KJFP
https://doi.org/10.21215/kjfp.2020.10.1.68
eISSN 2233-9116
Korean J Fam Pract. 2020;10(1):68-73

Check for updates

Original Article

Korean Journal of Family Practice

한국 성인에서 Relative Fat Mass 공식의 적용

이미지, 김영혜, 김진구, 이선영*, 김규남, 김종우, 백정기
인제대학교 의과대학 상계백병원 가정의학교실

Application of Relative Fat Mass Equation in Korean Adults

Mi Ji Lee, Young Hye Kim, Jin Gu Kim, Seon Yeong Lee*, Kyunam Kim, Jongwoo Kim, Jeong Ki Paek
Department of Family Medicine, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Body mass index (BMI) has limitations in determining body fat percentage and body fat distribution, and causes misclassification of body fat-defined obesity. As high body fat percentage is associated with mortality, an accurate assessment of body fat percentage is considered clinically important. Recently, Woolcott and Bergman reported a relative fat mass (RFM) equation which calculated the body fat percentage using the height and waist circumferences. However, as RFM has been studied only in European-, Mexican-, and African-Americans, an assessment in Asians was needed. Therefore, we aimed to evaluate the applicability of RFM in Korean adults.
Methods: This study included 7,733 adults who visited a Sanggye Paik Hospital Health Promotion Center from May 1, 2016 to November 12, 2018. BMI and RFM were calculated by measuring height, weight, and waist circumference. The total body fat (TBF) percentage was measured by bioelectrical impedance analysis. We compared the BMI, RFM, and TBF percentage to assess the applicability of RFM in Korean adults.
Results: RFM had a statistically significant correlation with TBF percentage in both male and female (male: β=0.808, R^2=0.653, female: β=0.766, R^2=0.587, P<0.001). In the Bland-Altman plot, RFM showed good agreement with the TBF percentage within the 95% confidence interval.
Conclusion: The RFM equation can be used to predict TBF percentage in Korean adults.

Keywords: *Obesity; Body Mass Index; Adiposity*

서 론

세계보건기구(World Health Organization, WHO)에 의하면 비만의 유병률은 1980년 이후 전 세계적으로 2배 가까이 증가하였으며, 2014년 기준 성인 19억 명이 과체중, 6억 명이 비만이라고 보고하였다.[1)] 비만은 심혈관계 질환, 근골격계 질환, 종양과 당뇨를 포함한 다양한 질환의 위험도를 상승시키는 것으로 알려져 있다.[1-3)] 따라서 비만은 이러한 질환들의 중요한 예측지표가 될 수 있기에, 비만의 진단과 관리는 중요하게 여겨진다. 비만 측정지표로써 체질량지수(body mass index, BMI), 허리둘레 등이 이용되어 왔으며[4)] waist-to-hip ratio, waist-to-height ratio 등이 연구되고 있다.[5)] 이외에도 WHO에서는 체지방률에 따른 비만의 reference standard를 제안하고 있는데, 남성 25%, 여성 35% 이상을 기준으로 한다.[6)]

BMI는 키와 몸무게로 쉽게 계산할 수 있어 비만 선별을 위해 흔히 사용되는 지표이지만, 체지방률과 체지방 분포를 확인하는데 한계가 있으며 성별에 따른 차이가 없다.[7,8)] 또한 체지방률로 정의하는 비만의 오진율을 높이는 것으로 알려져 있는데, 특히 과체중인 사람에서 체지방률로 정의하는 비만의 유병률을 실제보다 낮게 평가시킬 수 있다.[9)]

이전 연구들에서 체지방률이 높으면 mortality가 증가하는 것으로

Received May 31, 2019 **Revised** October 8, 2019
Accepted January 15, 2020
Corresponding author Seon Yeong Lee
Tel: +82-2-950-1150, Fax: +82-2-950-4093
E-mail: sylee@paik.ac.kr
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8274-3654

