

Research Article



비만과 고도비만 한국 여성의 혈청 페리틴과 비타민 D 수준의 비교

강난희 ¹, 박지숙 ¹, 이홍찬 ², 임정은 ¹

¹창원대학교 식품영양학과

²B Clinic

OPEN ACCESS

Received: May 7, 2020

Revised: Jun 16, 2020

Accepted: Jul 2, 2020

Correspondence to

Jung-Eun Yim

Department of Food and Nutrition, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Changwon 51140, Korea.

Tel: +55-213-3517

E-mail: jeyim@changwon.ac.kr

© 2020 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID iDs

Nan Hui Kang

<https://orcid.org/0000-0002-6490-5533>

Ji Sook Park

<https://orcid.org/0000-0002-6945-9552>

Hongchan Lee

<https://orcid.org/0000-0001-9076-3244>

Jung-Eun Yim

<https://orcid.org/0000-0001-8344-1386>

Funding

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (NRF-2016R1D1A1B03935660).

Conflict of Interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

Differences in serum ferritin and vitamin D levels of Korean women with obesity and severe obesity

Nan Hui Kang ¹, Ji Sook Park ¹, Hongchan Lee ², and Jung-Eun Yim ¹

¹Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

²B Clinic, Seoul 06035, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study examined the relationships among serum ferritin, vitamin D, folate, iron, and vitamin B₁₂ as indicators of obesity. The results provide the basic data for the prevention and treatment of obese and severely obese people.

Methods: This study selected 44 people from 18 years of age or older to 59 years. This study used the indicators of the body mass index (BMI) to analyze obesity as the obesity group (BMI of 25.0–29.9 kg/m²) and as the severe obesity group (BMI ≥ 30.0 kg/m²). Of the 44 subjects, 23 and 21 subjects were in the obesity and severe obesity groups, respectively. Their height, weight, body fat, skeletal muscle mass measured using bioimpedance analysis, and measured serum nutrients and biochemical parameters.

Results: The obesity group showed a significantly lower age, body weight, BMI and body composition, body fat mass, and body fat percentage, and the height was significantly lower in the severe obesity group. The results of the biochemical parameters of the subjects showed that the levels of aspartate transaminase, alanine transaminase, hemoglobin A1c, total cholesterol, and triglyceride were within the normal range, and there was no significant difference between the 2 groups. The levels of folate, vitamin B₁₂, 25-hydroxyvitamin D₃, iron, and ferritin were almost normal, and there was no significant difference between the 2 groups.

Conclusion: This study revealed an association with the serum nutrients and obesity, but there was no difference between the obesity group and severe obesity group. Observations of the nutrient levels in not only the blood in obesity and severe obesity but also in red blood cells and tissues will be necessary.

Keywords: obesity, ferritin, vitamin D

서론

2017년 세계보건기구 (World Health Organization)의 보고에 따르면 전 세계 비만 인구는 1975년 이후 약 40년동안 3배 증가하였고, 성인 인구의 39%가 과체중이며 13%가 비만으로 보고하였다 [1]. 국내의 경우 2016년 비만 인구가 34.8%로 성인 세 명 중 한 명이 비만으로 보고되었다 [2]. 체질량지수 (body mass index, BMI) 30.0 kg/m² 이상인 고도비만 유병률은 2006년 2.8%, 2016년 5.5%로 10년 동안 약 2배 증가한 것으로 분석되고 있다 [3]. 비만할수록 지방조직이 증가하고 지방조직에서 분비되는 leptin, visfatin과 같은 아디포카인의 혈중 수치가 높을 경우 염증반응 및 인슐린 저항성 등을 유도하여 제 2형 당뇨병 및 동맥 경화로 발전된다고 보고된다 [4]. 고도비만의 경우 더욱 합병증의 위험에 많이 노출되어 있다 [5].

