

체성분분석기 InBody 3.0으로 측정된 허리둘레 및 허리-엉덩이 둘레비의 정확도

울산대학교 의과대학 서울아산병원 가정의학과, (주)바이오스페이스¹

정영진 · 박지영 · 차기철¹ · 박혜순

Accuracy of Waist Circumference and Waist-hip Ratio Measured by InBody 3.0

Young Jin Jeong, Jee Young Park, Ki Chul Cha¹ Ph.D., Hye Soon Park

Department of Family Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine
Biospace Co. Korea¹

요 약

연구배경: 비만의 평가에 있어 지방 분포를 파악하기 위하여 허리둘레의 측정이 강조되고 있다. 체성분분석기 InBody 3.0에서는 허리 및 엉덩이 둘레를 자동으로 측정하여 결과를 제시하고 있으며 간편함을 이유로 그 결과가 많이 이용되고 있다. 이에 체성분분석기 InBody 3.0에 의해 측정된 허리둘레, 엉덩이둘레 및 허리-엉덩이 둘레비(WHR)의 정확성에 대해 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

방법: 일개 종합병원 비만클리닉을 방문하여 체성분분석기 InBody 3.0을 사용한 345명을 대상으로 훈련된 1명의 측정자에 의하여 허리둘레 (늑골 하단과 장골능의 중간부위: 배꼽 부위: 장골능 상부) 및 엉덩이둘레 (엉덩이의 가장 튀어나온 부위)를 줄자로 측정하였다. 체성분분석기 InBody 3.0에 의해 자동 계측된 값들과 수동 측정된 허리둘레, 엉덩이둘레 및 WHR 대해 비교하였다.

결과: Inbody 3.0에 의해 자동 계측된 허리둘레는 각각의 측정 부위에서 수동 측정된 수치들보다 각각 평균 7.81 ± 5.72 cm, 4.20 ± 6.51 cm, 4.68 ± 5.99 cm 유의하게 더 큰 것으로, 허리-엉덩이 둘레비(WHR)의 경우에도 각각 0.067 ± 0.060 , 0.031 ± 0.063 , 0.036 ± 0.060 로 더 높은 값을 보였으며, 이러한 차이는 체질량지수가 높을수록 더 크게 나타났다($p < 0.05$). 수동 측정된 허리둘레 및 WHR에 의한 복부비만을 참값으로 하여 자동 계측의 정확도를 살펴보았을 때 부위별 위양성률이 7~17%로 나타났다.

결론: 체성분분석기 InBody 3.0에서 계측된 허리둘레 및 WHR은 자동으로 측정된다는 간편함이 있지만 실제치보다 과대 평가하는 경향을 보였다. 지방 분포 및 복부비만의 평가를 위해서는 줄자를 이용하여 정확하게 측정하는 것이 중요하다.

중심단어: 체성분분석기, 허리둘레, 허리-엉덩이 둘레비, 정확도

서 론

비만은 심혈관 질환의 독립적 위험인자로 알려져 있으며¹⁾, 특히 지방 분포에 따라 질병 이환율에 차이가 있음이 보고된 후로 복부비만의 중요성이 강조되고 있다²⁾. 이러한 복부비만의 평가에 있어서 흔히 사용되는 지표로는 허리둘레 (Waist Circumference), 허리-엉덩이 둘레비 (Waist-Hip Ratio: WHR) 등이 있으며, 특히 허리둘레는 내장 지방 및 심혈관 질환의 위험을 가장 잘 반영하는 지표로 인정되고 있다³⁾. 복부비만의 평가에 있어서 허리둘레가 지방 분포를 선별하는데 있어서 WHR보다 더 정확하며 중심성 비만을 측정하는 간단하고 예민한 측정 도구라고 하였다⁴⁾.

세계보건기구 (WHO)⁵⁾ 및 미국의 국립보건원 (NIH)의 지침에⁶⁾ 의하면 비만의 평가시 허리둘레 측정에 의한 복부비만 평가에 대해서 그 중요성을 강조하였으며 비만의 정도가 같다고 하더라도 복부비만의 유무에 따라 건강위험도가 달라짐을 언급하였다. 허리둘레의 측정방법으로는 기관마다, 연구자마다 차이를 보이고 있어, WHO에서는 늑골 하단과 장골능 상부의 중간부위에서⁵⁾, 미국의 NIH에서는 장골능 바로 윗 부분에서 측정하도록 권유하고 있으며⁶⁾, 일부 연구자는 배꼽 부위에서 측정하기도 하였다⁷⁾. 측정자간, 측정자내 오류를 최대한 줄이기 위하여⁸⁾ 일정한 부위에서 일관성 있게 측정하는 것이 중요하다.

