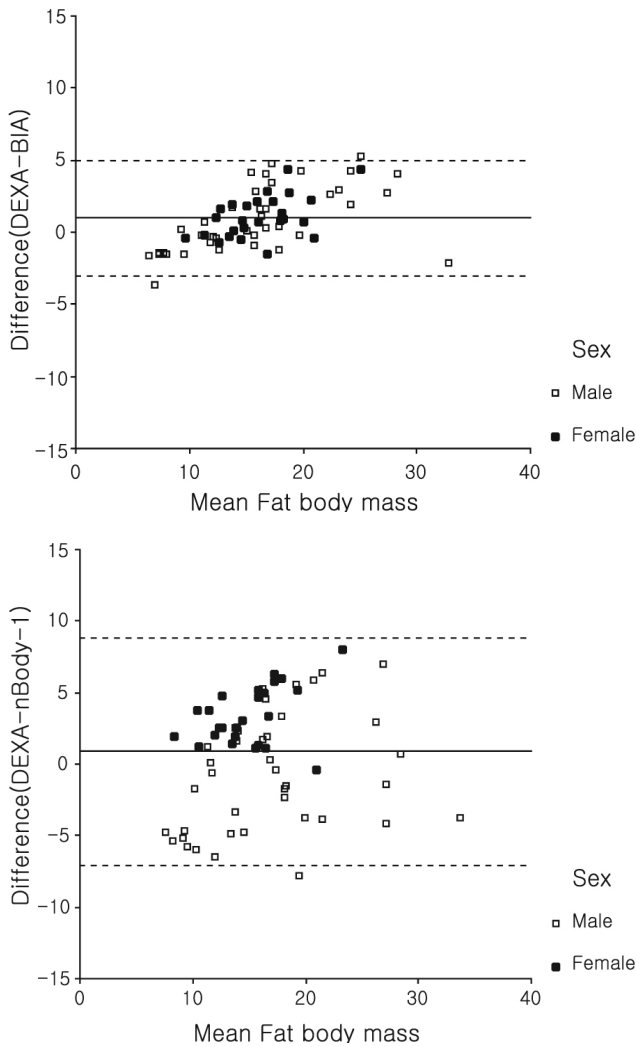


Figure 2. Bland-Altman plot showing the difference between (a) Fat body mass(FBM) by BIA and FBM by DEXA versus mean FBM by BIA and DEXA; and (b) Fat body mass(FBM) by nBody-1 and FBM by DEXA versus mean FBM by nBody-1 and DEXA

이의 평균은 0.98kg이었으며 허용한계의 상한선이 4.97kg, 하한선이 -3.01kg이었다(그림 2). DEXA법과 신체 측정치법과의 차이의 평균은 0.90kg이었으며 허용한계의 상한선은 8.85kg, 하한선은 -7.05kg으로 BIA법에 비해 넓은 허용한계를 보였다(그림 2).

체지방률에 있어서 DEXA법과 BIA법과의 차이의 평균은 1.24%이었으며 허용한계의 상한선이 7.06%, 하한선이 -4.57%이었다(그림 3). DEXA법과 신체 측정치법과의 차이의 평균은 1.59%이었으며 허용한계의 상한선이 13.69%, 하한선은 -10.51%로 BIA법에 비해 넓은 허용한계를 보였다(그림 3).

