

우리나라 성인 여성의 항산화비타민 섭취량과 비만의 연관성 : 2007 ~ 2016년 국민 건강영양조사 자료를 이용하여*

함동우¹ · 김성아¹ · 전신영² · 강민숙³ · 정효지^{1,4†}

서울대학교 보건환경연구소¹, 퍼듀대학교 영양학과², 국립농업과학원 농식품자원부 식생활영양과³, 서울대학교 보건대학원 보건학과⁴

Association between antioxidant vitamin intake and obesity among Korean women: using the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007 ~ 2016*

Ham, Dongwoo¹ · Kim, Seong-Ah¹ · Jun, Shinyoung² · Kang, Min-Sook³ · Joung, Hyojee^{1,4†}

¹Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Department of Nutrition Science, Purdue University, West Lafayette, IN 47907, USA

³Food and Nutrition Division, Department of Agro-food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Jeonbuk 55365, Korea

⁴Department of Public Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study examined the association between the antioxidant vitamin intake and obesity in Korean women. **Methods:** Adult women aged ≥ 19 years who completed a health examination and nutrition survey from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey between 2007 ~ 2016 were selected for the study ($n=30,425$). A BMI ≥ 25 kg/m² and waist circumference ≥ 85 cm were defined as obesity and abdominal obesity, respectively. The individual antioxidant vitamin intake was estimated by linking the antioxidant vitamin composition database of commonly consumed foods and the subjects' 24-hour recall food consumption data. Carotenoids, retinol, vitamin A (retinol activity equivalent), vitamin C, tocopherols, and vitamin E (α -tocopherol equivalent) were included in the analysis. Each vitamin intake was converted to the nutrient density per 1,000 kcal. Odds ratio (ORs) and 95% confidence interval (CI) for obesity according to each tertile of the nutrient density was obtained from multiple logistic regression adjusted for age, household income, education level, smoking, alcohol consumption, and physical activity. **Results:** The mean intake of α -carotene, retinol, vitamin E, α -tocopherol, and γ -tocopherol per 1,000 kcal was significantly lower in the obese group than in the normal group. A higher intake of lycopene was inversely associated with obesity (highest vs. lowest; OR = 0.89, 95% CI: 0.83–0.96) and abdominal obesity (highest vs. lowest; OR = 0.88, 95% CI: 0.81–0.95). Higher intakes of α -carotene, total carotenoids, vitamin A, and γ -tocopherol also had a negative relationship with abdominal obesity. The antioxidant vitamin intakes from eggs, milk and dairy products, seasoning, and grains were significantly lower in the obese group than in the normal group. **Conclusion:** This study showed that the dietary intake of antioxidant vitamins was inversely associated with obesity and abdominal obesity among Korean women. Further study will be needed to examine the causal relationship between the antioxidant vitamin and obesity.

KEY WORDS: antioxidant vitamin, obesity, abdominal obesity, Korean women, KNHANES

서론

비만은 심혈관계 질환, 제2형 당뇨, 고혈압, 이상지질혈증 등 다양한 만성질환의 위험요인으로 전 세계적으로 그 유병률이 증가하고 있으며,¹ 수많은 연구를 통해 비만은

정상 체중에 비해 사망 위험을 높이는 것으로 보고되어 왔다.² 질병관리본부가 발표한 국민건강통계에 따르면 2016년 우리나라 성인 여성의 비만 (체질량지수 ≥ 25 kg/m²) 유병률 (26.4%)은 남성 (42.3%)에 비해 낮았고, 복부비만 (허리둘레 ≥ 85 cm)의 유병률 (27.8%)도 남성 (31.6%)보다

Received: September 7, 2018 / Revised: September 27, 2018 / Accepted: October 10, 2018

* This work was carried out with the support of 'Research Program for Agricultural Science and Technology Development', National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. PJ013475022018).

† To whom correspondence should be addressed.

tel: +82-2-880-2831, e-mail: hjjoung@snu.ac.kr

© 2018 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.

는 낮았다. 그러나 남성의 비만 유병률은 연령이 증가할수록 감소한 것과는 달리 여성은 연령이 증가할수록 비만 유병률이 높았다.³ 여성호르몬인 에스트로겐은 체내 지질 대사를 조절하여 비만을 예방하는 기능을 갖는데, 폐경기 이후 에스트로겐 분비가 점차 감소함에 따라 중년 이후 여성에게서 비만의 위험이 점차 높아지는 것으로 알려져 있다.⁴ 또한 비만은 여성에게서 고콜레스테롤혈증, 당뇨 등 다양한 만성질환의 원인일 뿐만 아니라,¹ 다낭성난소증후군, 월경 불순, 자궁암 등 각종 부인과 질환 발생 위험도 높이는 것으로 보고되고 있다.⁵

비만의 주요 원인으로 에너지의 과잉 섭취, 유전적 요인, 부적절한 생활행태, 환경적 요인 등이 보고되고 있다.¹ 비만 발생의 생화학적 기전에 관한 선행 연구에 따르면, 대식세포 (macrophage)와 같은 면역세포는 면역반응 중에 활성산소를 발생시키는데, 염증상태가 지속되면 활성산소가 체내에 점점 축적되어 산화스트레스 수준이 높아지게 된다.⁶ 산화스트레스는 세포 내 지질 및 단백질 대사를 교란시키고, 이로 인한 신체 대사의 기능 저하는 비만을 유발시키는 것으로 알려졌다.⁷ 또한 에너지의 과잉 섭취는 지방세포 (adipocyte)에서 사이토카인 (cytokine)의 일종인 렙틴 (leptin) 분비를 유발하고 렙틴은 체내 염증수준을 반영하는 지표인 TNF- α (tumor necrosis factor- α), IL-6 (interleukin-6) 등의 발현을 촉진하게 된다.^{8,9}