한편, 국내에서 체성분분석기들이 시판되면서 일부 기구에서는 허리둘레, 엉덩이둘레 및 허리-엉덩이 둘레비를 제시하고 있으며, 간편하다는 이유로 일부 측정자들은 그 결과를 복부비만의 평가에 사용하고 있다. 체성분분석기 Inbody 3.0은 생체전기저항분석법 (Bioimpedence analysis)의 원리를 이용하여⁹⁾ 체지방률을 타당하게 측정할 수 있는 도구로써 피측정자의 체지방률, 체지방량, 근육량 등을 제시하고 있어 신체 구성 성분 분석용으로 많이 사용되고 있다. 부수적인 결과로 허리둘레, 엉덩이둘레, WHR에 의한 복부비만의 평가가 출력되고 있지만 그 기구에 의해 측정되는 지방 분포 평가의 원리나 정확도에 관해서는 검증된 바가 없다. 이에 Inbody 3.0에 의해 자동적으로 측정된 허리둘레, 엉덩이둘레 및 WHR에 대한 정확성에

대해 검증하고자 본 연구를 시행하였다.

방 법

1. 연구대상 및 방법

일개 종합병원 비만클리닉을 방문하여 체성분분석기 InBody 3.0을 사용한 345명을 대상으로 하였다. 신장 및 체중은 직립 상태로 신발을 벗은 상태에서 동일한 신장-체중계로 0.1 kg, 0.1 cm까지 측정하였다. 허리둘레는 잘 훈련된 1명의 측정자에 의해 다음과 같은 세 곳에서 측정하였다. 첫째, WHO에서 권장하는 늑골 하단과 장골능 상부의 중간부위에서⁵⁾, 둘째, 배꼽 부위에서⁷⁾, 셋째, 미국의 NIH에서 권장하는 장골능 바로 윗 부분에서 측정하였다⁶⁾. 피측정자는 숨을 편히 내쉬 상태에서 양발 간격을 25~30 cm 정도 벌리고 서서 체중을 균등히 분배시키고, 줄자가 연부조직에 압력을 주지 않게끔 하고 줄자가 바닥과 수평을 유지하도록 하면서 0.1 cm까지 측정하였다⁶⁾. 엉덩이 둘레는 엉덩이에서 가장 돌출된 부분에서 0.1 cm까지 측정하였다^{5,6)}. 허리-엉덩이 둘레비는 각각의 부위에서 측정한 허리둘레를 엉덩이둘레로 나누어 구하였다. Inbody 3.0에 의해 신체 구성 성분 및 둘레를 측정하였는데, 피측정자로 하여금 양말을 벗은 상태에서 직립 상태로 양손과 양발에 약한 교류 전류를 흐르게 하였다. 생체전기저항에 의해 신체 구성 성분에 대해 측정이 되고, 부수적으로 지방 분포에 해당하는 허리둘레, 엉덩이둘레 및 허리-엉덩이 둘레비가 자동 계측되어 출력된 자료를 이용하여 분석하였다.

2. 통계 분석

자동 계측된 허리둘레 및 허리-엉덩이 둘레비와 수동 측정된 허리둘레 및 허리-엉덩이 둘레비와의 상관계수는 Pearson 상관분석을 이용하여 산출하였다. 자동 계측치와 수동 측정치의 일치도를 보기 위하여 paired t-test를 사용하여 두 값에 유의한 차이가 있는지 분석하였다. 피측정자의 특징에 따라 오차의 정도에 차이가 나는지는 분산분석 (ANOVA)을 시행하여 알아보았다. 자동 계측치에 의한 복부비만의 평가의 정확도 (accuracy)를 알아보기 위하여 각각의 위치에