비만 유병률의 증가와 함께 비만의 예방 및 치료를 위한 영양소에 대해 연구가 지속되고 있는데, 그 중 엽산과 비타민 B₁₂는 호모시스테인과 관련된 연구가 많다. 엽산과 비타민 B₁₂는 체내에서 DNA와 RNA의 생합성에 관여하는 영양소로 [6], 여러 연구를 통해 비만한 사람과 호모시스테인은 관련성이 높으며 비만한 사람에서 혈중 호모시스테인의 농도가 높다고 보고했다 [7,8]. 호모시스테인은 관상동맥질환의 발병과 연관이 있으며 [9], 특히 엽산과 비타민 B₁₂를 함께 섭취했을 때 호모시스테인의 농도가 감소하는 것으로 보고되었다 [10]. 하지만 국내 연구 결과에서는 엽산과 비타민 B₁₂는 호모시스테인 농도와 유의적인 차이가 없다고 보고했으며 [11], 국외의 연구 결과에 의하면 엽산은 호모시스테인 농도와 음의 관계는 있지만 비타민 B₁₂와 호모시스테인과의 연관성은 없다고 보고하였다 [12].

비타민 D는 체내 골격의 형성과 유지, 칼슘 대사의 항상성 유지에 필수적인 역할을 하며, 전 세계적으로 현대인에게 결핍이 우려되는 영양소이다 [13]. 국내에서도 비타민 D의 수준이 매우 낮으며 남성보다는 여성이, 연령대로는 20대가 가장 낮은 것으로 보고되었다 [14]. 많은 연구를 통해 비타민 D가 결핍될수록 고혈압, 심혈관질환, 당뇨병, 암과 등의 만성질환과 관련이 높다고 알려져 있어 이들의 치료수단으로 비타민 D의 관심이 증가하고 있다 [15,16]. 혈중 비타민 D 농도는 25(OH)D₃ 수준을 통해 영양상태를 판정하고 미국의학협회에서 혈중 25(OH)D₃ 수준이 20 ng/mL 이상일 때 비타민 D 충분, 20 ng/mL (50 nmol/L) 미만일 때를 비타민 D 불충분으로 정의한다 [17]. 세계보건기구에서는 혈중 25(OH)D₃ 수준이 10 ng/mL 이하인 경우 결핍으로 판정하며 국내에서는 결핍기준이 정해지지 않았다 [18]. 비만한 성인 일수록 감소되어 있는 역의 상관관계로 보고되었으나 [19], 최근 체질량지수 25 이상의 비만인이 정상인에 비하여 비타민 D 수치가 높아 양의 상관관계 나타낸다고 보고한 국내 연구가 존재한다 [20].

혈청 페리틴은 우리 몸에 철분이 축적되는 정도를 가늠하는 수치인 동시에 염증반응 정도를 나타내는 지표로 염증 상태에 있을 때 혈청 트랜스페린은 감소하고, 페리틴 수준은 증가하는 것으로 알려져 있다 [21]. 국내에서 비만할수록 혈청 페리틴 농도가 높게 나타난다고 보고한 연구가 있으나 [22], 국내에서는 이에 대한 연구가 부족하며, 고도비만과 페리틴의 연관성을 나타낸 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 국내 비만과 고도비만 성인에서의 혈중 비타민 D와 페리틴 수준을 비교하여 비만 관리 지표로서의 혈청 영양소와의 관련성을 파악하고자 한다.

연구방법

연구 대상

서울 소재의 B 외과의원 비만클리닉에서 제공된 ID에 의하여 판별되는 2차 가공된 자료로 병원에서 환자의 동의를 받은 자료이다. 100명을 제공받아 이용하며 후향적으로 자료를 분석하였다. BMI 결과 값을 기준으로 총 여성 44명을 최종 대상으로 선정하였다 (CWNU IRB No. 1040271-201711-HR-033). 본 연구는 BMI의 지표를 활용하여 25.0–29.9 kg/m²의 비만을 비만군, 30.0 kg/m² 이상의 고도 비만을 고도비만군으로 구분하여 분석하였다.

신체 계측 및 체지방 조성 측정

연구 대상자는 몸에 착용한 장신구와 신발을 벗고 가벼운 옷차림으로 직립 자세를 유지하여 bioimpedance analysis (Inbody 720, Biospace Co., Ltd, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 신장과 체중은 소수점 두 자리까지 작성하였고 BMI는 체중에서 키의 제곱을 나누어 계산하였다. 근육량 (skeletal muscle mass, SMM), 체지방량 (body fat mass, BFM), 체지방률 (percent fat mass, PFM) 결과를 본 연구에 사용하였다.

