소변배출, 유산소 운동, 음식 및 물섭취가 생체전기 저항법을 이용한 신체조성측정에 미치는 영향

조채은¹ MS, 이세원^{2,3,4} PhD

¹인천대학교 대학원 체육학과, ²인천대학교 예술체육대학 체육학부, ³인천대학교 예술체육대학 스포츠과학연구소, ⁴인천대학교 예술체육대학 건강증진센터

Effects of Urination, Aerobic Exercise, Food and Water Ingestion on Body Composition Measured by Segmental Bioelectrical Impedance Analysis

Chaeun Cho¹ MS, Sewon Lee^{2,3,4} PhD

¹Department of Human Movement Science, Graduate School, Incheon National University, Incheon; ²Division of Sport Science, College of Arts & Physical Education, Incheon National University, Incheon; ³Sport Science Institute, College of Arts & Physical Education, Incheon National University, Incheon; ⁴Health Promotion Center, College of Arts & Physical Education, Incheon National University, Incheon, Korea

PURPOSE: Body composition is strongly associated with cardiometabolic risk factors, and accurate measurement of body composition is vital for the management of chronic diseases. In this study, we assessed whether major factors such as urination, aerobic exercise, food, and water consumption had significant effects on body composition by segmental bioelectrical impedance analysis (BIA).

METHODS: To achieve the goal of this study, research was conducted on 32 healthy young males (n=18) and females (n=14). All participants underwent body composition analysis in four different conditions (both pre- and post-urination, moderate-intensity aerobic exercise for 30 minutes, immediately after food and water consumption, 30, 60, and 120 minutes after each treatment), and segmental BIA was performed using Inbody720.

RESULTS: We found that after urination, body weight, skeletal muscle mass, and basal metabolic rate (BMR) significantly decreased. However, water intake significantly increased body weight, body fat mass, and body fat percentage. Furthermore, an acute 30-minutes aerobic exercise significantly decreased body weight, fat mass, and fat percentage, and increased skeletal muscle mass and BMR. In addition, impedance decreased immediately and increased 120 minutes after the acute aerobic exercise. Finally, food ingestion significantly increased the body weight, skeletal muscle mass, and BMR.

CONCLUSIONS: Our study suggests that variables such as urination, exercise, food consumption, and water intake should be considered to accurately assess body composition.

Key words: Urination, Water ingestion, Aerobic exercise, Food ingestion, Impedance

서론

신체조성(body composition)은 비만(obesity)과 더불어 고혈압(hypertension), 관상동맥질환(coronary artery disease), 고지혈증(hyperlipidemia), 인슐린 저항성(insulin resistance), 제2형 당뇨병(type 2 diabetes), 심혈관계 질환(cardiovascular disease)과도 밀접한 관련이 있으며,

운동수행능력과 연관된다[1-6]. 따라서, 신체조성을 정확하게 정량화 및 수치화하는 것은 개인의 건강과 운동수행능력의 관점에서 중요한 정보를 제공할 수 있다. 특히, 현대인들의 건강과 삶의 질을 저해하는 주요 문제인 비만예방 및 치료의 관점에서 정확한 신체조성의 측정이 강조된다.

신체조성을 간접적으로 측정할 수 있는 방법들로는 수중체중 측정

Corresponding author: Sewon Lee Tel +82-32-835-8572 Fax +82-32-835-0788 E-mail leesew@inu.ac.kr

Keywords 소변배출, 물 섭취, 유산소 운동, 음식섭취, 임피던스

Received 30 Jul 2021 **Revised** 24 Aug 2021 **Accepted** 7 Sep 2021

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

방법(hydrostatic underwater weighing), 피부두께 측정법(skinfold thickness), 자기공명 영상법(magnetic resonance imaging, MRI), 근적외선법(near-infrared interactance), 이중 에너지 방사선 흡수법(dual energy x-ray analysis, DEXA) 등이 알려져 있다. 그러나 이러한 방법들은 고가의 장비, 숙련된 기술이 요구되며 시간과 비용적으로 임상이나 현장에서 사용되기에는 제한이 있다. 이러한 단점을 보완한 생체전기 저항법(bioelectrical impedance analysis, BIA)은 상대적으로 경제적이며, 비침습적인 방법으로 접근이 용이할 뿐 아니라 신속하게 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있다[7]. 그렇기 때문에 현재 다양한 연령과 집단의 건강 상태 및 영양 상태를 평가하기 위해 임상 및 현장에서 광범위하게 사용되고 있다[8,9]. BIA는 신뢰성 및 타당성이 검토되었으며[10-13], 신체조성 측정의 표준방법(gold standard)으로 알려진 DEXA와 높은 상관계수를 가지고 있어 높은 정밀도를 증명하였다[14-16].