Table 1. Anthropometric Variables in the Study Subjects

Variables	Female (n=261)	Male (n=84)
Age (yr)	40.1±15.0	36.8±16.6
Weight (kg)	68.5±11.9	81.3±18.0
BMI (kg/m ²)	27.9± 4.4	28.7± 4.1
WC (a)(cm)	93.6±11.9	96.7±13.5
WC1 (cm)	84.9± 8.6	92.8±10.2
WC2 (cm)	89.4±10.4	93.6± 9.8
WC3 (cm)	88.9±10.0	93.8±10.2
HC (a)(cm)	100.8± 7.5	102.8± 9.1
HC (cm)	99.5± 7.5	100.2± 7.5
WHR (a)	0.93±0.06	0.95±0.05
WHR1	0.85±0.06	0.92±0.05
WHR2	0.90±0.07	0.92±0.04
WHR3	0.89±0.07	0.93±0.05

WC(a): Waist circumference measured by Inbody 3.0

HC(a): Hip circumference measured by Inbody 3.0

WHR(a): WHR measured by Inbody 3.0

WC1: Waist circumference measured by nonelastic tape at the midpoint between lower border of the rib cage and the iliac crest

WC2: Waist circumference measured by nonelastic tape at the umbilical level

WC3: Waist circumference measured by nonelastic tape at the iliac crest

HC: Hip circumference measured by nonelastic tape at the widest area of buttock

WHR1:WC1/HC; WHR2:WC2/HC; WHR3:WC3/HC

Table 2. Mean Differences of the Values between Automatic Measurement and Manual Measurements of the Waist Circumference, Hip Circumference and WHR

	Mean±S.D. (Range)
WC(a)-WC1(cm)	7.81±5.72 (-8.2~24.2)
WC(a)-WC2(cm)	4.20±6.51 (-16.3~20.0)
WC(a)-WC3(cm)	4.68±5.99 (-9.7~18.9)
HC(a)-HC(cm)	1.60±6.20 (-9.4~13.1)
WHR(a)-WHR1	0.67±0.60 (-0.07~0.27)
WHR(a)-WHR2	0.31±0.63 (-0.14~0.23)
WHR(a)-WHR3	0.36±0.60 (-0.15~0.26)

All differences are statistically significant in p-value <0.05 by paired-t test

WC(a): Waist circumference measured by Inbody 3.0

HC(a): Hip circumference measured by Inbody 3.0

WHR(a): WHR measured by Inbody 3.0

WC1: Waist circumference measured by nonelastic tape at the midpoint between lower border of the rib cage and the iliac crest

WC2: Waist circumference measured by nonelastic tape at the umbilical level

WC3: Waist circumference measured by nonelastic tape at the iliac crest

HC: Hip circumference measured by nonelastic tape at the widest area of buttock

WHR1:WC1/HC; WHR2:WC2/HC; WHR3:WC3/HC

결 과

1. 연구대상자의 기본적인 특성

연구대상자 345명 중 여자가 261명 (75.6%)이었고, 남자가 84명 (25.3%)이었다. 연령 분포는 20대, 30대, 40대, 50대, 50대 이상이 각각 15.3%, 13.9%, 18.8%, 25.5%, 26.4%로 평균 연령은 39.4±15.4세였고, 체질량지수 (kg/m²) 분포는 25미만, 25.0~26.9, 27.0~29.9, 30이상이 각각 21.7%, 22.0%, 32.4%, 23.7%로 평균 체질량지수는 28.1±4.3 kg/m²이었다. 연구대상자의 성별에 따른 신체 계측은 Table 1과 같다 (Table 1).

서 수동 측정치를 참값으로 한 복부비만의 정의에 따라 자동 계측치의 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 위양성(false positive), 위음성(false negative), 양성 예측도(positive predictive value), 음성예측도(negative predictive value)를 산출하였다. 복부비만의 정의는 수동 측정치에서 남자의 경우 >90 cm, 여자의 경우 >80 cm로 하였고¹⁰⁾, WHR에 의한 정의로는 남자의 경우 >0.90, 여자의 경우 >0.85로¹¹⁾ 하였다. 통계 프로그램은 SAS 8.02을 사용하였으며 p값이 0.05 미만일 때 유의하다고 판정하였다.