생화학적 지표 및 혈청 영양소 분석

서울 B 외과의원 비만클리닉에서 8시간 이상 공복을 유지한 후, 상완정맥에서 일회용 주사기를 사용하여 10 mL의 정맥혈을 채취한 후 분석하였다. Aspartate transaminase (AST), alanine transaminase (ALT), 혈청 중성지방과 콜레스테롤은 효소법에 따른 ADIVIA 2400 (Siemens, Chicago, IL, USA)을 사용하여 550 nm에서 분광광도계로 측정하였다. 당화혈색소는 glycohemoglobin 분석기 (HLC-723G7; Tosoh, Amsterdam, The Netherlands)로 415 nm 흡광도에서 측정하였다. 혈청 비타민 D[25(OH)D₃]는 25 OH-Vit.D3-RIA-CT Kit (DIAsource ImmunoAssays Co., Nivelles, Belgium)를 이용하여 방사선면역측정법으로 측정하고, 혈청 페리틴의 기준치는 10–164 ng/mL를 정상수치로 분류하였다. 혈청 페리틴, 비타민 B₁₂, 철은 전기화학적 발광면역분석법에 따른 Modular E170 분석 (Roche Diagnostics, Basel, Switzerland)을 통해 측정하였다.

통계 분석

수집된 자료는 SPSS Statistics version 25.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계 분석하였으며 자료의 통계치는 평균과 표준편차로 표시하였다. 두 군 간의 일반적 특성 및 신체 계측치, 체조성, 생화학적 지표의 평균의 차이를 알아보기 위하여 독립표본 t-test를 실시하였다. 모든 자료 처리 및 통계 분석의 유의수준은 $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

결과

신체 계측 및 체지방 조성 측정

본 연구 대상자의 일반적 특성 및 체지방 조성은 **Table 1**과 같다. 비만군에서는 연령이 31.09 ± 8.60세, 고도비만군에서는 연령이 38.05 ± 9.50세로 고도비만군에서 유의적으로 높게 나타났다. 신장은 비만군은 163.65 ± 4.63 cm이었고, 고도비만군은 159.81 ± 5.20 cm로 비만군의 신장이 유의적으로 높게 나타났다. 체중과 BMI는 비만군은 93.74 ± 12.02 kg, 27.65 ± 1.6 kg/m²이었

Table 1. Body composition of the subjects

Variables	Obesity (n = 23)	Severe obesity (n = 21)	p-value
Age (yrs)	31.09 ± 8.60	38.05 ± 9.50	0.014
Weight (kg)	93.74 ± 12.02	111.95 ± 21.54	0.001
Height (cm)	163.65 ± 4.63	159.81 ± 5.20	0.013
BMI (kg/m ²)	27.65 ± 1.60	34.67 ± 5.90	0.001
SMM (kg)	48.87 ± 4.15	51.67 ± 7.00	0.112
BFM (kg)	41.91 ± 9.75	56.71 ± 14.73	0.001
PBF (%)	44.13 ± 5.73	50.57 ± 4.43	0.001

Values are mean ± SD. Analyzed using t-test.

BMI, body mass index; SMM, skeletal muscle mass; BFM, body fat mass; PBF, percent body fat.

고, 고도비만군은 111.95 ± 21.54 kg, 34.67 ± 5.9 kg/m²으로 고도비만군에서 체중과 BMI 모두 유의적으로 높았다. 대상자의 평균 근육량은 비만군에서는 48.87 ± 4.15 kg이었고, 고도비만군에서는 51.67 ± 7.00 kg으로 두 군 간의 유의적 차이가 없었다. 체지방량은 비만군에서는 41.91 ± 9.75 kg이었고, 고도비만군에서는 56.71 ± 14.73 kg으로 고도 비만군에서 유의적으로 높게 나타났다. 체지방률은 비만군에서 44.13 ± 5.73%이었고, 고도비만군에서 50.57 ± 4.43%로 고도비만군에서 유의적으로 높게 나타났다.