비만의 위험인자인 산화스트레스는 활성산소와의 반응성이 높은 항산화물에 의해 조절되며, 대표적인 항산화물질로는 식품을 통해 섭취하는 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E 등의 항산화비타민이 있다.¹⁰⁻¹² 여러 선행연구를 통해 혈중 항산화비타민 수준과 비만의 관련성이 보고되어 왔다. 비만 환자들을 대상으로 수행된 한 검진조사에서 체질량지수 (body mass index, BMI)와 혈중 레티놀 및 α -토코페롤 농도 사이에 음의 연관성이 관찰되었다.¹³ 미국과 멕시코의 성인 여성을 대상으로 수행된 관찰연구에서도 BMI가 높은 대상자일수록 혈중 카로티노이드와 비타민 C 농도는 낮은 것으로 나타났다.^{14,15}

이러한 항산화비타민은 주로 식사를 통해 섭취하지만, 국내에서는 지금까지 대표성이 확보된 표본으로 항산화비타민 섭취실태와 비만의 연관성을 분석한 연구가 부족한 실정이다. 국민건강영양조사 식품섭취조사자료는 개별 카로티노이드와 토코페롤 섭취량을 포함하지 않고 있다. 또한 비타민 A 섭취량의 경우 2015년까지는 2015 한국인 영양소 섭취기준¹⁶에서 새롭게 제정된 레티놀 활성 당량 (retinol activity equivalent, RAE) 대신 레티놀 당량 (retinol equivalent, RE)으로만 섭취량을 조사하여, 2016년 이전과 이후의 자료를 통합할 경우 직접적인 섭취량 비교가 불가

능하다는 제약이 있다. 따라서 본 연구는 체계적으로 구축된 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량 데이터베이스를 2007~2016년 국민건강영양조사 식품섭취조사자료와 연계하여, 성인 여성의 항산화비타민 섭취량과 비만의 연관성을 분석하고 식사를 통한 비만 예방 및 관리방안의 과학적 근거를 제시하고자 수행되었다.

연구방법

연구대상

본 연구는 국민건강영양조사 제4-5-6기 (2007~2015) 및 제7기 1차년도 (2016) 자료를 이용하였다. 해당 년도에 국민건강영양조사에 참여한 만 19세 이상 성인 여성 35,436명 중, 총 30,861명이 검진조사 중 신체계측 및 24시간 회상법을 이용한 식품섭취조사를 완료하였다. 이들 중 일일 에너지 섭취량이 500 kcal 미만이거나 5,000 kcal 초과인 대상자를 제외하여 30,425명을 연구대상으로 선정하여 분석하였다. 본 연구자료는 2007~2014년에는 질병관리본부 연구윤리심의위원회 승인을 받아 수집되었으며 (승인번호 : 2007-02CON-04-P, 2008-04EXP-01-C, 2009-01CON-03-2C, 2010-02CON-21-C, 2011-02CON-06-C, 2012-01EXP-01-2C, 2013-07CON-03-4C, 2013-12EXP-03-5C), 2015~2016년에는 생명윤리법 제2조 제1호 및 동법 시행규칙 제2조 제2항 제1호에 따라 연구윤리심의위원회 심의를 받지 않고 수집되었다.

일일 항산화비타민 섭취량 추정

연구대상자의 1일 항산화비타민 섭취량은 본 연구진이 기구측한 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량 데이터베이스를 24시간 회상 식품섭취조사자료에 연계하여 추정하였다. 본 데이터베이스는 제4-5기 국민건강영양조사에 참여한 대상자들이 섭취한 식품 3,193종에 대하여 우리나라 농촌진흥청^{17,18}과 미국 United States Department of Agriculture¹⁹에서 발표한 자료를 바탕으로, 카로티노이드 6종 (α -카로틴, β -카로틴, 라이코펜, β -크립토잔틴, 루테인/제아잔틴), 레티놀, 비타민 C, 토코페롤 4종 (α -토코페롤, β -토코페롤, γ -토코페롤, δ -토코페롤) 등 항산화비타민의 식품별 함량을 수집하여 구축되었다. 동일 식품에 대해 복수의 함량값이 제시되어 있는 경우에는 농촌진흥청에서 발표한 값을 우선적으로 사용하였으며, 두 자료원에 모두 포함되어 있지 않은 경우 농촌진흥청에서 인용한 일본 문부과학성²⁰의 자료를 이용하였다.²¹ 또한 자료원에 함량값이 없는 식품의 경우, 가공상태는 다르지만 원재료가 동일한 식품의 함량값을 바탕으로 질병관리본부가 발표하는 수분

환산계수와 Chun 등²²이 고안한 방법을 사용하여 대체값을 적용하였다. 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량 데이터베이스 구축 과정은 선행 연구논문들에 자세하게 기술되어 있다.^{21,23,24}

개인별 항산화비타민 섭취량은 개별 식품 섭취량 (g)과 식품 1 g 당 항산화비타민 함량을 곱한 뒤, 하루 동안 식품을 통해 섭취한 항산화비타민 섭취량을 모두 합하여 산출하였다. 에너지 섭취량의 영향을 최소화하고자 개인별 항산화비타민 섭취량을 열량 1,000 kcal 당으로 환산하여 섭취밀도를 계산하였다. 또한 국민건강영양조사의 18개 식품군 분류를 바탕으로 대상자들이 섭취한 식품을 식물성 식품군 (plant-derived foods), 동물성 식품군 (animal-derived foods), 기타 식품군 (others)으로 재분류하여, 식품군별 항산화비타민 섭취량을 추정하였다. 식물성 식품군에는 곡류 및 그 제품, 채소류, 과일류, 해조류, 그 외 식물성 식품군 (감자 및 전분류, 두류 및 그 제품, 종실류 및 그 제품)을, 동물성 식품군에는 육류 및 그 제품, 난류, 어패류, 우유류 및 그 제품을, 기타 식품군에는 유지류, 음료 및 주류, 조미료류, 그 외 식품군 (당류 및 그 제품, 버섯류, 조리 가공식품류, 기타)을 포함시켰다.