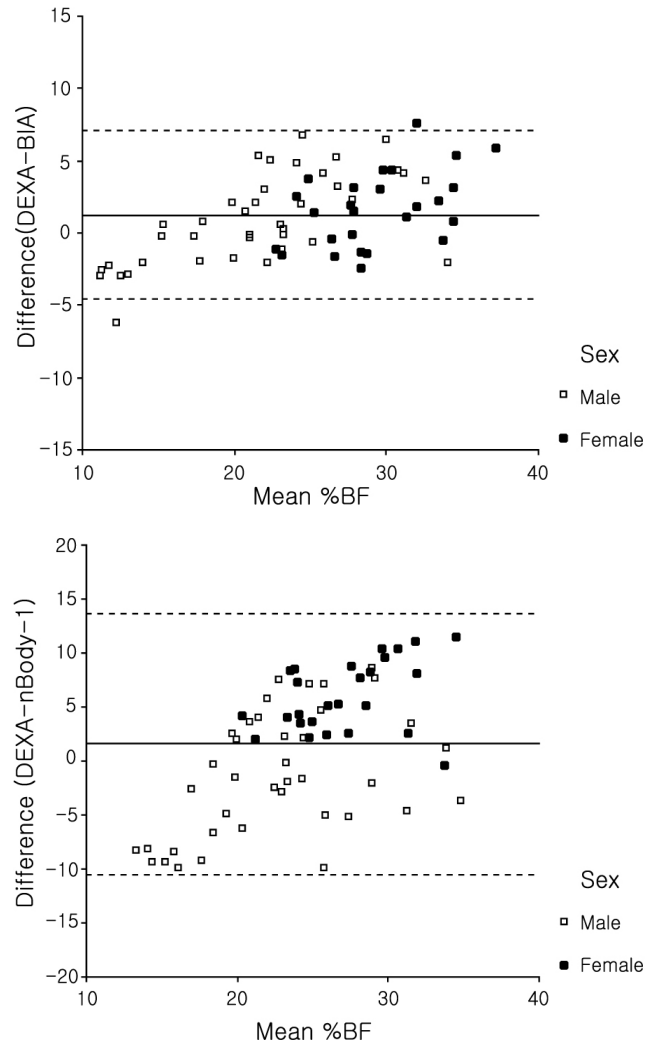


Figure 3. Bland-Altman plot showing the difference between (a) Percent body fat(%BF) by BIA and %BF by DEXA versus mean %BF by BIA and DEXA; and (b) %BF by nBody-1 and %BF by DEXA versus mean %BF by nBody-1 and DEXA

4. 새로운 평가 기준에 따른 nBody-1[®]의 신뢰도 평가

본 연구에서 제시한 새로운 평가 기준에 따른 BIA법과 신체 측정치법의 신뢰도를 분석한 결과는 표 5와 같았다. BIA법은 근육량의 측정에 있어서 남녀 모두에서 A등급에 해당되었고 지방량의 측정에 있어서 남자는 B, 여자는 A등급에 해당되었다. 그러나 신체 측정치법은 이 기준에 의해 평가되었을 때 모두 D등급에 해당되었다. 체지방률의 측정에 있어서는 BIA법은 남녀 모두에서 A등급에 해당되어 허용되었다. 신체 측정치법에서는 남자, 여자 모두 D등급에 해당되어 허용되지 못하는 것으로 나왔다.

Table 5. Reliability of body composition measuring devices using the grading criteria of blood pressure measuring device of British Hypertension Society

	Grade			Recommendation
	LBM(M/F)	FBM(M/F)	%BF(M/F)	
Inbody 3.0	A/A	B/A	A/A	Recommended
nBody-1	D/D	D/D	D/D	Not recommended

LBM: lean body mass, FBM: fat body mass, %BF: body fat percentage, M: Male, F: Female