BIA는 신체를 구성하고 있는 기관 및 조직의 특성을 토대로 전기전도의 차이를 이용하여 측정하는 방법으로 수분과 전해질량에 따라 결과가 달라질 수 있다. 지방조직의 경우 상대적으로 수분함량이 적고, 근육조직의 경우 상대적으로 수분이 많아 지방조직의 양이 많을수록 전기전도가 감소한다. 이는 많은 변수들이 측정 결과에 영향을 미칠 수 있다는 것을 암시한다. 다시 말해, 체수분을 측정하여 지방량을 계산하기 때문에 측정 시간, 체내 수분 보유량에 따라 오차가 생길 수 있다는 것을 의미한다[17-19]. 실제로 체지방량 및 체지방량의 변화가 일어나지 않았음에도 불구하고 전기 전도성의 차이로 인해 측정치에 영향을 미치는 재현성의 문제가 있다.

BIA를 통해 신체조성을 정확히 측정하기 위해서는 체수분과 전해질 함량 변화가 초래될 수 있는 변수들을 통제하여 측정을 하는 것이 바람직하다. 실제로 식음료 섭취, 운동으로 인한 체액 변화, 피부 온도와 생리 주기 등이 BIA의 정확성에 영향을 주는 것으로 밝혀졌다[20-22]. 미국 국립 보건원(National Institute of Health, NIH)은 BIA 측정 전 최소 4시간 전에는 음식과 음료 섭취를 하지 않는 것을 권장한다. BIA는 병원, 보건소, 체육시설 등 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 이를 통해 측정된 체지방량, 골격근량 등의 신체조성은 질병에 대한 진단 및 예측의 지표가 될 수 있어 더욱 정확한 측정이 요구된다. 따라서 BIA를 사용하는 현장에서 오차율을 줄이고 정확한 결과 도출을 위한 통제가 매우 중요하다. 본 연구에서는 BIA 측정의 주요 주의사항인 식음료 섭취, 소변, 운동 후 신체조성의 변화를 측정하여 현장에서 쉽게 간과할 수 있는 사항들을 확인하고자 하였다. 기존 선행연구 대부분은 임피던스와 체수분을 중점으로 연구가 수행되었으나 본 연구에서는 전반적인 주요 신체조성의 변화를 확인하는 데 의의가 있다. 또한, 측정 시 주의사항을 준수하도록 권장하고 있지만 이에 대해 정확히 인지하고 있는 개인은 드물며, 현장에서도 이와 같은 주의사항들이 무시된 채 측정이 이루어지는 경우가 빈번하다. 따라서, 본 연구는 BIA

를 통한 신체조성 측정 시 주의사항의 미준수가 주요 신체조성 결과에 미치는 영향과 시간경과에 따른 변화 양상을 규명함으로써 정확한 측정 방법의 가이드 라인을 제시한다는 측면에서 매우 중요하다. 이에 따라 현장에서 쉽게 간과할 수 있는 주요 주의사항인 소변배출의 여부, 물 섭취, 음식 섭취, 운동이 주요 신체조성인 체중(kg), 골격근량(kg), 체지방량(kg), 체지방률(%), 임피던스(Ω), 기초대사율(basal Metabolic Rate, BMR) 수치에 영향을 미칠 것이라는 가설을 세웠다.

연구 방법

1. 연구 대상자

이 연구는 건강한 20대 성인(남: n=18, 여: n=14) 총 32명을 대상으로 수행되었다. 연구 대상자에게 실험에 대한 목적과 절차에 대하여 상세한 설명을 하였고 실험에 참여하겠다는 동의서를 작성한 뒤 실험을 진행하였다. 본 연구는 I대학교 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 연구를 진행하였다(7007971-201804-008). 연구 대상자 중 제외 기준(exclusion criteria)에 따라 급속 임플란트, 맥박 조정기 착용, 체액 균형에 영향을 미칠 수 있는 약물을 복용하는 자들은 제외하였다. 소변 배출, 물 섭취, 유산소 운동, 음식 섭취에 따른 신체조성의 차이를 확인하고자 모든 참여자들은 일주일 간격으로 총 4회 방문하여 실험이 수행되었다. 기본적인 연구 참여자의 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