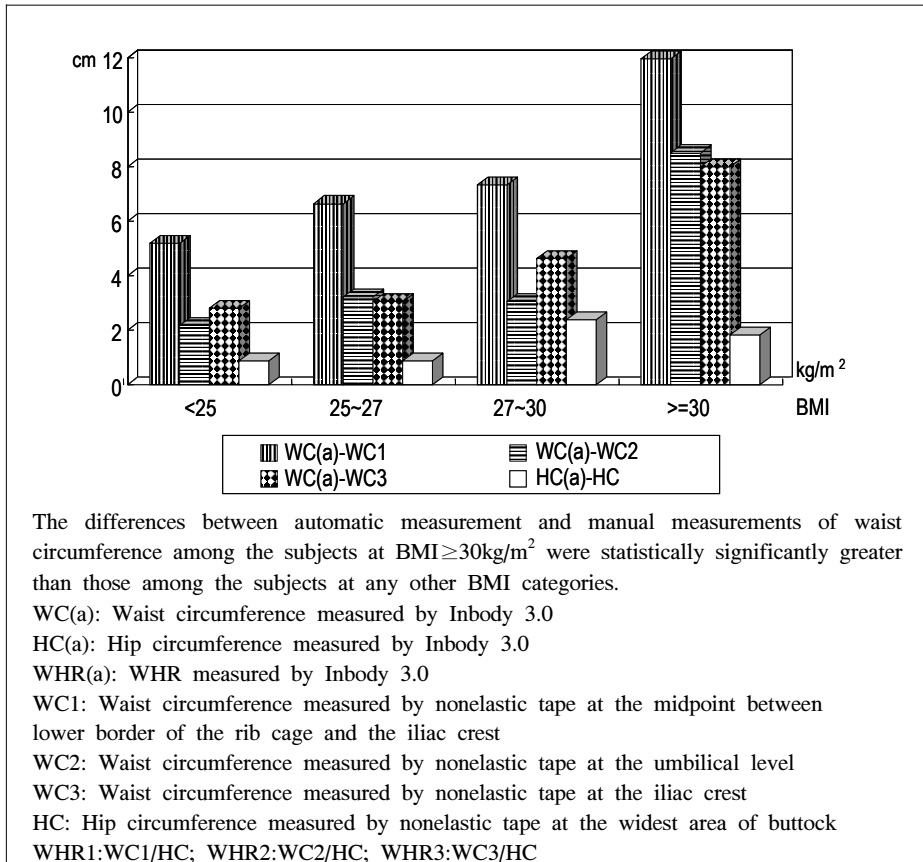


Fig. 1. Mean differences of the values between automatic measurement and manual measurements of the waist circumference and hip circumference according to body mass index of the study subjects

2. 자동 계측치와 수동 측정치와의 일치도

자동 계측된 허리둘레와 중간 부위, 배꼽 부위, 장골 립 상부 세 곳에서 수동 측정된 허리둘레의 상관계수는 0.86, 0.82, 0.85였으며, 엉덩이 둘레에 대한 자동 계측치와 수동 측정치와의 상관계수는 0.77이었다. 자동 계측된 WHR과 각각의 부위에서 수동 측정된 허리둘레를 엉덩이둘레로 나눈 값들과의 상관계수는 0.51, 0.51, 0.51였다. 자동 계측된 허리둘레 및 엉덩이둘레와 세 곳에서 수동 측정된 허리둘레 및 엉덩이둘레 수치와의 평균 차이는 각각 $7.81 \pm 5.72 \text{ cm}$, $4.20 \pm 6.51 \text{ cm}$, $4.68 \pm 5.99 \text{ cm}$, $1.60 \pm 6.20 \text{ cm}$ 였으며, WHR의 경우에는 0.67 ± 0.60 , 0.31 ± 0.63 , 0.36 ± 0.60 로 모두 그

차이가 유의한 것으로 나타났다. 허리둘레의 경우 최소 8.2 cm에서 최대 24.2 cm까지 차이를 보였다(Table 2). 허리둘레의 경우 자동 계측치와 실측치와의 차이는 체질량지수가 높을수록 그 차이가 더 심해짐을 알 수 있었다(Fig. 1).