보고되었으며,[10,11] 따라서 체지방률을 정확히 평가하는 것은 임상적으로 중요하게 생각된다. 체지방률은 dual energy X-ray absorptiometry (DXA)나 bioelectrical impedance analysis (BIA) 등을 이용하여 측정할 수 있지만,[12-14] 이를 갖추기 힘든 1차 의료에서 체지방률을 평가하는 것에는 한계가 있다. 또한 체지방률을 계산하는 여러 공식들이 개발되었으나, 임상에서 사용하기에 실효성이 떨어지는 경우가 많고, 연구 대상자의 수가 적거나 대상군이 제한되어 전체 인구에 적용하기에는 한계가 있는 경우가 많았다.[15-18]

최근 미국의 Woolcott과 Bergman[19]은 DXA로 측정한 체지방률과 키/허리둘레의 상관관계를 분석하여 새로운 비만 측정도구로써 간단하고 정확한 relative fat mass (RFM) 공식을 개발하여 발표하였다. 그러나 RFM은 유럽계, 멕시코계, 아프리카계 미국인을 대상으로 연구되어 아시아인에 대한 평가가 필요하다.

따라서 본 연구는 한국인을 대상으로 BIA로 측정한 total body fat (TBF) percentage와 RFM을 비교하여 한국인에서의 RFM 적용 가능성을 평가하고자 한다.

방 법

1. 연구대상

2016년 5월 1일부터 2018년 11월 12일까지 인제대학교 상계백병원 종합건강증진센터를 방문하여 BIA를 시행한 20세 이상 성인(20–88세) 7,758명 중에서 1) 체중 136 kg 이상, 2) 신장 196 cm 이상, 3) 허리둘레 기입에 오류가 있는 경우, 4) BIA 결과가 없는 경우를 제외한 총 7,733명(남성 5,282명, 여성 2,451명)을 대상으로 하였다. 1), 2)는 Woolcott과 Bergman[19]의 exclusion criteria를 반영하였다. 본 연구는 인제대학교 상계백병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받아 시행되었다(IRB No. SGPAIK/ 2019-02-011).

2. 신체계측치

신체계측치는 12시간 이상 공복 후 가벼운 옷을 입고 신발과 양말을 벗은 상태로 측정하였다. 신장과 체중은 자동신장/체중 측정기(BSM330; Biospace, Seoul, Korea)로 각각 0.1 cm, 0.1 kg 단위까지 측정했다. 허리둘레는 숨을 편안히 내쉰 상태에서 중간겨드랑 선에서 촉진되는 마지막 늑골 하단의 가장 아래 부위와 장골능선 상단 부위의 중간 지점을 바닥과 평행하게 하여 0.1 cm 단위까지 측정했다. BMI는 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나눈 값으로 계산했으며, RFM은 성별에 따라 키와 허리둘레를 이용해 계산했다. RFM 공식은 다음과 같다.[19]

여자: 76-(20×height/waist circumference)

남자: 64-(20×height/waist circumference)

3. Total body fat percentage

TBF percentage는 BIA (Inbody770; Biospace)를 통해 측정했다. 검사 전 12시간 이상 공복 상태로 격렬한 운동은 하지 않고, 측정 전 소변을 보게 한 후, 가벼운 옷을 입고 신발과 양말을 벗은 상태로 전류의 흐름에 영향을 주는 금속류는 모두 제거하고 측정하였다.

4. 통계분석

IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하였고 99.9%의 유의수준($P<0.001$)에서 통계적 유의성을 평가하였다. 연구 대상자의 일반적 특성을 분석하기 위해 모든 통계 수치들은 평균±표준오차를 구하였다. BIA로 측정한 TBF percentage와 BMI 및 RFM의 상관관계를 분석하기 위하여 전체, 남성, 여성으로 나눠 연령을 보정하여 편상관분석을 하였다. 단순 선형 회귀분석을 통해 표준화계수(β) 및 결정계수(R^2)를 구하였고, TBF percentage와 RFM의 mean difference (MD)와 95% limits of agreement (LoA)를 구하고 Bland-Altman plot[20]을 이용하여 TBF percentage와 RFM의 일치도를 평가하였다.