연구 대상자들은 4가지 주의사항인 소변 배출의 여부, 물 섭취, 식사, 운동의 영향을 측정하고자 실험실에 일주일의 간격을 두고 총 4회 방문하였다. 연구 대상자들은 실험 전 48시간 이내에 알코올 섭취, 24시간 이내에 과도한 운동을 금하였다. BIA의 경우 Inbody 720 (Biospace, Seoul, Korea)을 사용하였으며, 신장은 신장계(Samhwa, Seoul, Korea)로 측정하였다. 본 연구에서 사용된 BIA는 부위별 임피던스 측정법(direct segmental multi-frequency bioelectrical impedance analysis)을 통해 신체조성을 측정하였다. 부위별 생체전기 저항법은 인체의 팔, 다리, 그리고 몸통의 임피던스를 각각 측정하고, 각 부위의 체성분을 정밀하게 분석할 수 있는 방법으로 1 kHz-1 MHz의 다주파수를 사용하여 측정하며, 8개의 전극에 손과 발을 접촉하여 측정을 실시하였다[23]. 모든 연구 대상자들에게 측정 시 가벼운 옷차림을 요구하였으며,

Table 1. Subject characteristics

Variables	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
Male	18	23.28±0.65	175.44±0.94	77.76±1.82
Female	14	21.79±0.69	163.57±1.55	58.81±2.01

Values are Mean ± SEM.

미세 전류가 원활히 흐를 수 있도록 측정 전 전용 전해질 물티슈로 손과 발을 세척한 후 건조한 뒤에 측정하였다. 본 연구의 연구절차를 도식화하여 Fig. 1에 제시하였다.

1) 소변 배출 전후에 따른 신체조성 측정

소변 배출 전후에 따른 신체조성의 차이를 확인하기 위해 참여자들에게 물 섭취 금지, 운동 금지, 최소 8시간 공복을 유지할 것을 요청하였으며, 소변 배출을 하지 않은 상태에서 신체조성을 측정한 뒤 소변 배출 후 신체조성을 재측정하였다(Fig. 1A).

2) 물 섭취 여부에 따른 신체조성 측정

물 섭취 여부에 따른 신체조성의 차이를 확인하기 위해서는 소변 배출, 운동 금지, 최소 8시간 공복을 유지할 것을 요청하였으며, 물 섭취의 경우 체중 1 kg 당 7.14 mL의 물을 섭취하였다. 연구 대상자들은 물 섭취 전 안정 시 신체조성을 측정하고 섭취 직후, 30분, 60분, 120분 후에 신체조성을 각각 재측정하였다(Fig. 1B).

3) 운동 여부에 따른 신체조성 측정

운동 여부에 따른 신체조성의 차이를 확인하기 위해 소변 배출, 물 섭취 금지, 최소 8시간 공복을 유지할 것을 요청하였으며 안정 시 신체조성을 측정한 뒤 심박 센서(H7 Heart Rate Sensor, Polar, Finland)를 착용하였다. 이후 트레드밀(Quarkb2, COSMED, Germany)을 이용하여 중강도 운동(HR max 60-70%)을 30분간 실시하였다. 참여자는 운동이 끝난 직후, 30분, 60분, 120분 후에 신체조성을 각각 재측정하였다(Fig. 1B).

4) 음식 섭취 여부에 따른 신체조성 측정

음식 섭취 여부에 따른 신체조성의 차이를 확인하기 위해 소변 배출, 운동 금지, 최소 8시간 공복을 유지할 것을 요청하였으며 안정 시 신체조성을 측정하였다. 연구 대상자들에게 총 열량 755 kcal, 탄수화물 87 g (26%), 나트륨 1,110 mg (56%), 당류 10 g (10%), 지방 39 g (76%), 포화지방 55 mg (18%), 단백질 15 g (27%)의 영양성분으로 구성된 음식을 섭취하였고(제시된 %는 하루 권장 영양성분 비율), 음식 섭취 직후, 30분, 60분, 120분 후에 신체조성을 각각 재측정하였다(Fig. 1B).