비타민 A 섭취량은 μg 레티놀 활성 당량 (RAE)으로, 비타민 E 섭취량은 mg α -토코페롤 당량 (α -tocopherol equivalent, α -TE)으로 계산하였으며, 사용한 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Vitamin A } (\mu\text{g RAE}) = \mu\text{g retinol} + \mu\text{g } \beta\text{-carotene}/12 \\ + \mu\text{g } \alpha\text{-carotene}/24 + \mu\text{g } \beta\text{-cryptoxanthin}/24^{25}$$

$$\text{Vitamin E } (\text{mg } \alpha\text{-TE}) = \text{mg } \alpha\text{-tocopherol} \\ + \text{mg } \beta\text{-tocopherol} \times 0.5 + \text{mg } \gamma\text{-tocopherol} \times 0.1 \\ + \text{mg } \delta\text{-tocopherol} \times 0.03^{26}$$

비만의 정의

연구대상의 비만 유병 여부는 세계보건기구에서 제정한 아시아인의 BMI를 적용한 비만 기준²⁷과 대한비만학회에서 제정한 한국인의 복부비만 기준²⁸을 적용하여 판정하였다. BMI (kg/m^2)는 검진조사 중 조사원이 직접 측정된 신장 (m)과 체중 (kg)을 바탕으로 산출되었으며, 허리둘레 (cm) 측정도 신체계측 시 함께 진행되었다. BMI가 $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ 이상인 경우 BMI 기준에 따른 비만으로, 허리둘레가 85 cm 이상인 경우 복부비만으로 판정하였다.

연구대상의 일반적 특성

연구대상의 인구사회학적 특성을 나타내는 변수로 연령, 가구소득, 교육수준을 사용했다. 연령은 19~29세, 30~49세, 50~64세, 65세 이상으로 범주화하였다. 가구소득은

‘상’, ‘중상’, ‘중하’, ‘하’의 사분위로 구분하였으며, 교육수준은 ‘대학 졸업 이상’, ‘고등학교 졸업’, ‘중학교 졸업’, ‘초등학교 졸업 이하’로 분류하였다.

생활행태를 나타내는 변수로는 현재 흡연율, 월간 음주율, 중등도 신체활동 실천율 (2007~2013) 및 유산소 신체활동 실천율 (2014~2016)을 사용하였다. 현재 흡연율은 평생 담배 5갑 (100개비) 이상 피웠고 현재 담배를 피우는 분율로, 월간 음주율은 최근 1년 동안 월 1회 이상 음주한 분율로 정의하였다. 중등도 신체활동 실천율은 최근 1주일 동안 중등도 신체활동을 1회 30분 이상, 주 5일 이상 실천한 분율로 정의하였고, 유산소 신체활동 실천율은 중강도 신체활동을 주 2시간 30분 이상 또는 고강도 신체활동을 주 1시간 15분 이상 또는 중강도와 고강도 신체활동을 혼합하여 각 활동에 상당하는 시간을 실천한 분율로 정의하였다.

통계분석

국민건강영양조사의 복합표본설계 (complex sampling design) 특성을 반영하여, 층 (kstrata), 집락 (psu), 조사부문별 연관성 가중치와 기수간 통합 가중치를 고려한 복합표본분석법을 사용하였다. 모든 분석은 BMI 기준에 따른 비만군과 정상군, 허리둘레 기준에 따른 복부비만군과 정상군에 대하여 각각 수행하였다. 통계분석은 SAS 9.4 (Statistical Analysis System 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하였으며, 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 를 기준으로 하였다.

연구대상의 일반적 특성 중 범주형 변수는 항목별 백분율로, 연속형 변수는 PROC SURVEYMEANS를 이용하여 평균과 표준오차로 나타냈으며, 각각 PROC SURVEYFREQ를 통한 Rao-Scott χ^2 -test 또는 PROC SURVEYREG를 통한 t-test로 비만군과 정상군의 분포 차이를 검정하였다. 비만군과 정상군의 일일 항산화비타민 섭취수준의 평균과 표준오차를 산출하였고, 연령, 가구소득, 교육수준, 현재 흡연율, 월간 음주율, 중등도 신체활동 실천율 및 유산소 신체활동 실천율을 보정하여 ANCOVA로 집단간 차이가 유의한지 확인하였다. 개별 항산화비타민 섭취수준을 삼분위로 범주화한 뒤, 연령, 가구소득, 교육수준, 현재 흡연율, 월간 음주율, 중등도 신체활동 실천율 및 유산소 신체활동 실천율을 보정한 다중 로지스틱 회귀분석 (multiple logistic regression)을 통해 항산화비타민을 가장 적게 섭취하는 대상자 (T1)에 비하여 많이 섭취하는 대상자 (T2, T3)가 비만일 오즈비 (odds ratio, OR)를 계산하였다. OR의 p for trend는 항산화비타민 섭취수준의 분위별 중위수를 회귀식에 적용하여 도출하였다.

결 과

연구대상자의 일반적 특성을 Table 1에 제시하였다. BMI 기준에 따른 비만군은 9,027명 (29.7%), 정상군은 21,349명 (70.3%)이었으며, 허리둘레 기준에 따른 복부비만군은 8,217명 (27.1%), 정상군은 22,145명 (72.9%)이었다. BMI에 따라 비만 여부를 판정한 경우와 허리둘레에 따라 비만 여부를 판정한 경우 모두 비만군과 정상군 사이에 연령, 가구소득, 교육수준, 월간 음주율에 있어 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.0001$).

Table 2는 비만군과 정상군의 열량 1,000 kcal 당 항산화비타민 섭취량을 비교한 것이다. BMI 기준에 따른 비만군

과 허리둘레 기준에 따른 복부비만군에서 모두 α -카로틴 (BMI 기준 $p = 0.0078$, 허리둘레 기준 $p < 0.0001$), 레티놀 ($p < 0.0001$), 비타민 E ($p < 0.0001$), α -토코페롤 ($p < 0.0001$), γ -토코페롤 ($p < 0.0001$) 섭취량이 정상군에 비해 유의하게 낮았다. 라이코펜은 복부비만군에서만 정상군에 비해 유의하게 적게 섭취하고 있었다 ($p = 0.0214$).