Bland-Altman plot은 다른 측정법으로 측정한 두 측정값의 일치도를 평가하기 위한 것으로, 두 측정값의 평균과 차이를 구하여 각각을 x축, y축으로 하여 그릴 수 있다. Mean difference는 bias를 의미하며, mean difference±1.96×standard deviation (SD) of the difference를 계산하여 limit of agreement로 한다. 관측치의 차이가 정규분포한다면 95%의 값은 이 안에 들어온다고 볼 수 있으며, 점들이 bias 주변으로 균일하게 퍼져있다면 측정값의 크기에 따라 측정 차이가 달라지지 않는 것을 의미한다.[20]

결 과

1. 연구대상자의 임상적 특성

전체 대상자 7,733명 중, 남성은 5,282명(68%), 여성은 2,451명(32%)이었고, 평균 나이는 각각 48.7±0.14세, 51.2±0.23세였다. 남성의 평균 BMI는 25.0±0.04, RFM은 24.0±0.05, TBF percentage는 24.4±0.08이었다. 여성의 평균 BMI는 23.4±0.07, RFM은 34.9±0.11, TBF percentage는 33.3±0.12였다(Table 1).

2. Total body fat percentage와 변수들의 상관관계

편상관분석에서 TBF percentage는 남성과 여성에서 BMI ($r=0.756$ vs. $r=0.777$, $P<0.001$), RFM ($r=0.808$ vs. $r=0.737$, $P<0.001$)과 유의한 양

Table 1. Characteristics of study subjects

Characteristic	All (n=7,733)	Male (n=5,282)	Female (n=2,451)
Age (y)	49.5±0.12	48.7±0.14	51.2±0.23
Body weight (kg)	68.2±0.14	73.0±0.15	57.9±0.17
Height (cm)	166.5±0.10	170.8±0.09	157.2±0.11
WC (cm)	83.4±0.11	86.1±0.11	77.6±0.19
BMI (kg/m^2)	24.5±0.04	25.0±0.04	23.4±0.07
RFM[a]	27.4±0.08	24.0±0.05	34.9±0.11
TBF percentage (%)[b]	27.2±0.08	24.4±0.08	33.3±0.12

Values are presented as mean±standard error.
WC, waist circumference; BMI, body mass index; RFM, relative fat mass; TBF, total body fat.
[a]RFM equation: female=76-(20×height/WC), male=64-(20×height/WC).
[b]TBF percentage is measured by bioelectrical impedance analysis.

Table 2. Correlation between TBF percentage and variables

Variable	TBF percentage	
	r[a]	P-value[b]
All		
BMI	0.471	<0.001
RFM	0.853	<0.001
Male		
BMI	0.756	<0.001
RFM	0.808	<0.001
Female		
BMI	0.777	<0.001
RFM	0.737	<0.001

TBF, total body fat; BMI, body mass index; RFM, relative fat mass.
[a]Correlation coefficient.
[b]P-values are calculated by partial correlation analysis adjusted by age.

의 상관관계를 보였다. 전체 대상자에서 TBF percentage는 RFM (r=0.853, P<0.001)과 더 높은 유의한 양의 상관관계를 보인 반면, BMI (r=0.471, P<0.001)와는 유의한 양의 상관관계를 보였지만 남녀를 구분했을 때보다는 상관성이 감소되었다(Table 2).

3. Total body fat percentage와 변수들의 회귀분석

단순 선형 회귀분석을 이용하여 전체 및 남성과 여성에서 BMI와 RFM을 통해 TBF percentage를 예측하는 선형 회귀식을 구하였으며 결정계수(R^2)를 구하여 적합성을 판정하였다. 남성의 경우 BMI의 R^2은 0.558 (P<0.001), RFM의 R^2은 0.653 (P<0.001)이었고, 여성에서는 BMI의 R^2은 0.638 (P<0.001), RFM의 R^2은 0.587 (P<0.001)이었다. 전체 대상자에서는 RFM의 R^2은 0.740 (P<0.001)인 반면 BMI의 R^2은 0.224 (P<0.001)였다(Table 3).