3. 자료처리

모든 데이터는 기준선(baseline)에서 각 시점에 대한 변화율로 값을 산출하였으며 모든 데이터는 평균 $\pm$ 표준오차(SEM)로 표시되었다. 모든 통계 분석은 GraphPad Prism 9.1.1. version (La Jolla, California, USA)을 사용하였다. 소변 전과 후 변화율을 평가하기 위해 delta score ($\Delta\% = (\text{post-pre})/\text{pre} \times 100$)를 산출하였다. 물 섭취, 음식 섭취, 운동의 경우 시간에 따른 변화율을 평가하기 위해 delta score ($\Delta\% = (\text{time point-baseline})/\text{baseline} \times 100$)로 산출하였다. 소변 전후에 따른 체중(kg), 골격근량(kg), 체지방량(kg), 체지방률(%), BMR (kcal), 임피던스(Ω)의 값은 paired *t*-test를 사용하여 분석하였으며 각각의 변인은 모두 변화율($\Delta\%$)로 표기하였다. 물 섭취, 음식 섭취, 운동의 실험 처치 후에 시간에 따른 체중(kg), 골격근량(kg), 체지방량(kg), 체지방률(%), BMR (kcal), 임피던스(Ω)의 값은 일원반복 분산분석(one-way repeated measure analysis of variance)을 통해 분석하였으며 유의성이 나타난 경우, 사후검증을 실시하였다. 사후 검증은 Bonferroni multiple comparison test를 이용하여 분석하였다. 모든 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하

Fig. 1. Experimental procedure. BIA, bioelectrical impedance analysis; EX, exercise; Pre, before; Post, after; I.M, immediately; 30 min, After 30 minutes; 60 min, After 60 minutes; 120 min, After 120 minutes.

였으며, 유의수준은 기준선과 비교하여 분석하였다.

연구 결과

1. 소변 배출 전후에 따른 신체조성의 변화

소변 배출 전후의 경우, 체지방량, 체지방률, 임피던스에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 체중, 골격근량, BMR에서 유의한 차이가 나타났다(Fig. 2). 체중의 경우 소변 배출 전과 비교하여 배출 후에 유의하게 감소하였다($p < .0001$). 골격근량의 경우 소변 배출 전과 비교하

여 배출 후에 유의하게 감소하였다($p = .002$). BMR의 경우 소변 배출 전과 비교하여 배출 후에 유의하게 감소하였다($p = .003$).

2. 물 섭취 후 시간 경과에 따른 신체조성의 변화

물 섭취의 경우 기준점과 비교하여 골격근량, BMR, 임피던스는 어떠한 시점과도 유의한 차이가 나타나지 않았으나 체중, 체지방량, 체지방률에서 유의한 차이가 나타났다(Fig. 3). 체중은 기준점과 비교하여 섭취 직후, 30분 후, 60분 후, 120분 후 시점과 각각 유의하게 증가하였다($p < .0001$). 체지방량은 기준점과 비교하여 섭취 직후($p < .0001$)만 유

Fig. 2. Changes in body composition before and after urination. Pre, before; Post, after; ** $p < .01$, **** $p < .0001$ compared to pre-.

Fig. 3. Changes in body composition after a water ingestion. I.M, immediately; 30 min, After 30 minutes; 60 min, After 60 minutes; 120 min, After 120 minutes. **** $p < .0001$ compared to baseline.

의하게 증가하였으며, 체지방률 역시 기준점과 비교하여 섭취 직후에 만 유의하게 증가하였다($p=.0009$).

3. 30분간의 유산소 운동 후 시간 경과에 따른 신체조성의 변화

운동의 경우 기준점과 비교하여 체중, 골격근량, 체지방량, 체지방률, BMR, 임피던스 모두에서 유의한 차이가 나타났다(Fig. 4). 체중은 기준점과 비교하여 운동 직후, 30분, 60분, 120분 후 시점과 비교하여 유의하게 감소하였다($p<.0001$). 골격근량은 기준점과 비교하여 운동

직후($p=.0142$)에만 유의하게 증가하였다. 체지방량은 기준점과 비교하여 운동 직후($p<.0001$), 30분($p=.0011$), 60분($p=.0068$)에서 유의하게 감소하였다. 체지방률은 기준점과 비교하여 운동 직후($p<.0001$), 30분($p=.0055$), 60분($p=.0342$) 시점에서 유의하게 감소하였다. BMR은 기준점과 비교하여 운동 직후($p=.0076$) 유의하게 증가하였으며, 120분($p=.0356$)에서는 유의하게 감소하였다. 임피던스는 운동 직후($p=.0013$) 유의하게 감소하였으나, 반면 120분($p=.0299$)에서는 유의하게 증가하였다.

Fig. 4. Changes in body composition after a 30 minutes of aerobic exercise I.M, immediately; 30 min, After 30 minutes; 60 min, After 60 minutes; 120 min, After 120 minutes. * $p<.05$, ** $p<.01$, **** $p<.0001$ compared to baseline.