항산화비타민 섭취수준에 따른 비만의 유병률을 비교하기 위해 섭취수준 삼분위별 OR과 95% 신뢰구간을 Table 3에 제시하였다. α -카로틴 (T3 vs. T1, OR = 0.87, 95% CI: 0.80-0.95), 라이코펜 (T3 vs. T1, OR = 0.88, 95% CI: 0.81-0.95), 총 카로티노이드 (T3 vs. T1, OR = 0.91, 95% CI: 0.83-0.99), 비타민 A (T3 vs. T1, OR = 0.90, 95% CI: 0.83-0.98),

Table 1. General characteristics of the study subjects

Variables ¹⁾	BMI < 25 kg/m ² (n = 21,349)	BMI \geq 25 kg/m ² (n = 9,027)	p-value ²⁾	WC < 85 cm (n = 22,145)	WC \geq 85 cm (n = 8,217)	p-value ²⁾
Age, years ³⁾						
19 ~ 29	13.6	5.5	< 0.0001	13.9	4.0	< 0.0001
30 ~ 49	40.8	28.5		42.4	23.1	
50 ~ 64	24.2	33.2		24.8	32.6	
65+	21.4	32.9		19.0	40.4	
Household income ³⁾⁴⁾						
Low	19.1	28.3	< 0.0001	17.7	32.9	< 0.0001
Middle-low	24.2	27.7		24.3	27.7	
Middle-high	27.0	24.5		27.8	22.1	
High	29.7	19.5		30.2	17.3	
Education level ³⁾						
\leq Elementary school	26.3	44.6	< 0.0001	24.3	51.7	< 0.0001
Middle school	9.1	13.1		9.4	12.7	
High school	33.3	27.6		34.5	23.7	
\geq College	31.4	14.8		31.9	12.0	
Current smoking ³⁾⁵⁾						
Yes	5.0	4.5	0.3980	4.9	4.7	0.6883
Alcohol consumption ³⁾⁶⁾						
Yes	39.3	33.8	< 0.0001	39.8	31.9	< 0.0001
Physical activity ³⁾⁷⁾						
Yes	26.2	26.6	0.6403	26.9	24.7	0.0013
BMI, kg/m ² ⁸⁾	21.5 \pm 0.0	27.8 \pm 0.0	< 0.0001	21.9 \pm 0.0	27.5 \pm 0.1	< 0.0001
WC, cm ⁸⁾	74.0 \pm 0.1	89.2 \pm 0.1	< 0.0001	73.9 \pm 0.1	91.8 \pm 0.1	< 0.0001
Energy intake, kcal/d ⁸⁾	1,713.3 \pm 5.9	1,652.0 \pm 9.1	< 0.0001	1,712.5 \pm 5.8	1,646.8 \pm 9.6	< 0.0001

BMI, body mass index; WC, waist circumference

1) The numbers of missing values were respectively 422 for household income, 1,171 for education level, 862 for current smoking, 884 for alcohol consumption, and 1,237 for physical activity according to BMI status, and 421 for household income, 1,172 for education level, 863 for current smoking, 885 for alcohol consumption, and 1,238 for physical activity according to WC status. 2) p-values were obtained from Rao-Scott chi-square test for categorical variables (age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, physical activity) and t-test for continuous variables (BMI, WC, energy intake). 3) Data are presented in percentage (%). 4) Household income: low (first quartile), middle-low (second quartile), middle-high (third quartile), high (fourth quartile) 5) Current smoking: 'yes' meant who ever smoked \geq 100 cigarettes over lifetime and still smoking. 6) Alcohol consumption: 'yes' meant who drank alcohol more than once a month over the past year 7) Physical activity: 'yes' meant who performed vigorous-intensity activities for \geq 20 minutes once at least 3 days a week or intermediate-intensity activities for \geq 0.5 hour once at least 5 days a week (2007 ~ 2013) or who performed vigorous-intensity activities for \geq 1.25 hour or intermediate-intensity activities for \geq 2.5 hours per week (2014 ~ 2016). 8) Data are presented in mean \pm standard error.

Table 2. Daily antioxidant vitamin intake per 1,000 kcal according to obesity status

	BMI < 25 kg/m ²	BMI ≥ 25 kg/m ²	p-value ¹⁾	WC < 85 cm	WC ≥ 85 cm	p-value ¹⁾
Carotenoid (μg/d/1,000 kcal)						
α-carotene	324.1 ± 8.1 ²⁾	280.8 ± 14.2	0.0078	329.6 ± 8.0	257.0 ± 15.1	< 0.0001
β-carotene	1,958.6 ± 24.5	2,047.7 ± 41.4	0.1683	1,971.8 ± 23.9	2,022.5 ± 44.9	0.5625
Lycopene	1,463.0 ± 47.8	1,350.7 ± 88.3	0.1996	1,484.4 ± 48.5	1,273.9 ± 89.6	0.0214
β-cryptoxanthin	313.6 ± 9.6	358.0 ± 13.2	0.0050	317.5 ± 9.4	353.8 ± 13.9	0.0397
Lutein/Zeaxanthin	1,208.4 ± 18.6	1,319.5 ± 32.2	0.0112	1,223.3 ± 17.6	1,290.6 ± 34.9	0.2043
Total carotenoids	5,267.7 ± 62.3	5,356.7 ± 115.9	0.8106	5,326.6 ± 62.7	5,197.8 ± 118.1	0.1509
Retinol (μg/d/1,000 kcal)						
Retinol	58.6 ± 0.9	50.5 ± 1.6	< 0.0001	59.0 ± 0.9	48.7 ± 1.7	< 0.0001
Vitamin A (μg RAE/d/1,000 kcal)						
Vitamin A	248.4 ± 2.4	247.8 ± 4.2	0.5964	250.3 ± 2.3	242.7 ± 4.5	0.0696
Vitamin C (mg/d/1,000 kcal)						
Vitamin C	67.6 ± 0.9	69.5 ± 1.2	0.5868	68.3 ± 0.9	67.8 ± 1.3	0.1494
Vitamin E (mg α-TE/d/1,000 kcal)						
α-tocopherol	3.5 ± 0.0	3.4 ± 0.0	< 0.0001	3.6 ± 0.0	3.4 ± 0.0	< 0.0001
α-tocopherol	3.1 ± 0.0	3.0 ± 0.0	< 0.0001	3.1 ± 0.0	2.9 ± 0.0	< 0.0001
β-tocopherol	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.0112	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.2027
γ-tocopherol	2.6 ± 0.0	2.5 ± 0.0	< 0.0001	2.7 ± 0.0	2.4 ± 0.0	< 0.0001
δ-tocopherol	1.6 ± 0.0	1.7 ± 0.0	0.0487	1.6 ± 0.0	1.7 ± 0.0	0.3785