4. Total body fat percentage와 relative fat mass의 일치도 분석

TBF percentage와 RFM이 일치하는 정도를 확인해 보기 위해, 두 측정값의 평균과 차이를 구하여 Bland-Altman plot을 이용하였다 (Figure 1). 남성의 경우 MD는 -0.419 (SD: 3.314, 95% LoA: -6.915, 6.078)였으며, 여성의 경우 MD는 1.620 (SD: 3.950, 95% LoA: -6.122, 9.362)이었다.

Table 3. Regression analysis between TBF percentage and variables

Variable	β[a]	SE	P-value[b]	R^{2c}	AR^2
All					
BMI	0.473	0.022	<0.001	0.224	0.224
RFM	0.860	0.006	<0.001	0.740	0.740
Male					
BMI	0.747	0.017	<0.001	0.558	0.558
RFM	0.808	0.012	<0.001	0.653	0.653
Female					
BMI	0.798	0.022	<0.001	0.638	0.637
RFM	0.766	0.015	<0.001	0.587	0.587

TBF, total body fat; SE, standard error; AR^2, adjusted R^2; BMI, body mass index; RFM, relative fat mass.
[a]β: standardized regression coefficient.
[b]P-values are calculated by regression analysis.
[c]R^2: coefficient of determination.

고 찰

체지방률을 평가함에 있어 BMI를 대체할 수 있는 다양한 공식들이 연구되어 왔지만,[15-18] 이전에 발표된 공식들은 실효성이 떨어져 임상에서 사용하기에 제한이 있어 더 단순한 공식의 개발이 필요하다. 최근 Woolcott과 Bergman[19]이 발표한 RFM은 미국 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)를 이용하여 20세 이상 성인을 대상으로 연구되었다. NHANES 1999–2004 data에서 성인 12,581명을 대상으로 model development를 하였으며 NHANES 2005–2006 data에서 성인 3,456명을 대상으로 model validation을 시행하였다. 체지방률은 DXA를 reference method로 하여 구하였다. 체지방률과 신체계측치들과의 상관성을 분석하였으며, 회귀분석을 통해 하나 또는 여러가지로 조합된 신체계측치 중에 체지방률과 가장 높은 상관성을 보이는 것들을 선택하여, 이 중 체지방률을 예측하는 정도(R^2), 단순성을 비교하여 height/waist equation을 최종 모델로 선택하였다.[19] RFM은 키와 허리둘레만으로 단순하고 정확하게 체지방률을 얻을 수 있어 체지방률 측정에 있어 BMI를 대체할 수 있는 비만 선별 도구로 임상에서 쉽게 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 RFM은 유럽계, 멕시코계, 아프리카계 미국인을 대상으로 연구되어 아시아인에 대한 평가가 필요하다.[19] 따라서 본 연구는 건강증진센터에 방문한 일반 성인을 대상으로 BIA로 측정한 TBF percentage와 RFM을 비교하여 한국인에서 RFM을 적용할 수 있는지