고 찰

비만을 평가하는데 있어서 체 구성 성분을 측정하는 방법에 대한 많은 연구들이 보고되고 있으나 신체구성의 평가에 관하여 직접 측정한 것을 근거로 한 경우는 거의 없다. 이 직접 측정은 사체분해로 가능하며 in vivo에서 체지방의 평가는 간접 원리를 근거로 하여야 한다. 간접 측정에 의한 방법과 체밀도(body density) 등을 추정하여 체지방률(%BF)을 측정하는 방법이 비교적 널리 이용되고 있는데, 신체체격지수에는 신장별 표준체중을 이용한 비만도, 신체충실지수로 알려져 있는 Rohrer 지수, 폰데랄 지수, BMI 등이 있다. 그 외 방법으로 수중 체중법(underwater weighing), 칼륨법, 가스 환산법, DEXA법, 피부두께 측정법, 생체 전기저항 분석법이 있는데 이 중 수중 체중법은 수중과 물 밖에서 체중을 측정하여 밀도에 따라 체지방량을 측정하는 방법으로 현재 체지방 측정의 방법으로써 신뢰성, 객관성 및 타당성이 가장 높으나, 정확히 실시하기 위해서는 여러 특수한 장비가 필요하고 전문가적인 지식이 없으면 측정하기 힘들다는 단점이 있다.¹¹⁾ 그러므로 임상적인 목적의 전신 체지방량 측정은 BIA법을 이용한 측정법과^{19,20)} DEXA법을 이용하여 비교적 정확하게 전체 체지방량을 추정할 수 있다.²¹⁾ 이 중 DEXA법은 많은 연구들에 의해 가장 정확하다고 평가 받고 있는 수중 체중법과 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 되어 있고 임상적으로 이용되고 있는 방법 중 가장 정확하다고 인정받고 있다.^{22,24)} 또한 BIA법도 여러 연구들에 의하면 측정된 결과가 체성분분석의 표준인 수중 체밀도법 및 DEXA법으로 얻어진 결과와 상관성이 높은 것으로 보고 있다.^{9,12)} 따라서 본 저자는 새로이 개발된 신체 측정치법에 의한 체지방 측정기를 이 두 기기들과 비교함으로써 체지방 측정에 있어서 정확도를 평가해 보았다.

DEXA법을 이용한 측정법은 골다공증을 평가하기 위해 개발된 방법으로 X-ray 선을 이용하여 에너지가 다른 광자(주

로 140 KeV, 100 KeV)로 신체를 투과시켜 증폭 에너지를 측정하는 방법으로 다른 방법과 달리 인체의 3부분, 즉 골, 지방, 체성분을 나누어 측정할 수 있어 보다 민감하고 신뢰성이 있다.¹³⁾

BIA법은 체내 수분을 전기적인 방법을 이용하여 측정하는 기술로 신체에 미세한 전류를 흘렸을 때 수분, 지방, 근육, 등에서의 전류저항 및 전도성이 각각 다르게 나타나는 성질을 이용하여 전기 저항치를 측정하여 간편하게 체내 수분, 체지방 등의 신체 조성을 측정한다. 즉, 지방은 전기전도에서의 효율이 매우 떨어져 저항이 크며, 수분과 전해질을 포함하는 체 지방조직은 전류에 저항이 낮다는 점을 이용하여 간접적으로 지방량을 측정한다.^{14,15)}

DEXA법을 이용한 측정 방법은 골조직, 체지방 조직, 지방 조직이 이중 X-선 에너지를 감쇠시키는 성질을 이용한 것으로 체지방의 측정에 있어서 가장 정확하다. 그러나 고가의 장비인데다 전문적인 지식을 가진 방사선사가 기계를 조작해야 하고 기계의 부피가 큰 단점이 있어서 규모가 작은 병원(의원급)이나 체력센터 등에서 활용하기엔 무리가 따른다. 최근엔 신체 계측을 이용한 방법보다 객관성이 높은 BIA법이 의료기관이나 체력센터, 영양학 관련기관 등에서 많이 활용되고 있다. 현재 가장 널리 쓰이는 BIA법을 이용한 체지방 측정은 저항의 측정을 위한 정밀도 오차가 낮기에 높은 정밀도를 요하는 체 구성 성분 측정을 위해 매우 유용하며, 더욱이 훈련되지 않은 관찰자도 정확한 해석을 할 수도 있다. 그러나 BIA법 또한 가정에서 사용하기엔 고가인데다 부피가 큰 편이어서, 가정에서 이용하기엔 다소 무리가 따른다. 이에 반해 최근 개발된 신체 측정치법은 간이 체지방 측정기로 기존의 체중계 정도의 크기인데다 비교적 저렴한 가격으로 소규모의 체력 센터 및 가정에서 간편하고, 반복적으로 비만 환자의 체지방 측정을 용이하게 할 것으로 기대된다. 또한 비만 환자 관리에서 당뇨나 혈압 환자의 관리에서 자가 혈압 측정 및 자가 혈당 측정방법이 이용되는 것처럼 자가 체지방 측정을 가능하게 하여 환자 관리 및 비만 치료에 많은 도움을 줄 것으로 생각되어진다. 또한 좀 더 짧은 기간의 체지방 변동을 측정 할 수 있어 비만 연구에 많은 도움을 줄 것으로 생각되어진다.