생화학적 지표

비만군과 고도비만군의 생화학적 지표 결과는 **Table 2**와 같다. 혈중 AST 결과 비만군에서 19.0 ± 7.61 IU/L, 고도비만군에서 21.2 ± 9.41 IU/L로 나타났고, ALT는 비만군에서 13.4 ± 5.95 IU/L, 고도비만군에서 17.0 ± 12.20 IU/L로 두 군 모두 정상범위에 해당되며 두 군 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 당화혈색소는 비만군에서 5.6 ± 0.78%이었고, 고도비만군에서 5.6 ± 0.60% 두 군 모두 정상 범위에 해당되며 두 군 간의 유의적 차이는 없었다. 중성지방은 비만군에서는 97.2 ± 41.14 mg/dL이었고, 고도비만군에서는 106.1 ± 47.26 mg/dL로 두 군 모두 정상 범위에 해당되며 두 군 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 총 콜레스테롤은 비만군에서는 190.6 ± 27.93 mg/dL이었고, 고도비만군에서는 206.6 ± 39.02 mg/dL로 두 군 간의 유의적 차이는 없었으나 고도비만군의 총 콜레스테롤 수준은 정상 범위를 초과하여 나타났다.

혈청 영양소 수준

비만군과 고도비만군의 혈청 영양소 수준은 **Table 3**과 같다. 대상자들의 평균 엽산 수준은 비만군은 9.70 ± 4.38 ng/mL, 고도비만군은 12.70 ± 9.58 ng/mL로 두 군 모두 정상수치에 해당되며 고도비만군의 엽산 수치가 비만군에 비해 높게 나타났으나 두 군 사이에 유의적 차이는 없었다. 평균 비타민 B₁₂ 수준은 비만군은 605.30 ± 179.73 pg/mL, 고도비만군은 623.80 ± 192.70 pg/mL으로 두 군 모두 정상수치에 해당되며 두 군 사이의 유의적인 차이는 없었다. 대상자들의 평균 25(OH)D₃ 수치는 비만군에서 37.50 ± 16.83 ng/mL이었고, 고도비만군에서 42.90 ± 18.07 ng/mL로 나타났으며 두 군 사이의 유의적인 차이는 없었다. 평균 철분 수치는 비만군

Table 2. Blood biochemical parameters of the subjects

Parameter	Obesity (n = 23)	Severe obesity (n = 21)	p-value
AST (IU/L)	19.00 ± 7.61	21.20 ± 9.41	0.390
ALT (IU/L)	13.40 ± 5.95	17.00 ± 12.20	0.219
HbA1c (%)	5.60 ± 0.78	5.60 ± 0.60	0.861
Total cholesterol (mg/dL)	190.60 ± 27.93	206.60 ± 39.02	0.123
Triglyceride (mg/dL)	97.20 ± 41.14	106.10 ± 47.26	0.507

Values are mean ± SD. Analyzed using t-test.

AST, aspartate transaminase; ALT, alanine transaminase; HbA1c, hemoglobin A1c.

Table 3. Blood nutrients levels of the subjects

Parameter	Obesity (n = 23)	Severe obesity (n = 21)	p-value
Folate (ng/mL)	9.70 ± 4.38	12.70 ± 9.58	0.380
Vitamin B ₁₂ (pg/mL)	605.30 ± 179.73	623.80 ± 192.70	0.219
25(OH)D ₃ (ng/mL)	37.50 ± 16.83	42.90 ± 18.07	0.861
Iron (μg/dL)	88.80 ± 29.95	77.60 ± 36.99	0.123
Ferritin (ng/mL)	97.90 ± 62.12	103.50 ± 91.53	0.507

Values are mean ± SD.

25(OH)D₃, 25-hydroxyvitamin D₃.

에서 88.80 ± 29.95 μg/dL이었고, 고도비만군에서 77.60 ± 36.99 μg/dL로 두 군 모두 정상수치에 해당하며 두 군 사이의 유의적인 차이는 없었다. 평균 혈청 페리틴 수치는 비만군에서 97.90 ± 62.12 ng/mL이었고, 고도비만군에서 103.50 ± 91.53 ng/mL로 나타났으며 두 군 사이에 유의적인 차이는 없었다.

고찰

본 연구는 국내 비만과 고도 비만 여성의 혈청 영양소 수준의 차이를 관찰하고자 하였다. 서울 소재의 B 외과의원에서 2차 가공된 44명의 자료를 제공받아 후향적으로 분석하였다.