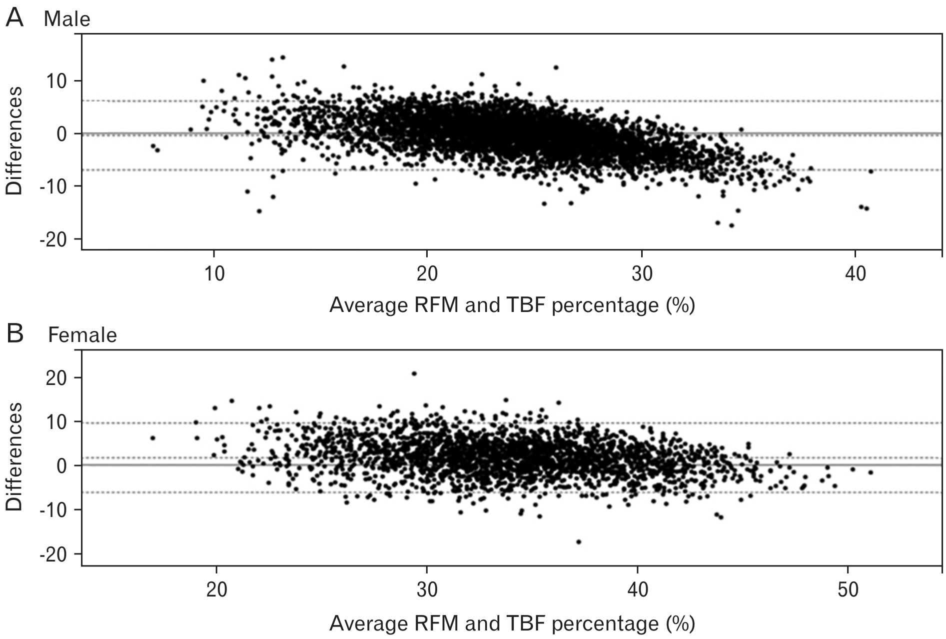

Figure 1. Bland-Altman plot: showing the agreement between RFM and TBF percentage, as measured by BIA. The X-axis indicates the average RFM and TBF percentages The y-axis indicates the difference between RFM-TBF percentage. The MD was -0.419 in male and 1.620 in female. The upper limit of the agreement was 6.078 in male and 9.362 in female. The lower limit of the agreement was -6.915 in male and -6.122 in female. Limits of agreement are calculated as MD±1.96×SD of the difference.
RFM, relative fat mass; TBF, total body fat; BIA, bioelectrical impedance analysis; MD, mean difference; SD, standard deviation.

알아보고자 하였다.

본 연구에서는 체지방률 측정을 위해 BIA를 이용하였다. BIA는 저비용으로 간편하게 체성분을 측정할 수 있어 널리 사용되는 검사법이지만, 정확도에 대해서는 논란이 있다.[21,22] Sun 등[23]의 연구에 의하면 BIA는 adiposity의 정도에 따라 bias가 발생하는 한계가 있다. 정상 범위의 체지방률을 가진 사람에서는 비교적 정확하게 체지방률을 측정할 수 있지만, 마른 사람에서는 체지방률이 높게 측정되고 비만인 사람에서는 낮게 측정되었으며, BIA로 측정한 체지방률은 DXA로 측정한 값보다 낮은 경향이 있었다.[23] 또한 BIA로 측정된 체지방률은 측정방법이나 기계의 종류에 따라 체중의 10%까지 체지방률의 측정값이 달라질 수 있다고 알려져 있다.[24] 따라서 체지방률 측정에 있어 더 정확하다고 알려진 DXA 같은 reference method[12,13]와 RFM을 비교한 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구에서는 총 7,733명을 전체 대상자, 남성, 여성으로 구분하여 연령을 보정한 편상관분석을 시행하여 BMI, RFM이 모두 BIA로 측정한 TBF percentage와 유의한 양의 상관관계가 있음을 확인하였다. BMI와 RFM으로 TBF percentage를 예측하기 위한 선형 회귀식을 구하기 위해 시행한 선형 회귀분석에서 남성은 RFM이 BMI보다 표준화계수 및 결정계수가 더 높았지만, 여성은 BMI가 RFM보다 표준화계수 및 결정계수가 더 높은 결과를 보였다. 반면 전체 대상자에서는 BMI는 상관계수 및 결정계수가 크게 감소한 반면 RFM은 더 높은 상관계수 및 결정계수를 보였다. 이는 Woolcott과 Bergman[19]의 연구에서 전체 대상자, 남성, 여성에서 RFM이 BMI보다 더 선형의 관계를 보였으며 더 높은 R^2을 가진 것과 비교하였을 때, 전체 대상자와 남성의 경우 일치하였으나 여성의 경우 일치하지 않는 결과를 보였다. 하지만 본 연구에서 여성의 경우 RFM이 BMI보다 낮은 상관계수 및 결정계수를 가짐에도 불구하고, RFM은 통계적으로 유의한 높은 상관계수 및 결정계수를(β=0.766, R^2=0.587, $P<0.001$) 가짐을 보여주었다. BMI가 같은 경우 여성이 남성에 비해 체지방률이 높다.[25,26] 하지만 BMI는 성별에 따른 차이 없이 키와 체중만으로 계산되기 때문에 전체 대상자에서는 BMI와 TBF percentage의 상관성 및 결정계수가 저하되는 것으로 보여진다. 따라서 BMI와 TBF percentage의 일치도는 성별에 따른 차이가 생길 수 밖에 없으며, 본 연구 대상자에서 BMI와 TBF percentage의 MD는 남자는 0.596 (SD: 3.845)이지만 여자는 -9.851 (SD: 3.981)로 크게 나타났고 이것은 여성에서 bias가 큰 것을 의미한다. 이는 BMI로 체지방률을 평가하는 것에는 한계가 있다는 이전 연구들과 일치한다.[9,25] 반면에 RFM의 경우 MD는 남성에서 -0.419, 여성에서 1.620이었고, Bland-Altman plot에서 95% LoA에 대부분의 측정값들이 분포하여 RFM과 TBF percentage의 높은 일치도를 보였으며, 이것은 Woolcott과 Bergman[19]의 연구와 일치한다.