BMI, body mass index; WC, waist circumference; RAE, retinol activity equivalent; α-TE, α-tocopherol equivalent

1) p-values were obtained from ANCOVA adjusted for age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, and physical activity. 2) Data are presented in mean ± standard error.

Table 3. Odds ratios¹⁾ and 95% confidence intervals of obesity according to the tertiles of daily antioxidant vitamin intake per 1,000 kcal

	T1	T2	T3	p for trend ²⁾
BMI ≥ 25 kg/m ²				
Carotenoids				
α-carotene				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.97 (0.90, 1.05)	0.97 (0.89, 1.05)	0.5162
β-carotene				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.98 (0.91, 1.06)	1.03 (0.95, 1.11)	0.4239
Lycopene				
n	12,320	7,931	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.99 (0.91, 1.07)	0.89 (0.83, 0.96)	0.0022
β-cryptoxanthin				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.97 (0.89, 1.05)	1.08 (0.99, 1.16)	0.0178
Lutein/Zeaxanthin				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.04 (0.96, 1.12)	1.06 (0.98, 1.14)	0.1857
Total carotenoids				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.97 (0.90, 1.05)	0.96 (0.88, 1.03)	0.3095
Retinol				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.03 (0.95, 1.11)	1.00 (0.92, 1.08)	0.7148
Vitamin A				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.00 (0.93, 1.08)	1.02 (0.94, 1.10)	0.6888

BMI, body mass index; WC, waist circumference; OR, odds ratio; CI, confidence interval

1) Odds ratios were obtained from multiple logistic regression model adjusted for age, household income, education level, smoking, alcohol consumption, and physical activity. 2) p for trend were obtained from the same model as estimation of ORs by using the median nutrient density of each tertile as the independent variable.

Table 3. Odds ratios¹⁾ and 95% confidence intervals of obesity according to the tertiles of daily antioxidant vitamin intake per 1,000 kcal (continued)

	T1	T2	T3	p for trend ²⁾
Vitamin C				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.01 (0.94, 1.09)	1.02 (0.94, 1.10)	0.6905
Vitamin E				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.11 (1.03, 1.20)	1.01 (0.93, 1.09)	0.7459
α -tocopherol				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.11 (1.03, 1.20)	0.99 (0.91, 1.07)	0.3209
β -tocopherol				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.02 (0.95, 1.10)	1.06 (0.98, 1.14)	0.1443
γ -tocopherol				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.96 (0.89, 1.04)	0.96 (0.88, 1.03)	0.2655
δ -tocopherol				
n	10,125	10,126	10,125	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.97 (0.90, 1.06)	1.09 (1.01, 1.18)	0.0143
WC \geq 85 cm				
Carotenoids				
α -carotene				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.91 (0.84, 0.99)	0.87 (0.80, 0.95)	0.0069
β -carotene				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.96 (0.89, 1.04)	0.92 (0.85, 1.00)	0.0721
Lycopene				
n	12,302	7,939	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.93 (0.85, 1.01)	0.88 (0.81, 0.95)	0.0061
β -cryptoxanthin				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.94 (0.86, 1.02)	0.97 (0.89, 1.06)	0.8344
Lutein/Zeaxanthin				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.99 (0.91, 1.07)	0.98 (0.90, 1.06)	0.6318
Total carotenoids				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.95 (0.88, 1.04)	0.91 (0.83, 0.99)	0.0280
Retinol				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.02 (0.94, 1.11)	1.02 (0.93, 1.11)	0.7709
Vitamin A				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.94 (0.87, 1.02)	0.90 (0.83, 0.98)	0.0186
Vitamin C				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.03 (0.95, 1.12)	0.95 (0.87, 1.04)	0.1516

BMI, body mass index; WC, waist circumference; OR, odds ratio; CI, confidence interval

1) Odds ratios were obtained from multiple logistic regression model adjusted for age, household income, education level, smoking, alcohol consumption, and physical activity. 2) p for trend were obtained from the same model as estimation of ORs by using the median nutrient density of each tertile as the independent variable.

Table 3. Odds ratios¹⁾ and 95% confidence intervals of obesity according to the tertiles of daily antioxidant vitamin intake per 1,000 kcal (continued)

	T1	T2	T3	p for trend ²⁾
Vitamin E				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.02 (0.94, 1.11)	0.96 (0.88, 1.04)	0.2372
α -tocopherol				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.02 (0.94, 1.11)	0.94 (0.86, 1.02)	0.0814
β -tocopherol				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.98 (0.91, 1.07)	0.98 (0.90, 1.06)	0.6445
γ -tocopherol				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	0.97 (0.89, 1.05)	0.92 (0.84, 0.99)	0.0348
δ -tocopherol				
n	10,120	10,121	10,121	
OR (95% CI)	1.00 (Ref)	1.01 (0.93, 1.10)	1.05 (0.97, 1.15)	0.1955

BMI, body mass index; WC, waist circumference; OR, odds ratio; CI, confidence interval

1) Odds ratios were obtained from multiple logistic regression model adjusted for age, household income, education level, smoking, alcohol consumption, and physical activity. 2) p for trend were obtained from the same model as estimation of ORs by using the median nutrient density of each tertile as the independent variable.