하지만 본 연구에서 기존의 DEXA법과 BIA법과의 상관계수를 구해본 결과 BIA법에 비해 신체 측정치법이 상관관계가 약하기는 하나, DEXA법과 유의한 상관성이 관찰되었다. 본 연구 결과 BIA법과 DEXA법은 알려진 대로 남자에서 근육량이 많고, 여자에서는 상대적으로 높은 체지방률을 가지고 있다는 사실을 잘 반영해 주고 있으나 신체 측정치법에 의한 측정치는 남녀에서 체지방률이 의 미 있게 차이가 나지 않는

다. 이는 체중과 체지방률의 상관관계에 대한 데이터를 기준으로 간접적으로 체지방률을 계산하는 이 기계의 원리를 고려할 때 실제적으로 남녀의 차이가 있음에도 불구하고 같은 계산식을 이용하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로 이 측정기를 사용할 때 남녀별로 다른 계산식을 사용해야 됨을 시사한다. 또한 현재 가장 정확한 간접 측정 방법인 DEXA법을 표준기기로서 임의로 정한 뒤 만들어 본 평가 기준에 따라 기기의 신뢰도를 비교한 결과 BIA법에 비해 신체 측정치법의 신뢰도가 떨어지는 것으로 나왔다.

본 연구에서 DEXA법을 표준기기로 임의로 정한 기준에 의해 신체측정치법의 신뢰도를 평가하고, 반복 측정에 의한 측정치의 재현성에 대한 평가가 이루어지지 못한 제한점이 있으나, 신체 측정기기의 기준 확립에 대한 필요성을 제시한다는 점에서 그 의의를 둘 수 있다.

결론적으로 신체 측정치법은 손쉬운 사용, 저렴한 비용 및 연속적인 체지방 측정 등에 유용하게 쓰일 수 있으나, 성별에 따라 서로 다른 계산식을 사용하여 체지방, 체지방률 등을 구해야 한다는 개선점을 가지고 있다. 본 연구에서 제시한 신체 구성 측정기기의 신뢰도 평가를 위한 평가 기준은 본 연구의 데이터에 근거하여 임의로 정해 본 기준이므로 앞으로 대규모 연구를 통해 신체 구성 측정기기에 관한 정확한 기준의 확립이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Seidell JC, Deurenberg P, Hautvast JGAJ. Obesity and fat distribution in relation to health current insights and recommendations. *World Rev Nutr Diet* 1987;50:57-91.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60:1327-1332.
- Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, van Itallie TB. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *J Appl Physiol* 1985;58:1565-1571.
- Haarbo J, Marslew U, Gotfredsen A. Postmenopausal hormone replacement therapy prevents central distribution of body fat after menopause *Metabolism* 1991;12:1323-1326.
- Heitmann BL. Prediction of body water and fat in adult Danes from measurement of electrical impedance: A validation study. *Int J Obes* 1990;14:789-802.
- Lohmsen TG. Research progress in validating of laboratory methods of assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:596-603.
- Svendsen OL, Haarbo J, Heitmann BL, et al. Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *AM J Clin Nutr* 1991;53:1117-23.
- 조연희, 최성근, 김덕윤, 우정택, 김성운, 양인명. 연령 증가에 따른 체지방량 변화의 생체전기 저항 측정법과 이중에너지 X선흡수계 측정법의 비교 계측. *대한비만학회지* 1997;6(1):59-66.
- Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by electrical impedance method. a comparative study. *J Appl Physiol* 1985;58:1565-71.
- Rising R, Wsinburn B, Larson K, Ravussin E. Body composition in Pima Indians: validation of bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1991;53:594-598.
- Stewart SP, Bramley PN, Heighton R, Green JH, Horsman A, Losowsky MS. Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: comparison with dual-energy x-ray absorptiometry. *Brit J Nutr* 1993;69:645-55.
- Brodowicz GR, Mansfield RA, McClung MR, Althoff SA. Measurement of body composition in the elderly: dual energy x-ray absorptiometry, underwater weighing, bioelectrical impedance analysis, and anthropometry. *Gerontology* 1994;40:332-9.
- Mazess RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 1990;51(6):1106-21.
- 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(4):810-7.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60(4):1327-32.
- 김현수, 이윤나, 모수미, 최혜미. 중학생의 간접적 비만 판정에 관한 고찰. *한국지질학회지* 1994;4:41-9.
- O'Brien E, Petrie J, Littler W, de Swiet M, Padfield PL, O'Malley K et al. The British Hypertension Society protocol for the evaluation of automated and semi-automated blood pressure measuring devices with special reference to ambulatory systems. *J Hypertens* 1990;8:607-19.
- Association for the Advancement of Medical Instrumentation. American national standard for electronic or automated sphygmomanometers. AAMI/AAMI SP10-1987. Arlington, VA: AAMI. 1987:25
- Hoffer E, Meador C, Simpson D. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 1969;27:531-534.
- Cornish B, Ward L, Thomas B, Jebb SA, Elia M. Evaluation of