RFM equation은 아시아인에서 적용할 수 있을지에 대한 평가가 필요하기에, 본 연구는 비교적 많은 수(n=7,733)의 한국 성인을 대상으로 하여 BIA로 측정한 TBF percentage를 RFM 식을 통해 계산한 값으로 대체할 수 있는지 알아보았으며, Bland-Altman plot을 통해 그 일치도를 평가하였고 남성과 여성 모두 95% LoA 범위 내에 대부분의 측정값들이 분포하는 것을 확인한 것에 의의가 있다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째, 체지방률 측정을 위해 사용한 BIA는 앞에서 언급한 것처럼 정확도에 논란이 있다.[21,22] 따라서 체지방률 측정에 있어 더 정확하다고 알려진 DXA 같은 reference method[12,13]와 RFM을 비교한 연구가 필요할 것으로 보인다. 둘째, 한국인만을 대상으로 하여 전체 아시아인을 대변하는 것에는 한계가 있다. 셋째, 본 연구는 한국 성인만을 대상으로 이루어져 전체 연령에 적용시킬 수 없다는 제한점이 있다. 추후 소아청소년을 포함한 연구가 필요할 것이다. 넷째, 본 연구는 비교적 많은 수의 대상자를 연구에 포함시켰지만, RFM을 일반화시키기 위해서는 국민건강영양조사 같은 큰 표본을 이용한 대규모 연구가 이루어져야 할 것이다. 마지막으로, 본 연구는 한국인에서 RFM이 TBF percentage를 평가하는데 이용될 수 있는가에 국한된 연구이며, 비만 진단 도구로써의 RFM 평가를 포함하지 않았다. 따라서 RFM이 비만 진단을 위해 임상적으로 이용되기 위해서는 몇 가지 연구들이 선행되어야 한다. WHO에서 체지방률에 대한 reference standard를 제시하였지만,[6] 아직까지 체지방률로 정의하는 비만 진단의 기준이 되는 일치된 cut-off는 존재하지 않는다.[27,28] 따라서 체지방률로 정의되는 비만의 진단을 위한 gold standard가 우선 설립되어야 할 것이다. 또한 비만 진단 도구로써 RFM이 다른 지표들을 대체하여 사용되기 위해서는 비만 진단의 민감도 및 특이도에 대해 다른 비만 지표들과의 비교가 필요하다. Woolcott과 Bergman[19]은 체지방률로 정의되는 비만의 진단에 있어 RFM이 BMI보다 더 나은 정확도를 보였고 위음성이 더 낮았으며, 비만의 오진율을 줄여준다고 보고하였다. 하지만 이는 아시아인은 포함되지 않은 연구로 RFM이 다른 비만 지표들 대신 사용되기 위해서는 다양한 인종과 연령을 대상으로 비만 진단의 민감도 및 특이도에 대해 다른 비만 지표들과 비교한 연구가 필요할 것이다.