γ -토코페롤 (T3 vs. T1, OR = 0.92, 95% CI: 0.84-0.99) 섭취량이 높은 군에서 복부비만의 유병률이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 라이코펜은 BMI 기준에 따른 비만과도 음의 관련성을 갖고 있었다 (T3 vs. T1, OR = 0.89, 95% CI: 0.83-0.96).

Table 4와 5는 비만군과 정상군의 식품군별 항산화비타민 섭취량을 비교한 것이다. BMI 기준에 따른 비만군과 허리둘레 기준에 따른 복부비만군 모두 정상군에 비해 대

체로 항산화비타민 섭취량이 낮았다. 특히 난류를 통해 섭취하는 루테인/제아잔틴 ($p < 0.0001$)과 레티놀 ($p < 0.0001$), 우유류를 통해 섭취하는 레티놀 ($p < 0.0001$), 조미료류를 통한 라이코펜 ($p < 0.0001$), 곡류를 통해 섭취하는 레티놀 ($p < 0.0001$) 섭취량이 군별로 유의한 차이가 있었다. 분석 결과 β -토코페롤, γ -토코페롤, δ -토코페롤의 개별 식품군별 섭취량은 매우 적어 결과를 제시하지 않았다.

Table 4. Antioxidant vitamin intakes from each food group according to obesity status by body mass index

	α -carotene ($\mu\text{g/d}$)		β -carotene ($\mu\text{g/d}$)		Lycopene ($\mu\text{g/d}$)	
	BMI < 25 kg/m ²	BMI \geq 25 kg/m ²	BMI < 25 kg/m ²	BMI \geq 25 kg/m ²	BMI < 25 kg/m ²	BMI \geq 25 kg/m ²
Plant-derived foods						
Grains	4.2 \pm 1.1 ¹⁾	3.7 \pm 1.1	28.9 \pm 1.4	23.1 \pm 1.4**	6.3 \pm 1.5	5.0 \pm 1.5
Vegetables	432.7 \pm 12.7	349.3 \pm 16.6****	2,293.6 \pm 34.4	2,362.1 \pm 56.9	1,435.5 \pm 55.7	1,206.1 \pm 114.9
Fruits	26.8 \pm 1.1	26.6 \pm 1.4	172.8 \pm 6.7	181.9 \pm 9.4	841.8 \pm 45.0	759.2 \pm 56.8
Seaweed	65.1 \pm 1.5	58.5 \pm 2.1*	264.5 \pm 5.4	257.9 \pm 8.6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Etc ²⁾	4.5 \pm 0.4	5.5 \pm 0.6	21.0 \pm 1.2	19.7 \pm 1.2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Animal-derived foods						
Meats	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.5 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Eggs	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3.7 \pm 0.1	3.1 \pm 0.1****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Fish and shellfish	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.8 \pm 0.1	2.6 \pm 0.6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Milk and dairy products	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	4.3 \pm 0.1	2.8 \pm 0.1****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Others						
Oils	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Beverage and alcohol	24.5 \pm 5.2	33.5 \pm 26.9	62.2 \pm 11.2	81.5 \pm 57.8	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Seasoning	0.1 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**	402.0 \pm 5.6	410.0 \pm 10.3	181.7 \pm 6.9	108.4 \pm 7.5****
Etc ³⁾	1.1 \pm 0.4	0.2 \pm 0.1*	2.6 \pm 0.4	3.0 \pm 0.6	1.2 \pm 0.5	0.4 \pm 0.3

BMI, body mass index

1) Data are presented in mean \pm standard error. p-values were obtained from ANCOVA adjusted for age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, and physical activity. Asterisks are marked if mean intakes of the group of BMI \geq 25 kg/m² were significantly lower than the group of BMI < 25 kg/m² (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$). 2) Etc among plant-derived foods: potatoes and starch, legumes, seeds and nuts 3) Etc among others: sweets, mushrooms, processed food, others

Table 4. Antioxidant vitamin intakes from each food group according to obesity status by body mass index (continued)