비만군의 혈청 25(OH)D₃ 수치는 37.50 ± 16.83 ng/mL이었고, 고도비만군은 42.90 ± 18.07 ng/mL로 나타났다. 25(OH)D₃ 기준치는 20 ng/mL 이하 불충분, 30 ng/mL 이상 충분으로 구분한 것과 비교하였을 때 [17], 본 연구의 대상자의 혈청 25(OH)D₃ 수치는 모두 충분하게 나타났으며, 비만군과 고도비만군의 유의한 차이는 없었다. 국외 대부분의 연구에서는 비만할수록 혈중 25(OH)D₃ 수준은 낮다고 보고하였고 [23], 국내 연구에서는 비만할수록 25(OH)D₃ 수준이 높게 나타난다고 보고하였다 [24]. 본 연구와 동일하게 BMI와 25(OH)D₃의 연관성은 없다고 보고한 연구도 존재한다 [25,26]. 비만한 사람에서 혈중 비타민 D가 낮은 기전에 대해서는 지용성인 비타민 D가 지방조직에 의해 제거되어 비만하지 않은 사람과 비교했을 때 비타민 D가 지방조직 내로 격리, 저장이 증가한다고 알려져 있다 [27,28]. 비만한 여성의 지방조직은 비타민 D 분해를 위한 효소를 발현시키고, 피하 지방조직은 비타민 D의 25-hydroxylation을 조절하는 효소의 기능이 저하시킨다고 보고한다 [29]. 비만하지 않은 사람에 비해 간에서 25(OH)D₃ 합성이 더 느리게 나타나는 것도 비만한 사람의 혈중 비타민 D 농도 저하와 관련이 있다고 보고한다 [30]. 과체중 및 비만 여성의 혈중 비타민 D 수준이 2.7 ng/mL 증가했을 때 기저 체중의 5%~10%가 감소하였다고 보고한 연구가 있어 [31], 비타민 D와 체중 조절 관련성이 있음을 시사한다. 비만과 혈청 25(OH)D₃과의 관련성에 관한 결과가 다양하게 나타나는 것은 연구 대상자의 인종, 성별, 식습관, 생활습관, 일조량이 달라지는 계절에 따른 차이, 피부에서 합성되는 정도의 차이에 따라서 혈청 25(OH)D₃의 수준이 달라질 것으로 추측한다. 특히 여성의 경우 폐경 여부에 영향이 있을 것으로 추측하며, 본 연구 대상자의 평균 연령은 각각 31.09 ± 8.60세, 38.05 ± 9.50세의 폐경 전 여성으로 폐경 이후 비만 여성의 25(OH)D₃ 수준과는 차이가 있을 것으로 사료된다. 실제로 국내 폐경 후 여성의 혈청 25(OH)D₃ 수준을 조사한 연구 결과 [32]에서, 22.2 ± 10.9 ng/mL로 본 연구 대상자의 25(OH)D₃ 수준보다 낮게 나타나 비만 여성의 폐경 여부에 따른 혈청 25(OH)D₃ 수준을 비교하는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 대상자들의 혈청 철분 수치는 비만군에서는 $88.80 \pm 29.95 \mu\text{g/dL}$ 이었고, 고도 비만군에서는 $77.60 \pm 36.99 \mu\text{g/dL}$ 으로 모두 정상 수준이었으며 두 군 간의 유의적인 차이가 없었다. 국내 연구에서는 BMI가 증가할수록 오히려 혈청 철 수준의 유의적 증가가 나타났다고 보고하였고 [33], 국외 연구에서는 비만한 사람일수록 철 결핍의 발생 높았다고 보고하여 비만과 혈청 철분 수치에 대해서는 다양한 결과 [34]가 보고되었다. 비만과 철분의 관련성은 명확하지 않지만, 비만으로 인한 체내 염증상태가 소장에서의 철분 흡수를 저해하는 것으로 추측하며, 내장 지방이 많을수록 관련성이 높아진다고 하였다 [35]. 비만인의 경우 특히 C-reactive protein (CRP)의 수준이 정상인보다 유의적으로 높는데 체내 CRP의 증가가 혈청 철분의 고갈을 불러일으킨다고도 추측한다 [36]. 본 연구의 경우 비만인, 고도비만인만을 비교하여 비만과 철분의 관련성에 대해 유의적인 차이를 찾지 못하였다.