3. 자동 계측치의 민감도, 특이도, 위양성, 위 음성, 양성예측도 및 음성예측도

수동으로 측정된 허리둘레와 허리-엉덩이 둘레비를 참값으로 하여 그에 의한 복부비만을 정의하였다. 복부비만을 허리둘레에 의한 정의로는 남자 $>90 \text{ cm}$, 여자 $>80 \text{ cm}$ 로 하였고, WHR에 의한 정의로는 남자 >0.90 , 여자 >0.85 로 하였을 때, 각각의 위치별 참값에

Table 3. Accuracy of Assessment of Abdominal Obesity* by Automatic Measurements of Waist Circumference and WHR by Inbody 3.0 Compared to the Abdominal Obesity by Manual Measurements at each site as Golden Standards

(%)

	Sensitivity	Specificity	False (+)	False (-)	Positive predictive value	Negative predictive value
Abdominal obesity assessed by waist circumference at each site as golden standards						
WC1	97.42	88.43	11.57	2.58	74.92	98.98
WC2	96.25	92.62	7.38	3.75	84.82	98.30
WC3	97.04	93.39	6.61	2.96	86.47	98.94
Abdominal obesity assessed by WHR at each site as golden standards						
WHR1	98.97	82.90	17.10	1.03	61.74	99.65
WHR2	96.40	89.06	10.94	3.60	77.49	98.45
WHR3	96.83	89.50	10.50	3.17	78.46	98.62

* Abdominal obesity: >90 cm in men, >80cm in women by waist circumference, >0.90 in men, >0.85 in women by WHR

WC(a): Waist circumference measured by Inbody 3.0

HC(a): Hip circumference measured by Inbody 3.0

WHR(a): WHR measured by Inbody 3.0

WC1: Waist circumference measured by nonelastic tape at the midpoint between lower border of the rib cage and the iliac crest

WC2: Waist circumference measured by nonelastic tape at the umbilical level

WC3: Waist circumference measured by nonelastic tape at the iliac crest

HC: Hip circumference measured by nonelastic tape at the widest area of buttock

WHR1: WC1/HC WHR2: WC2/HC WHR3: WC3/HC

대한 자동 계측치의 정확도를 살펴보면, 민감도와 음성 예측도가 높은 것에 비해 양성 예측도는 낮은 편이었고 위양성률이 부위에 따라 7~17%로 나타났다 (Table 3).

고 찰

비만의 평가에 있어 전체 비만도와 더불어 지방 분포 측정의 중요성이 강조되고 있어 무증상 성인에서도 선별검사로 체질량지수 및 허리둘레를 매 2년마다 한번씩 측정할 것을 권고하고 있다⁶⁾. 허리둘레는 과거에 지방 분포의 지표로 사용되었던 허리-엉덩이 둘레비에 비해 내장지방 축적 양상을 잘 반영하면서^{12~14)} 간편하게 측정할 수 있다는 장점이 있으며, 비록 인구집단에 따른 차이가 있지만 심혈관질환의 위험인자 및 다

른 만성질환의 변화를 반영한다고^{15~17)} 알려져 있어 지방 분포의 평가 도구로 추천되고 있다. 단체마다 측정 부위는 다양하지만 줄자를 이용하여 일정한 위치에서 같은 조건에서 측정할 것을 권유하고 있다. 국내의 일부 허리둘레의 신뢰도에 대한 연구에 의하면 장공능 상부에서 허리둘레를 측정하는 것이 체질량지수와 연관성이 높으면서 재현성이 가장 높다고 하였다¹⁸⁾.

최근 우리나라에서 독자적으로 개발된 체성분분석기 InBody는 생체전기저항법 (Bioelectrical Impedance Analysis: BIA)에 의하여^{9,19,20)} 신체내의 체지방량을 측정하는 기구이다. 체지방량, 체지방률, 수분량을 측정함에 있어서 신뢰도가 높고 비싸지 않으며 간편하다는 장점이 있는 신체 구성 성분 측정에 대해서는 아시아²¹⁾ 및 국내 연구에서도²²⁾ 그 타당도에 대해 검증받은 바 임상에서 체지방량 측정을 위해서 많이 사용되

고 있다. 최근 개발된 Inbody 3.0에서는 허리둘레, 엉덩이둘레 및 WHR과 같은 지방 분포가 출력되고 있어 일부에서는 그 결과에 의해 복부비만 유무를 평가해주고 있다. 그 기구에 의한 허리둘레 및 엉덩이둘레 측정 원리는 부위별 제지방의 부피를 산정하고 부위별 길이를 이용하여 면적을 계산한 후, 그 면적을 통해 둘레를 계산하는 방식으로 측정한다는 원리를 이용하고 있다. 이러한 과정에서 몇 가지 가정을 통한 변수가 회귀식에 포함되어 산출하게 되어 있다.