Fig. 5. Changes in body composition after a food ingestion. I.M, immediately; 30 min, After 30 minutes; 60 min, After 60 minutes; 120 min, After 120 minutes. * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$, **** $p<.0001$ compared to baseline.

4. 식사 후 시간 경과에 따른 신체조성의 변화

식사의 경우 기준점과 비교하여 체지방량, 체지방률, 임피던스에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나 체중, 골격근량, BMR에서 유의한 차이가 나타났다(Fig. 5). 체중은 기준점과 비교하여 모든 시점에서 유의하게 증가하였다($p < .0001$). 골격근량은 기준점과 비교하여 식사 직후($p = .0399$), 60분($p = .0098$), 120분($p = .0007$) 시점에서 유의하게 증가하였다. BMR은 기준점과 비교하여 식사 직후($p = .0296$), 30분($p = .0382$), 60분($p = .0142$), 120분($p = .0011$)에서 모두 유의하게 증가하였다.

논 의

본 연구는 건강한 남녀 성인들을 대상으로 실제로 현장에서 간과하기 쉬운 대표적인 BIA의 주의사항을 어겼을 시, 주요 신체조성에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였으며 시간 추적을 통해 발생한 오차가 지속되는 시간을 규명하고자 하였다.

연구 결과, 소변배출 전후에 따른 주요 신체조성 변화에서 체중, 골격근량, BMR에서 유의한 감소가 나타났다. 체중의 경우 체내의 소변이 체외로 배출됨에 따라 체중의 감소를 유도한 것으로 판단된다. 또한 임피던스에서 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 골격근량의 유의한 감소가 나타났다. 이러한 결과는 소변이 체내의 수분량으로 인식될 가능성이 있다는 것을 시사하며, 결과적으로 소변 배출이 체수분 손실로 이어져 골격근량에 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 반면에 임피던스는 통계적으로 유의하지 않았는데 이러한 결과는 체중에 대한 예측방정식에 의해 임피던스 값의 변화 없이 골격근량에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 즉 체중의 감소에 따라 상대적인 근육량의 감소를 예측한 것으로 판단되며, BMR의 경우 근육량이 영향을 미치기 때문에 감소된 근육량에 따라 감소하는 것으로 사료된다. 본 연구에서 사용된 부위별 생체전기 저항법은 1 kHz-1 MHz의 주파수를 통해 신체조성이 측정되는 방법으로 그중 가장 많이 사용되며 체수분 추정에 적절한 주파수인 50 kHz의 임피던스 결과를 사용하였다[24-27]. 본 연구 결과에서 임피던스의 유의한 차이는 나타나지 않았지만 감소하는 경향이 나타났고 이는 주파수에 따라 체내 수분에 대한 민감도가 상이하기 때문에 추후 연구에서는 여러 주파수의 분석이 필요할 것으로 사료된다. 따라서, 정확한 신체조성의 결과를 얻기 위해서는 소변 배출 후 측정을 하는 것이 올바른 측정방법이 될 수 있다.

물 섭취 시 주요 신체조성의 변화에서는 체중, 체지방량, 체지방률을 유의하게 증가시켰으며, 임피던스의 경우 물 섭취 후 120분까지 증가하는 경향을 보였으나, 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 1L의 물을 섭취하였으나 임피던스 값에는 유의한 변화가 나타나지 않았다는 Evans et al. [24]의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 체중의 경우 섭취 직후부터 120분 뒤까지 유의하게 증가된 상태를 나타

냈으며, 이는 수분 섭취에 따라 체중이 증가한 것으로 판단된다.

물 섭취 후 체지방량과 체지방률은 섭취 시점과 비교하여 직후 유의하게 증가하였다가 이후 반대로 감소하는 경향을 나타냈으며 이는 Androustos et al. [28]의 연구에서 물 섭취 직후 체지방 및 체지방률의 일시적인 증가가 나타났다는 결과와 유사하다. 이와 같은 결과는 수분 이외의 어떠한 음식섭취도 없었음에도 불구하고 물 섭취가 체지방량, 또는 체지방률로 인식되고 있다는 것을 의미한다. 수분 섭취 후, 120분까지 체중의 증가가 유지되었기 때문에 섭취한 물을 체수분으로 인식하지 못하고 섭취한 물은 여전히 위장 내에 머물러 있을 것으로 추정된다. 즉, BIA를 통한 신체조성의 측정 시 다른 신체조성 변화보다 체중의 변화를 통해 추정되는 지방량에 더 큰 영향을 미치며, 이는 신체조성을 예측하는 방정식에서 체중이 지방량을 예측하는데 기여하는 것으로 사료된다. 종합하면 물 섭취 후 2시간까지 체중의 증가를 유도하고, 섭취 직후 체지방량과 체지방률의 증가를 유도할 수 있다. 따라서 정확한 신체조성의 측정을 위해서는 물 섭취를 하지 않은 상태에서 측정을 하는 것이 올바른 측정방법이 될 수 있다.