혈청 페리틴 수준은 본 연구에 참여한 비만군은 $97.90 \pm 62.12 \text{ ng/mL}$ 이었고, 고도비만군은 $103.50 \pm 91.53 \text{ ng/mL}$ 로 나타났는데, 이는 국내에서 정상 체중 여성을 대상으로 한 연구에서의 [37] 혈청 페리틴 수치인 47.7 ng/mL 보다 높은 수준으로 비만인에서 정상 체중군에 비해 페리틴 수치가 높게 나타난다고 보고한 국외 다른 연구와 유사한 결과이다 [21,38]. 페리틴은 체내 철분 영양 상태를 알 수 있는 지표로 남성의 경우 혈중 수준이 높게 나타나 성별에 따른 차이가 있음이 보고되었다 [39]. 본 연구의 대상자가 여성으로만 국한되어 있어 유의적인 차이가 나타나지 않을 수 있음을 추측한다. 페리틴은 체내 염증상태이거나 간질환이 있는 경우 증가될 수 있다. 체내 염증상태가 간의 염증성 단백질 합성을 증가시키고, 지방세포에서 사이토카인 (cytokine) 생성이 증가되어 페리틴의 농도가 증가한다 [40]. 비만의 경우 체지방이 축적되어 있기 때문에 체내 염증상태가 지속되어 페리틴의 농도가 증가하고 BMI가 증가할수록 페리틴의 농도가 증가한다고 보고되었다 [41].

본 연구의 제한점은 대상자가 여성으로 국한되었다는 점, 비만군과 고도비만군 두 군으로만 구분하여 정상군과의 비교를 하지 못하였다는 점이다. 추후 연구자가 직접 식사 섭취 조사나 영양판정 평가, 영양소 섭취 등을 보완한 대규모 연구가 필요하리라 생각된다.

본 연구에서 비만인과 고도비만인의 혈액 영양소 vitamin D, ferritin, iron, folate, vitamin B₁₂ 수준은 차이가 없는 것으로 나타났다. 비만인과 고도비만인에서의 혈액뿐 아니라, 조직에서의 영양소 수준 관찰이 필요하며, 비만 예방이나 치료를 위한 근거를 마련하기 위해서는 보다 심도 깊은 전향적 연구가 필요하다고 사료된다.

요약

본 연구는 국내 비만과 고도비만 여성의 혈청 영양소 수준을 관찰하고자 시행하였다. 본 연구 결과를 통해 비만인과 고도비만인의 비만 예방 및 관리 지표로서의 혈청 영양소와의 관련성을 파악하고자 하였다. 본 연구의 대상자의 연령은 만18세 이상에서 59세 이하 성인 여성이며 서울 B 외과의원 비만클리닉에서 제공된 ID에 의하여 판별되는 2차 가공된 자료로 병원에서 환자의 동의를 받고 후향적으로 자료를 분석하여 총 44명을 대상으로 선정하였다. 본 연구는 BMI의 지표를 활용하여 BMI가 $25.0\text{--}29.9 \text{ kg/m}^2$ 의 비만을 비만군, 30.0 kg/m^2 이상의 고도 비만을 고도비만군으로 구분하여 비만군 23명, 고도비만군 21명을 분석하였다. 연구 대상