- multiple frequency impedance and Cole-Cole analysis for assesment of body water volumes in healthy humans. *Eur J Clin Nutr* 1995;50:159-164.
21. Schlemmer A, Hassager C, Haarbo J, Christiansen C. Direct measurement of abdominal fat by dual photon absorptiometry. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1990;14:603-611.
22. Pritchard JE, Nowson CA, Strauss BJ, Carlson JS, Kaymakci B, Wark JD. Evaluation of dual energy X-ray absorptiometry as a method of measurement of body fat. *Eur J Clin Nutr*. 1993;47(3):216-28.
23. Haarbo J, Gottfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clin Physiol*. 1991;11(4):331-41.
24. Johansson AG, Forslund A, Sjodin A, Mallmin H, Hambræus L, Ljunghall S. Determination of body composition--a comparision of dual-energy x-ray absorptiometry and hydrodensitometry. *Am J Clin Nutr* 1993;57(3):323-6.

[Abstract]

Measuring Performance Evaluation of Body Fat Measuring Instrument Applying Body Measuring Value Method

Dong wook Jeong¹, Sang Yeoup Lee¹, Hong Gi Min¹, Yong Joo Kim¹, Sang Han Choi¹,
Yun Jin Kim¹, Byoung Man Cho²

Department of Family Medicine, College of Medicine, Pusan National University¹,
Department of Preventive medicine, College of Medicine, Pusan National University²

Background	There are many newly developed body fat measuring instruments. However, the standard evaluate reliability and validity of measuring instrument has not established yet. So, we studied to assess performance of body fat measuring instruments(body measuring value method) applying methods of evaluating sphygmomanometer by British Hypertension Society.
Methods	Sixty-five adults(male: 39, female: 26) participated this study. The body composition(fat body mass(FAB), lean body mass(LBM) and body fat percentage(%BF)) of subjects measured by dual energy X-ray absorptiometry(DEXA), bioelectrical impedance analysis(BIA) and newly developed instrument, nBody-1. Assessing standard of body fat measuring instruments, we used evaluating methods of sphygmomanometer by British Hypertension Society.
Results	The LBM, FBM and %BF measured by BIA and nBody-1 significantly correlated with DEXA, but nBody-1 weakly correlated with DEXA than BIA. In the men, there were no differences in the values measured by DEXA, BIA, nBody-1. However, In the women, there were significant difference in the values measured between insruments. Among measuring value by each instrument on the basis of DEXA was large limit of agreement in the value by nBody-1 compared to BIA. According to apply methods of evaluating sphygmomanometer by British Hypertension Society. the validity of nBody-1 for body fat measuring applying did not seem to reach standard.
Conclusions	Measuring values by newly developed body fat measuring instruments correlated with the ones by DEXA and BIA but they did not satisfy assessment standard presented in this study. (Korean J Health Promot Dis Prev 2006;6(2):79~87)
Key words	body fat, DEXA, BIA

• Address for correspondence : Sang Yeoup Lee
Department of Family Medicine, College of Medicine, Pusan
National University
• Tel : 051-240-7834
• E-mail : agiabba@orgio.net, joo-dr@hanmail.net