결론적으로 본 연구에서는 한국 성인에서 RFM과 BIA로 측정한 TBF percentage는 높은 일치도를 보였으며, 이는 한국 성인에서 RFM이 TBF percentage를 예측하는데 이용될 수 있음을 보여주었다. 하지만 비만 선별 도구로써 임상적으로 RFM이 이용되기 위해서는 체지방률로 정의되는 비만 진단의 criteria가 필요하며, 다른 아시아인과 전 연령에서의 RFM 적용에 대한 평가 및 다양한 인종에서 비만 진단의 정확도에 대한 대규모 연구가 필요하다.

요 약

연구배경: 체질량지수(body mass index, BMI)는 체지방률 및 체지방 분포를 확인하는데 한계가 있으며, 체지방률로 정의하는 비만의 분류 오류를 일으킨다. 높은 체지방률은 여러 질환 및 사망과 관련이 있기 때문에 체지방률을 정확히 평가하는 것은 임상적으로 중요하게 여겨진다. 최근 미국의 Woolcott과 Bergman은 키와 허리둘레로 체지방률을 계산하는 relative fat mass (RFM) 공식을 발표하였다. 그러나 RFM은 유럽계, 멕시코계, 아프리카계 미국인을 대상으로 연구되어 아시아인에 대한 평가가 필요하다. 따라서 본 연구는 한국 성인에서 RFM 적용 가능성에 대해 알아보고자 한다.

방법: 2016년 5월부터 2018년 11월 12일까지 건강증진센터에 내원한 7,733명의 성인을 대상으로 하였고 키, 체중, 허리둘레를 측정하여 BMI, RFM을 계산한 뒤 bioelectrical impedance analysis (BIA)로 측정한 체지방률과 비교하여 한국인에서 RFM 적용 가능성을 평가하였다.

결과: 남녀 모두에서 RFM은 total body fat (TBF) percentage와 통계적으로 유의한 상관관계를 가졌다(남: β=0.808, R^2=0.653, 여: β=0.766, R^2=0.587, P<0.001). Bland-Altman plot에서 RFM은 TBF percentage와 95% limits of agreement 내에서 좋은 일치도를 보였다.

결론: 한국 성인에서 RFM 공식은 TBF percentage를 예측하는 도구로써 이용될 수 있다.

중심단어: 비만; 체질량지수; 체지방

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Mi Ji Lee, http://orcid.org/0000-0002-2763-5079
Young Hye Kim, http://orcid.org/0000-0001-5162-3994
Jin Gu Kim, http://orcid.org/0000-0002-4289-6816
Seon Yeong Lee, http://orcid.org/0000-0002-8274-3654
Kyunam Kim, http://orcid.org/0000-0003-4168-4616
Jongwoo Kim, http://orcid.org/0000-0001-7317-8748
Jeong Ki Paek, http://orcid.org/0000-0002-5837-0106

REFERENCES

1. WHO. Obesity and overweight [Internet]. Geneva: World Health Organization; c2017 [cited 2019 Jan 2]. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/.
2. Guh DP, Zhang W, Bansback N, Amarsi Z, Birmingham CL, Anis AH. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health 2009; 9: 88.