운동의 경우, 약 120분 이상 유의하게 감소된 체중을 나타냈다. 이는 인체의 발한기전 즉, 운동 후 높아진 심부온도를 낮추기 위한 열 발산 과정에서 체수분의 손실로 체중의 감소를 유도한 것으로 판단된다. 골격근량은 운동 직후 유의한 증가가 나타났으며, 임피던스는 유의하게 감소한 결과를 나타냈다. 생체조직의 경우 각각 고유의 전기 저항률을 가지고 있으며, 인체를 흐르는 전류는 수분이나 전해질을 많이 포함한 혈액 및 근육조직(약 72-73%) 등에서 흐르기 쉬우며 수분이나 전해질을 거의 포함하지 않는 지방조직에서는 전류의 전도성이 낮다는 원리에 의거하여 임피던스는 체수분량이나 체지방 조직량을 반영한다. 우리 몸은 운동 시 영양분을 빠르게 공급하고 노폐물을 제거하기 위하여 수분이 근육으로 이동하는 혈류의 재분배가 일어나게 된다. 그러므로 운동의 경우 근육조직의 수분 증가로 전도성이 높아진 근육은 운동 직후 증가하고 임피던스의 유의한 감소가 나타난 것을 설명할 수 있다.

BMR의 경우 운동 직후 증가하고 120분에는 유의하게 감소하는 결과를 나타내며 근육량과 일치하는 양상을 보여주었다. 이는 마찬가지로 증가한 골격근량에 대한 기초대사율의 증가를 예측하는 방정식을 통해 산출되는 결과로 판단된다. 또한 120분 지점에서 임피던스의 유의한 증가가 나타났는데 이러한 결과는 이는 Liang et al. [18]의 연구에서 중강도의 트레드밀 운동에서 운동 직후 임피던스의 감소를 나타낸 결과와 일치하는 결과로 운동 이외의 실험조건을 맞추기 위해 수분 섭취가 제한됨에 따라 탈수현상, 즉 체수분의 손실로 인한 것으로 사료된다. 따라서 이러한 결과는 임피던스의 유의한 감소에 따른 골격근량의 일시적인 증가와 체수분의 손실에 따른 체지방량, 체지방률의 운동 직후 일시적인 감소를 설명할 수 있다. 결과적으로, 중강도의 운동을 한 후 약 120분 후까지 체중의 감소를 나타낼 수 있으며 일시적인 골격

근량의 증가, 체지방량 및 체지방률의 경우 약 60분 후까지 감소될 수 있음을 시사한다. 따라서, 운동은 체수분의 손실로 인해 정확한 신체 조성을 측정하는데 오차 범위를 증가시키므로 중강도의 운동을 실시한 경우 최소 2시간 이후에 측정하는 것이 바람직하다.

식사의 경우 체중이 섭취 120분 후까지 증가된 것으로 나타났으며 이는 음식물을 섭취함에 따라 섭취한 음식물만큼의 무게가 반영된 것으로 판단된다. 골격근의 경우 음식섭취 직후, 30분 후, 120분 후에 유의한 증가가 나타났으나 임피던스에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. Chumlea et al. [29]의 연구에서는 식사 후 임피던스의 변화는 없었으며, Gallagher et al. [20]의 연구에서는 임피던스의 감소가 일어나는 상이한 결과가 나타났다. 이는 각 연구에서 사용된 BIA 장비, 관찰 기간의 정도, 식사의 양과 구성, 소화 속도 등의 작용으로 인한 것으로 추정되며, 선행연구와 본 연구사이의 불일치를 일부 설명할 수 있다. 본 연구에서는 식사 후 임피던스의 유의한 차이는 발견되지 않았으나, 체중의 증가와 함께 골격근량의 증가가 나타났다. 이는 인체의 몸통 부분이 약 50%가량 제지방량으로 구성되어 있으며, 소화기관의 경우 몸통에 해당되므로 식사 후 소화기관으로의 혈류량이 집중적으로 공급되게 된다. 이에 따라 소화관의 운동성 활동, 분비 활동, 흡수 활동 증가와 함께 혈류량이 증가되어 골격근량의 증가를 유도한 것으로 추정되며 증가된 체중에 따라 소변과 마찬가지로 체중에 대한 예측방정식에 의해 임피던스 값의 변화 없이 골격근량에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 사료된다. 즉 체중의 증가에 따라 상대적인 근육량의 증가를 예측한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 물섭취와는 상반되는 결과로 물 섭취의 경우 상대적으로 음식섭취보다 소화작용에 대한 부담이 적을 수 있기 때문에 나타난 결과일 수 있다. 또한 BMR의 경우 음식섭취 120분 후까지 유의하게 증가하였는데 이는 앞서 논의한 바와 같이 증가된 골격근량에 따라 BMR이 증가하기 때문에 이러한 결과를 나타낸 것으로 사료된다.