	β -cryptoxanthin ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Lutein/Zeaxanthin ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Total carotenoids ($\mu\text{g}/\text{d}$)	
	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2
Plant-derived foods						
Grains	5.9 \pm 0.4	8.0 \pm 1.1	60.3 \pm 2.5	69.2 \pm 6.1	105.6 \pm 4.5	109.6 \pm 8.2
Vegetables	15.8 \pm 1.3	15.3 \pm 1.4	1,399.7 \pm 29.6	1,528.5 \pm 51.6	5,577.2 \pm 85.4	5,461.3 \pm 154.8
Fruits	391.7 \pm 16.9	464.4 \pm 25.6	251.5 \pm 9.6	287.0 \pm 14.6	1,684.5 \pm 50.2	1,719.1 \pm 70.7
Seaweed	23.6 \pm 0.6	21.3 \pm 0.8*	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	353.2 \pm 7.2	338.1 \pm 10.8
Etc ²⁾	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0	11.3 \pm 0.5	12.1 \pm 1.1	36.8 \pm 1.4	37.4 \pm 1.8
Animal-derived foods						
Meats	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.5 \pm 0.1	0.9 \pm 0.3	2.0 \pm 0.1	2.2 \pm 0.3
Eggs	2.2 \pm 0.0	1.9 \pm 0.0****	87.5 \pm 1.3	74.4 \pm 2.0****	93.4 \pm 1.4	79.5 \pm 2.2****
Fish and shellfish	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	2.2 \pm 0.1	3.1 \pm 0.6
Milk and dairy products	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**	4.4 \pm 0.1	2.9 \pm 0.1****
Others						
Oils	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.4 \pm 0.0****
Beverage and alcohol	3.8 \pm 0.4	1.5 \pm 0.3****	10.9 \pm 0.7	7.9 \pm 2.2	101.4 \pm 16.8	124.3 \pm 86.8
Seasoning	100.3 \pm 1.5	104.9 \pm 2.7	217.0 \pm 3.2	225.1 \pm 5.7	901.1 \pm 12.9	848.5 \pm 20.5*
Etc ³⁾	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0*	5.4 \pm 1.1	3.7 \pm 0.8
	Retinol ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Vitamin A (μg RAE/d)		Vitamin C (mg/d)	
	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2
Plant-derived foods						
Grains	8.4 \pm 0.3	5.6 \pm 0.4****	11.3 \pm 0.4	8.0 \pm 0.4****	0.4 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0**
Vegetables	1.5 \pm 0.0	1.7 \pm 0.1	211.3 \pm 3.2	213.7 \pm 5.0	35.6 \pm 0.4	36.3 \pm 0.6
Fruits	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	31.9 \pm 1.0	35.7 \pm 1.6	66.7 \pm 1.6	67.8 \pm 2.2
Seaweed	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	25.7 \pm 0.5	24.8 \pm 0.8	1.9 \pm 0.0	1.8 \pm 0.1
Etc ²⁾	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.9 \pm 0.1	1.9 \pm 0.1	6.1 \pm 0.2	6.2 \pm 0.3
Animal-derived foods						
Meats	16.0 \pm 1.2	15.4 \pm 2.9	16.1 \pm 1.2	15.5 \pm 2.9	1.1 \pm 0.0	0.8 \pm 0.1****
Eggs	20.8 \pm 0.3	17.1 \pm 0.5****	21.2 \pm 0.3	17.4 \pm 0.5****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Fish and shellfish	22.9 \pm 1.4	21.8 \pm 2.1	23.1 \pm 1.4	22.0 \pm 2.1	0.3 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0
Milk and dairy products	33.6 \pm 0.6	24.9 \pm 0.7****	34.0 \pm 0.6	25.2 \pm 0.8****	0.2 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0
Others						
Oils	1.0 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1****	1.0 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Beverage and alcohol	0.2 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	6.5 \pm 1.2	8.3 \pm 5.9	1.9 \pm 0.1	1.2 \pm 0.1****
Seasoning	1.1 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0****	38.8 \pm 0.5	39.2 \pm 1.0	0.7 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0
Etc ³⁾	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****	0.5 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0*
	Vitamin E (mg α -TE/d)		α -tocopherol (mg/d)			
	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2	BMI < 25 kg/m^2	BMI \geq 25 kg/m^2		
Plant-derived foods						
Grains	0.7 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****	0.6 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****		
Vegetables	1.3 \pm 0.0	1.5 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0	1.3 \pm 0.0		
Fruits	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0**	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0**		
Seaweed	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0		
Etc ²⁾	0.7 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0		
Animal-derived foods						
Meats	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****		
Eggs	0.9 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0****	0.8 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0****		
Fish and shellfish	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0		
Milk and dairy products	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0****	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0****		
Others						
Oils	0.4 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****	0.2 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****		
Beverage and alcohol	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0*		
Seasoning	0.5 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****	0.4 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****		
Etc ³⁾	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0**	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0*		

BMI, body mass index

1) Data are presented in mean \pm standard error. p-values were obtained from ANCOVA adjusted for age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, and physical activity. Asterisks are marked if mean intakes of the group of BMI \geq 25 kg/m^2 were significantly lower than the group of BMI < 25 kg/m^2 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$). 2) Etc among plant-derived foods: potatoes and starch, legumes, seeds and nuts 3) Etc among others: sweets, mushrooms, processed food, others

Table 5. Antioxidant vitamin intakes from each food group according to obesity status by waist circumference level