본 연구 결과에서 자동 계측치가 WHO에서 권고하는 부위에서 줄자로 정확하게 측정한 허리둘레의 실측치보다는 7.8 cm, 배꼽 부위 및 NIH에서 권고하는 부위에서의 실측치보다는 4.2~4.6 cm 많은 것으로 나와 허리둘레가 전반적으로 과대평가 됨을 알 수 있었다. 실측치보다 최소 8.2 cm가 적게 측정되거나 최대 24.2 cm가 많이 측정됨으로써 개별적으로는 복부비만 유무를 잘못 판정할 소지가 있으며, 특히 비만의 정도가 심할수록 그 오차는 더 커지는 것으로 나타났다. 엉덩이둘레는 허리둘레에 비해 평균 오차의 정도는 적었지만 역시 실측치와 최소 9.4 cm 적게 측정되거나 최대 13.1 cm 많이 측정되었으며, WHR의 경우도 각 부위에 따른 실측치와 평균 0.31에서 0.67 정도의 차이를 보여 기계에 의한 측정만을 신뢰할 수 없음을 알 수 있었다. 복부비만을 판정함에 있어서 위양성률이 높은 편이어서 복부비만이 아니면서도 복부비만이라고 판정될 확률이 약 7~17%로 추정된다. 피측정자들에게 복부비만에 대해 경각심을 줄 수는 있지만 복부비만이 과다 진단됨에 따른 과다 치료 및 부작용 또한 무시되어서는 안 될 것으로 생각된다.

세 부위에서의 수동 측정된 실측치들을 비교해 보면 배꼽 부위 및 장골능 상부에서의 측정치보다 늑골 하단부와 장골능 상부의 중간 부위에서 측정한 값이 자동 계측치와 가장 많은 차이를 나타낸 것을 보면, Inbody 3.0에 의해 자동 산출되는 수치는 WHO에서 권고하는 부위보다는 배꼽 부위나 NIH에서 권고하는 위치에서의 측정치에 좀 더 근접하다고 볼 수 있다. 이러한 자료를 바탕으로 Inbody에서 신체 둘레를 간접적으로 산출하고자 할 때 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 비만클리닉에 내원한 사람들을 대상으로 시행한 연구이기 때문에 전 인구집단에 대한 대표성이 부족한 점을 들 수 있다. 그러나 Inbody 3.0의 사용이 정상 체중인보다는 과체중 및 비만 환자에서 주로 이루어지는 점을 감안하면 크게 문제되지는 않을 것으로 보인다. 체성분분석기 InBody 3.0에서 측정된 허리둘레 및 엉덩이둘레가 자동으로 출력된다는 간편함이 있기는 하지만 아직 그 효용성이 부족하므로 복부비만 평가시에는 반드시 줄자를 사용하여 일정한 부위에서 정확하게 측정하는 것이 필요하다.

ABSTRACT

Background: Assessment of waist circumference is being emphasized for the evaluation of fat distribution. InBody 3.0, a body composition analyzer device, automatically measures waist circumference, hip circumference, and waist-hip ratio (WHR), thus its results are widely utilized due to its convenience. The purpose of this study was to assess the accuracy of the waist circumference, hip circumference, and WHR measurements obtained through InBody 3.0.

Method: The participants involved 345 patients who visited the obesity clinic in a hospital and had been evaluated by InBody 3.0. Waist circumference (midpoint between the lower border of the rib cage and the iliac crest; umbilical level; top of the iliac crest) and hip circumference (the widest area of the buttock) were measured manually by a single trained personnel. The waist, hip circumferences, and WHR obtained by InBody 3.0 were compared with the waist, hip circumferences, and WHR obtained by manual unelastic tape measurement.

Results: The waist circumference obtained by inbody 3.0 was significantly greater than the manually measured values at three different levels by 7.81 ± 5.72 cm, 4.20 ± 6.51 cm, 4.68 ± 5.99 cm; waist

to hip ratio was also shown to be greater by 0.067 ± 0.060 , 0.031 ± 0.063 , 0.036 ± 0.060 at each levels of waist measurement and this difference increased in proportion to BMI of the subjects ($p < 0.05$). The false positive rate for assessment of abdominal obesity by the InBody 3.0 was 7~17% presuming that the abdominal obesity according to manual measurement of waist circumference and WHR were golden standards.