Androustos et al. [28]의 연구에서는 식사 후 2시간까지 유의하게 임피던스가 증가하는 결과를 보였으나 본 연구에서 임피던스에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서 사용된 장비는 부위별 생체전기 저항법을 사용하여 인체를 5개의 독립된 분절로 나누어 각 분절의 저항을 합하여 나타낸 수치로, 소화기관이 위치한 몸통을 제외한 왼팔, 오른팔, 왼다리, 오른다리의 경우 혈류량이 몸통으로 집중되어 상대적으로 적은 혈류량이 공급되게 되고 이에 따라 나머지 분절의 저항값이 증가하여 전체 임피던스 값에는 유의한 차이가 없는 것으로 판단된다. 결과적으로, 음식 섭취 후 신체조성을 측정하면 체중, 골격근량, BMR은 120분 후까지 증가될 수 있음을 시사하며 정확한 신체조성의 측정을 위해서는 공복상태에서 측정을 하는 것이 올바른 측정방법이 될 수 있다.

본 연구에서는 제한점은 다음과 같다. 이 연구에서는 비교적 적은

대상자를 대상으로 연구를 실시하였고, 성인 남, 여 대상자 중 여성의 경우 월경주기를 통제하지 못하였으며, 체중 당 정해진 양으로 통제된 물 섭취와는 달리 음식 섭취의 경우 체중을 고려한 칼로리(kcal) 및 음식물의 양을 통제하지 못했다.

결론

본 연구는 건강한 20대 성인들을 대상으로 BIA의 대표적인 주의사항의 준수여부가 주요 신체구성 결과에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 요약하면, 생체전기 저항법 측정 시 소변 배출 후 측정하는 것이 바람직하며 식음료 섭취 및 운동의 경우 2시간까지 측정에 영향을 미칠 수 있으므로 최소 2시간 이후에 측정을 하는 것이 정확한 신체구성 측정에 도움이 될 것으로 판단된다.

부위별 생체전기 저항법의 주의사항의 준수여부는 신체조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 따라 대규모 역학 연구뿐만 아니라 공공기관 및 체육시설에서 정확한 신체조성을 측정하고자 할 때 주의사항을 엄수하여 정확한 자료수집이 이루어져야 할 것이다. 또한 측정자의 소변 배출여부, 식음료 섭취 및 운동 여부에 따라 본 연구에서 나타난 주요 신체조성의 결과를 토대로 신체구성 결과의 오차범위 예측이 가능할 것이라 판단된다.

추후 연구에서는 다양한 연령 및 성별에 따라 주의사항 준수 여부에 따른 차이 규명을 위해 대규모 역학 조사가 필요할 것이며 여성의 월경주기 및 식사량의 정확한 통제 상황에서 BIA의 주의사항을 검증하는 연구가 필요할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: C Cho; Data curation: C Cho; Formal analysis: C Cho; Methodology: C Cho; Project administration: S Lee; Writing-original draft: C Cho; Writing-review & editing: S Lee.