3. Shapiro CL. Cancer survivorship. N Engl J Med 2018; 379: 2438-50.
4. Nazare JA, Smith J, Borel AL, Aschner P, Barter P, Van Gaal L, et al.; INSPIRE ME IAA Investigators. Usefulness of measuring both body mass index and waist circumference for the estimation of visceral adiposity and related cardiometabolic risk profile (from the INSPIRE ME IAA study). Am J Cardiol 2015; 115: 307-15.
5. Ashwell M, Gibson S. Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': simpler and more predictive than using a 'matrix' based on BMI and waist circumference. BMJ Open 2016; 6: e010159.
6. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organ Tech Rep Ser 1995; 854: 1-452.
7. Rothman KJ. BMI-related errors in the measurement of obesity. Int J Obes (Lond) 2008; 32 Suppl 3: S56-9.
8. Hung SP, Chen CY, Guo FR, Chang CI, Jan CF. Combine body mass index and body fat percentage measures to improve the accuracy of obesity screening in young adults. Obes Res Clin Pract 2017; 11: 11-8.
9. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. Int J Obes (Lond) 2008; 32: 959-66.
10. Heitmann BL, Erikson H, Ellsinger BM, Mikkelsen KL, Larsson B. Mortality associated with body fat, fat-free mass and body mass index among 60-year-old Swedish men-a 22-year follow-up. The study of men born in 1913. Int J Obes Relat Metab Disord 2000; 24: 33-7.
11. Lahmann PH, Lissner L, Gullberg B, Berglund G. A prospective study of adiposity and all-cause mortality: the Malmö Diet and Cancer Study. Obes Res 2002; 10: 361-9.
12. Slosman DO, Casez JP, Pichard C, Rochat T, Fery F, Rizzoli R, et al. Assessment of whole-body composition with dual-energy x-ray absorptiometry. Radiology 1992; 185: 593-8.
13. Mazess R, Collick B, Trempe J, Barden H, Hanson J. Performance evaluation of a dual-energy x-ray bone densitometer. Calcif Tissue Int 1989; 44: 228-32.
14. Habib SS. Body mass index and body fat percentage in assessment of obesity prevalence in Saudi adults. Biomed Environ Sci 2013; 26: 94-9.
15. Lean ME, Han TS, Deurenberg P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr 1996; 63: 4-14.
16. Stevens J, Ou FS, Cai J, Heymsfield SB, Truesdale KP. Prediction of percent body fat measurements in Americans 8 years and older. Int J Obes (Lond) 2016; 40: 587-94.
17. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré JC, Escalada J, et al. Clinical usefulness of a new equation for estimating body fat. Diabetes Care 2012; 35: 383-8.
18. Chambers AJ, Parise E, McCrory JL, Cham R. A comparison of prediction equations for the estimation of body fat percentage in non-obese and obese older Caucasian adults in the United States. J Nutr Health Aging 2014; 18: 586-90.
19. Woolcott OO, Bergman RN. Relative fat mass (RFM) as a new estimator of whole-body fat percentage - a cross-sectional study in American adult individuals. Sci Rep 2018; 8: 10980.
20. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1: 307-10.
21. Lukaski HC, Siders WA. Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. Nutrition 2003; 19: 851-7.
22. Bolanowski M, Nilsson BE. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. Med Sci Monit 2001; 7: 1029-33.
23. Sun G, French CR, Martin GR, Younghusband B, Green RC, Xie YG, et al. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. Am J Clin Nutr 2005; 81: 74-8.
24. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. Am J Clin Nutr 1996; 64(3 Suppl): 524S-32S.
25. Gallagher D, Visser M, Sepúlveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? Am J Epidemiol 1996; 143: 228-39.
26. ackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, et al. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: the Heritage Family Study. Int J Obes Relat Metab Disord 2002; 26: 789-96.
27. Ho-Pham LT, Campbell LV, Nguyen TV. More on body fat cutoff points. Mayo Clin Proc 2011; 86: 584; author reply 584-5.
28. Oreopoulos A, Lavie CJ, Snitker S, Romero-Corral A. More on body fat cutoff points-reply-I. Mayo Clin Proc 2011; 86: 584-5.