Conclusion: Despite the convenience of the automatic measurement of waist circumference and WHR obtained by InBody 3.0, it had a tendency to overestimate the values. The importance of manual tape measurement in order to accurately evaluate fat distribution and abdominal obesity must be emphasized.

Key Words: Waist circumference, Waist to hip ratio, Accuracy, Body composition analyzer

참 고 문 헌

1. Hurbert HB, Feileib M, McNamara PM, Castelli WP. Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: A 26-years follow up of participants in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1983;67:968-77.
2. Larsson B, Svardsudd K, Welin L, Wilhelmsen L, Bjorntorp P, Tibblin G. Abdominal adipose tissue distribution, obesity and risk of cardiovascular disease and death: a 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913. *Br Med J* 1984;288:1401-4.
3. Ross R, Leger L, Morris D, de Guise J, Guardo R. Quantification of adipose tissue by MRI: relationship with anthropometric variables. *J Appl Physiol* 1983;72:787-95.
4. Taylor RW, Kell D, Gold EJ. Body mass index, waist girth, and waist-to-hip ration as indexes of total and regional adiposity in women. evaluation using receiver operating characteristic curves. *Am J Clin Nut* 1998;67:44-9.
5. WHO. Report of a WHO Consultation on obesity: Preventing and managing, the global epidemic. Geneva: 1999.
6. The Practical Guide. Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults, Final Version http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/obesity/prctgd_b.pdf
7. Kalkoff RK, Hartz AH, Rupley D, Kissebah AH, Kelber S. Relationship of body fat distribution to blood pressure, carbohydrate tolerance, and plasma lipids in healthy obese women. *J Lab Clin Med* 1983;102:621-7.
8. Hulley SB, Cummings SR. Designed Clinical Research. Hong Kong: Williams and Wilkins; 1988. p.8-9.
9. Jackson AS, Pollock ML, Graves JE, Mahar MT. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J Appl Physiol* 1988;64:529-34.
10. 대한비만학회. 비만의 진단과 치료: 아시아 태평양 지역 지침. 서울: 도서출판 혼의학, 2000.
11. Jia WP, Xiang KS, Chen L, Lu JX, Wu YM. Epidemiology study on obesity and its comorbidities in urban Chinese older than 20 years of age in Shanghai, China. *Obesity Review* 2002; 3:157-65.
12. Lean MEJ, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *Br Med J* 1995;311: 158-61.
13. Han TS, van Leer EM, Seidell JC, Lean ME. Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: prevalence study in a random sample. *Br Med J* 1995;311:1401-5.

14. Pouliot MC, Despres JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A, et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol* 1994;73:460-8.
15. Han TS, Richmond P, Avenell A, Lean ME. Waist circumference reduction and cardiovascular benefits during weight loss in women. *Int J Obes* 1997;21:127-34.
16. Dowling HJ, Pi-Sunyer FX. Race-dependent health risks of upper obesity. *Diabetes* 1993; 42:537-43.
17. Larsson B, Bengtsson C, Bjorntorp P, Lapidus L, Sjostrom L, Svardsudd K, et al. Is abdominal body fat distribution a major explanation for the sex difference in the incidence of myocardial infarction? The study of men born in 1913 and the study of women. *Am J Epidemiol* 1992; 135:266-73.
18. 김종환, 박태순, 고희정. 비만의 지표로서 다양한 허리둘레 측정기준에 따른 유용성 비교. *가정의학 회지* 2001;22:548-55.
19. Lukaski HC, Johnson PE, Bolochuk WW, Lykken GI. Assessment of fat free mass using bioelectric impedance measurement of the human body. *Am J Clin Nut* 1985;41:410-4.
20. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94years. *Nutrition* 2001;17:248-53.
21. Tai ES, Ho SC, Fok ACK, Tan CE. Measurement of obesity by anthropometry and bioelectric impedance analysis; Correlation with fasting lipid and insulin resistance in an Asian population. *Ann Acad Med Singapore* 1999; 28:445-50.
22. 최승훈, 김기진, 손정민, 차기철. 새로운 생체 전기 임피던스법. *대한비만학회지* 1997;6:85-94.