자들의 신장과 체중, BMI, SMM, BFM, PFM을 체성분 분석을 통해 조사하였고, 혈중 생화학적 지표와 엽산, 비타민 B₁₂, 25(OH)D₃, 철, 페리틴 수준을 분석하였다. 비만군과 고도 비만군의 연령, 체중, BMI 및 체조성 중 체지방량, 체지방률은 비만군이 유의적으로 낮게 나타났으며 신장은 고도 비만군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 생화학적 지표 검사결과 AST, ALT, 당화혈색소, 총 콜레스테롤, 중성지방은 대부분 정상 범위에 해당하였으며 두 군 사이의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 비만과 관련된 혈청 영양소 수준을 조사한 결과 혈청 엽산, 비타민 B₁₂, 25(OH)D₃, 철, 페리틴의 수치는 대부분 정상 범위에 해당하며 두 군 간의 유의적인 차이는 없었다. 본 연구에서 비만과 고도비만 성인 여성의 혈청 영양소 수준은 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 국내에서 비만 예방이나 치료를 위한 근거를 마련하기 위해서 비만과 영양소의 관련성에 대해 보다 심도 깊은 전향적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. World Health Organization. Fact Sheets: Obesity and Overweight [Internet]. Geneva: WHO; 2017 [cited 2020 Apr 1]. Available from: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2016: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANESVI-3). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017.
3. Oh SW. Recent Epidemiological changes in Korean obesity. *Korean J Helicobacter Up Gastrointest Res* 2017; 17(2): 62-65.
[CROSSREF](#)
4. Mohamed-Ali V, Pinkney JH, Coppack SW. Adipose tissue as an endocrine and paracrine organ. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22(12): 1145-1158.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Na YK, Hong HS, Suk HJ. Blood biochemical parameters, physical activity, stress and sleep management by body mass index. *J Korean Biol Nurs Sci* 2014; 16(2): 133-140.
[CROSSREF](#)
6. Combs GF, McClung JP. *The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health*. Cambridge: Academic Press; 2016.
7. Lee SR. Effect of high frequency and the consumption of catechin on the composition of the body, blood stroma, hormone and antioxidant activity in the management of abdominal obesity [dissertation]. Seoul: Sungshin Women's University; 2010.
8. Arita Y, Kihara S, Ouchi N, Takahashi M, Maeda K, Miyagawa J, et al. Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. *Biochem Biophys Res Commun* 1999; 257(1): 79-83.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. Woodside JV, Yarnell JW, McMaster D, Young IS, Harmon DL, McCrum EE, et al. Effect of B-group vitamins and antioxidant vitamins on hyperhomocysteinemia: a double-blind, randomized, factorial-design, controlled trial. *Am J Clin Nutr* 1998; 67(5): 858-866.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Brönstrup A, Hages M, Prinz-Langenohl R, Pietrzik K. Effects of folic acid and combinations of folic acid and vitamin B-12 on plasma homocysteine concentrations in healthy, young women. *Am J Clin Nutr* 1998; 68(5): 1104-1110.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Lim HS, Heo Y. Plasma total homocysteine, folate and vitamin B12 concentrations in patients with coronary stenosis. *Korean J Community Nutr* 2005; 10(6): 963-970.
12. Dierkes J, Kroesen M, Pietrzik K. Folic acid and vitamin B6 supplementation and plasma homocysteine concentrations in healthy young women. *Int J Vitam Nutr Res* 1998; 68(2): 98-103.
[PUBMED](#)
13. Holick MF. Vitamin D status: measurement, interpretation, and clinical application. *Ann Epidemiol* 2009; 19(2): 73-78.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