ORCID

Chaeun Cho

<https://orcid.org/0000-0002-8514-485X>

Sewon Lee

<https://orcid.org/0000-0002-6179-5156>

REFERENCES

- Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, et al. Current status of body composition assessment in sport. *Sports Med.* 2012;42(3):227-49.
- Gutin B, Islam S, Manos T, Cucuzzo N, Smith C, et al. Relation of percentage of body fat and maximal aerobic capacity to risk factors for atherosclerosis and diabetes in black and white seven-to eleven-year-old children. *J Pediatr.* 1994;125(6):847-52.
- Kim JH, Park YS. Low muscle mass is associated with metabolic syndrome in korean adolescents: the korea national health and nutrition examination survey 2009-2011. *Nutr Res.* 2016;36(12):1423-8.
- Srikanthan P, Horwich TB, Tseng CH. Relation of muscle mass and fat mass to cardiovascular disease mortality. *Am J Cardiol.* 2016;117(8):1355-60.
- Thibault R, Pichard C. The evaluation of body composition: a useful tool for clinical practice. *Ann Nutr Metab.* 2012;60 (1):6-16.
- Zeng Q, Dong SY, Sun XN, Xie J, Cui Y. Percent body fat is a better predictor of cardiovascular risk factors than body mass index. *Braz J Med Biol Res.* 2012;45:591-600.
- Research NIOHOoMAo, Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement, December 12-14, 1994. NIH Office of Medical Applications of Research; 1994.
- Consultation WE. Appropriate body-mass index for asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* (London, England). 2004;363(9403):157-63.
- James PT, Rigby N, Leach R, Force IOT. The obesity epidemic, metabolic syndrome and future prevention strategies. *Eur J Prev Cardiol.* 2004;11(1):3-8.
- Langer RD, Borges JH, Pascoa MA, Cirolini VX, Guerra-Júnior G, et al. Validity of bioelectrical impedance analysis to estimation fat-free mass in the army cadets. *Nutrients.* 2016;8(3):121.
- Ballesteros-Pomar MD, González-Arnáiz E, Pintor-de-la Maza B, Barajas-Galindo D, Ariadel-Cobo D, et al. Bioelectrical impedance analysis as an alternative to dual-energy x-ray absorptiometry in the assessment of fat mass and appendicular lean mass in patients with obesity. *Nutrition.* 2021;111442.
- 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.
- Segal K, Van Loan M, Fitzgerald P, Hodgdon J, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr.* 1988;47(1):7-14.
- Anderson LJ, Erceg DN, Schroeder ET. Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women. *Nutr Res.* 2012;32(7):479-85.
- Esco MR, Snarr RL, Leatherwood MD, Chamberlain NA, Redding ML, et al. Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):918-25.
- Kim M, Shinkai S, Murayama H, Mori S. Comparison of segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy x-ray absorptiometry for the assessment of body composition in a community-dwelling older population. *Geriatr Gerontol Int.* 2015;15(8):1013-22.
- Caton JR, Mole PA, Adams WC, Heustis DS. Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20(5):489-91.
- Liang M, Norris S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25 (11):1231-9.
- Deurenberg P, Weststrate J, Paymans I, Van der Kooy K. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *Eur J Clin Nutr.* 1988;42(12):1017-22.
- Gallagher M, Walker K, O'Dea K. The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. *Eur J Clin Nutr.* 1998;52(2):94-7.
- Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am Clin Nutr.* 1996;64(3):423S-7S.
- Zhang J, Zhang N, Du S, Liu S, Ma G. Effects of water restriction and water replenishment on the content of body water with bioelectrical impedance among young adults in baoding, china: a randomized controlled trial (RCT). *Nutrients.* 2021;13(2):553.
- Cha KC, Shon CM, Kim KJ, Choi SH. Segmental bioelectrical impedance analysis (SBIA) for determining body composition. *Korean J Community Nutr.* 1997;2(2):179-86.
- Evans W, McClagish H, Trudgett C. Factors affecting the in vivo precision of bioelectrical impedance analysis. *Appl Radiat Isot.* 1998;49(5-6):485-7.

25. Kim MG, Kim CK, Cha KC. Assessment of fat - free mass using segmental bioelectrical impedance analysis. *Korean J Phys Educ.* 2000;39(3):391-400.
26. Bellafronte NT, Diani LM, Vega-Piris L, Cuadrado GB, Chiarello PG. Comparison between dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance for body composition measurements in adults with chronic kidney disease: a cross-sectional, longitudinal, multi-treatment analysis. *Nutrition.* 2021;82:111059.
27. Slinde F, Rossander-Hulthén L. Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *Am J Clin Nutr.* 2001;74(4):474-8.
28. Androutsos O, Gerasimidis K, Karanikolou A, Reilly J, Edwards C. Impact of eating and drinking on body composition measurements by bioelectrical impedance. *J Hum Nutr Diet.* 2015;28(2):165-71.
29. Chumlea WC, Roche AF, Guo S, Woynarowska B. The influence of physiologic variables and oral contraceptives on bioelectric impedance. *Hum Biol.* 1987;257-69.