14. Jung IK. Prevalence of vitamin D deficiency in Korea: results from KNHANES 2010 to 2011. *J Nutr Health* 2013; 46(6): 540-551.
CROSSREF
15. Park S, Lee BK. Vitamin D deficiency is an independent risk factor for cardiovascular disease in Koreans aged ≥ 50 years: results from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutr Res Pract* 2012; 6(2): 162-168.
PUBMED | CROSSREF
16. Oh MG, Han MA, Park J, Ryu SY, Choi SW. The prevalence of vitamin D deficiency among cancer survivors in a nationwide survey of the Korean population. *PLoS One* 2015; 10(6): e0129901.
PUBMED | CROSSREF
17. Institute of Medicine Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium (US). *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. Washington, D.C.: National Academies Press; 2011.
18. WHO Scientific Group on the Prevention and Management of Osteoporosis. *Prevention and Management of Osteoporosis: Report of a WHO Scientific Group*. Geneva: WHO; 2003.
19. Bell NH, Epstein S, Greene A, Shary J, Oexmann MJ, Shaw S. Evidence for alteration of the vitamin D-endocrine system in obese subjects. *J Clin Invest* 1985; 76(1): 370-373.
PUBMED | CROSSREF
20. Park JY, Heo YR. Relationship of vitamin D status and obesity index Korean women. *J Nutr Health* 2016; 49(1): 28-35.
CROSSREF
21. Jurado RL. Iron, infections, and anemia of inflammation. *Clin Infect Dis* 1997; 25(4): 888-895.
PUBMED | CROSSREF
22. Park SK, Choi WJ, Oh CM, Kim J, Shin H, Ryou JH. Association between serum ferritin levels and the incidence of obesity in Korean men: a prospective cohort study. *Endocr J* 2014; 61(3): 215-224.
PUBMED | CROSSREF
23. Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, et al. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest* 2004; 114(12): 1752-1761.
PUBMED | CROSSREF
24. Schaich KM. Metals and lipid oxidation. *Contemporary issues. Lipids* 1992; 27(3): 209-218.
PUBMED | CROSSREF
25. Jang SY, Lee JY, Bae JM, Lee C, Hong SN, Kim A, et al. 25-hydroxyvitamin D levels and body mass index in healthy postmenopausal women. *Korean J Obstet Gynecol* 2012; 55(6): 378-383.
CROSSREF
26. de Luis DA, Pacheco D, Izaola O, Terroba MC, Cuellar L, Cabezas G. Micronutrient status in morbidly obese women before bariatric surgery. *Surg Obes Relat Dis* 2013; 9(2): 323-327.
PUBMED | CROSSREF
27. Wortsman J, Matsuoka LY, Chen TC, Lu Z, Holick MF. Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(3): 690-693.
PUBMED | CROSSREF
28. Blum M, Dolnikowski G, Seyoum E, Harris SS, Booth SL, Peterson J, et al. Vitamin D₃ in fat tissue. *Endocrine* 2008; 33(1): 90-94.
PUBMED | CROSSREF
29. Wamberg L, Christiansen T, Paulsen SK, Fisker S, Rask P, Rejnmark L, et al. Expression of vitamin D-metabolizing enzymes in human adipose tissue -- the effect of obesity and diet-induced weight loss. *Int J Obes* 2013; 37(5): 651-657.
PUBMED | CROSSREF
30. Targher G, Bertolini L, Scala L, Cigolini M, Zenari L, Falezza G, et al. Associations between serum 25-hydroxyvitamin D₃ concentrations and liver histology in patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2007; 17(7): 517-524.
PUBMED | CROSSREF
31. Rock CL, Emond JA, Flatt SW, Heath DD, Karanja N, Pakiz B, et al. Weight loss is associated with increased serum 25-hydroxyvitamin D in overweight or obese women. *Obesity (Silver Spring)* 2012; 20(11): 2296-2301.
PUBMED | CROSSREF
32. Yoon JS, Song MK. Vitamin D intake, outdoor activity time and serum 25-OH vitamin D concentrations of Korean postmenopausal women by season and by age. *Korean J Community Nutr* 2015; 20(2): 120-128.
CROSSREF
33. Lee OH, Chung YS, Moon JW. Iron status according to serum selenium concentration and physique in young female adults. *Korean J Nutr* 2010; 43(2): 114-122.
CROSSREF

34. Stankowiak-Kulpa H, Kargulewicz A, Styszyński A, Swora-Cwynar E, Grzymisławski M. Iron status in obese women. *Ann Agric Environ Med* 2017; 24(4): 587-591.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
35. Aeberli I, Hurrell RF, Zimmermann MB. Overweight children have higher hepcidin concentrations and lower iron status but have dietary iron intakes and circulating and bioavailability comparable with normal weight children. *Int J Obes (Lond)* 2009; 33(10): 1111-1117.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
36. Ganz T, Olbina G, Girelli D, Nemeth E, Westerman M. Immunoassay for human serum hepcidin. *Blood* 2008; 112(10): 4292-4297.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
37. Kim HK, Lim JH, Kwon ER, Park YJ, Kim NE, Noh WY, et al. Serum ferritin and risk of the metabolic syndrome in Korean adults. *Korean J Obes* 2010; 19(2): 48-55.
38. Jehn M, Clark JM, Guallar E. Serum ferritin and risk of the metabolic syndrome in U.S. adults. *Diabetes Care* 2004; 27(10): 2422-2428.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
39. Shiwaku K, Anuurad E, Enkhmaa B, Kitajima K, Yamane Y. Appropriate BMI for Asian populations. *Lancet* 2004; 363(9414): 1077.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
40. Lecube A, Hernández C, Pelegrí D, Simó R. Factors accounting for high ferritin levels in obesity. *Int J Obes* 2008; 32(11): 1665-1669.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
41. Khan A, Khan WM, Ayub M, Humayun M, Haroon M. Ferritin is a marker of inflammation rather than iron deficiency in overweight and obese people. *J Obes* 2016; 2016: 1937320.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)