	α -carotene ($\mu\text{g}/\text{d}$)		β -carotene ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Lycopene ($\mu\text{g}/\text{d}$)	
	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm
Plant-derived foods						
Grains	4.7 \pm 1.1 ¹⁾	2.0 \pm 0.4*	29.5 \pm 1.3	20.5 \pm 1.1****	7.3 \pm 1.6	1.6 \pm 0.6***
Vegetables	438.5 \pm 12.7	318.9 \pm 15.8****	2,306.5 \pm 34.6	2,338.7 \pm 60.6	1,451.2 \pm 55.4	1,133.7 \pm 120.2*
Fruits	27.2 \pm 1.1	25.1 \pm 1.5	174.0 \pm 6.7	179.4 \pm 9.2	832.6 \pm 44.8	775.7 \pm 60.5
Seaweed	66.3 \pm 1.5	54.3 \pm 2.2****	270.4 \pm 5.6	239.9 \pm 8.5**	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Etc ²⁾	4.7 \pm 0.4	4.9 \pm 0.6	20.7 \pm 1.2	20.4 \pm 1.3	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Animal-derived foods						
Meats	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.4 \pm 0.1	1.4 \pm 0.2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Eggs	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3.7 \pm 0.1	3.0 \pm 0.1****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Fish and shellfish	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.8 \pm 0.1	2.7 \pm 0.7	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Milk and dairy products	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	4.3 \pm 0.1	2.7 \pm 0.2****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Others						
Oils	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.4 \pm 0.0****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Beverage and alcohol	23.0 \pm 4.9	39.8 \pm 30.9	58.7 \pm 10.6	95.4 \pm 66.3	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Seasoning	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0****	411.5 \pm 5.7	382.5 \pm 10.3*	182.1 \pm 6.7	96.3 \pm 7.9****
Etc ³⁾	1.0 \pm 0.4	0.4 \pm 0.4	2.6 \pm 0.3	3.1 \pm 0.7	1.1 \pm 0.4	0.7 \pm 0.5
	β -cryptoxanthin ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Lutein/Zeaxanthin ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Total carotenoids ($\mu\text{g}/\text{d}$)	
	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm
Plant-derived foods						
Grains	6.1 \pm 0.5	7.7 \pm 0.9	62.1 \pm 2.9	65.4 \pm 5.2	109.7 \pm 4.8	97.2 \pm 6.7
Vegetables	16.0 \pm 0.1	14.6 \pm 1.6	1,419.8 \pm 28.5	1,479.6 \pm 53.1	5,632.0 \pm 85.0	5,285.5 \pm 156.8*
Fruits	397.8 \pm 17.0	457.1 \pm 24.8	254.6 \pm 9.6	283.2 \pm 14.1	1,686.3 \pm 50.0	1,720.6 \pm 72.6
Seaweed	24.1 \pm 0.5	19.7 \pm 0.8****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	360.8 \pm 7.3	314.0 \pm 10.8****
Etc ²⁾	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0	11.6 \pm 0.6	11.3 \pm 0.9	37.1 \pm 1.4	36.7 \pm 1.8
Animal-derived foods						
Meats	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.2	2.1 \pm 0.2	2.0 \pm 0.3
Eggs	2.2 \pm 0.0	1.8 \pm 0.1****	88.0 \pm 1.3	71.7 \pm 2.2****	93.9 \pm 1.4	76.5 \pm 2.4****
Fish and shellfish	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	2.3 \pm 0.1	3.0 \pm 0.7
Milk and dairy products	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0*	0.1 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**	4.4 \pm 0.1	2.8 \pm 0.2****
Others						
Oils	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.4 \pm 0.0****
Beverage and alcohol	3.6 \pm 0.3	1.9 \pm 0.3***	10.6 \pm 0.7	8.3 \pm 2.4	95.9 \pm 16.0	145.5 \pm 99.6
Seasoning	102.6 \pm 1.5	98.7 \pm 3.0	221.9 \pm 3.1	211.7 \pm 6.2	918.1 \pm 12.7	789.2 \pm 21.8****
Etc ³⁾	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	5.1 \pm 0.1	4.4 \pm 1.2
	Retinol ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Vitamin A (μg RAE/d)		Vitamin C (mg/d)	
	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm
Plant-derived foods						
Grains	8.4 \pm 0.3	5.3 \pm 0.5****	11.3 \pm 0.4	7.4 \pm 0.5****	0.5 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1****
Vegetables	1.5 \pm 0.0	1.7 \pm 0.1	212.6 \pm 3.2	210.5 \pm 5.3	35.9 \pm 0.4	35.4 \pm 0.6
Fruits	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**	32.3 \pm 1.0	35.1 \pm 1.5	67.6 \pm 1.6	65.4 \pm 2.2
Seaweed	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	26.3 \pm 0.5	23.1 \pm 0.8***	1.9 \pm 0.0	1.7 \pm 0.1**
Etc ²⁾	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1.9 \pm 0.0	1.9 \pm 0.1	6.1 \pm 0.2	6.4 \pm 0.3
Animal-derived foods						
Meats	16.3 \pm 1.2	14.4 \pm 3.2	16.4 \pm 1.2	14.5 \pm 3.2	1.1 \pm 0.0	0.7 \pm 0.1****
Eggs	20.9 \pm 0.3	16.4 \pm 0.5****	21.3 \pm 0.3	16.7 \pm 0.5****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Fish and shellfish	22.9 \pm 1.4	22.6 \pm 2.4	23.1 \pm 1.4	22.8 \pm 2.4	0.3 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0
Milk and dairy products	33.4 \pm 0.6	24.1 \pm 0.8****	33.8 \pm 0.6	24.3 \pm 0.8****	0.2 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0***
Others						
Oils	1.0 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1****	1.0 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1****	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Beverage and alcohol	0.2 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0****	6.2 \pm 1.1	9.7 \pm 6.8	1.9 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1****
Seasoning	1.1 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****	39.7 \pm 0.5	36.6 \pm 1.0**	0.7 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****
Etc ³⁾	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****	0.5 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****

WC, waist circumference

1) Data are presented in mean \pm standard error. p-values were obtained from ANCOVA adjusted for age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, and physical activity. Asterisks are marked if mean intakes of the group of WC \geq 85 cm were significantly lower than the group of WC < 85 cm (* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001, **** p < 0.0001). 2) Etc among plant-derived foods: potatoes and starch, legumes, seeds and nuts 3) Etc among others: sweets, mushrooms, processed food, others

Table 5. Antioxidant vitamin intakes from each food group according to obesity status by waist circumference level (continued)

	Vitamin E (mg α -TE/d)		α -tocopherol (mg/d)	
	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm	WC < 85 cm	WC \geq 85 cm
Plant-derived foods				
Grains	0.7 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****	0.6 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0****
Vegetables	1.3 \pm 0.0	1.5 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0	1.3 \pm 0.0
Fruits	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0**	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0**
Seaweed	0.1 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**	0.1 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0**
Etc ²⁾	0.7 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0
Animal-derived foods				
Meats	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****
Eggs	0.9 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0****	0.8 \pm 0.0	0.7 \pm 0.0****
Fish and shellfish	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.4 \pm 0.0
Milk and dairy products	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0****	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0****
Others				
Oils	0.4 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****	0.2 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0****
Beverage and alcohol	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0***	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0*
Seasoning	0.5 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****	0.4 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0****
Etc ³⁾	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0*	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0*

WC, waist circumference

1) Data are presented in mean \pm SE. P values were obtained from ANCOVA adjusted for age, household income, education level, current smoking, alcohol consumption, and physical activity. Asterisks are marked if mean intakes of the group of WC \geq 85 cm were significantly lower than the group of WC < 85 cm (* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001, **** p < 0.0001). 2) Etc among plant-derived foods: potatoes and starch, legumes, seeds and nuts 3) Etc among others: sweets, mushrooms, processed food, others

고찰

본 연구에서 국민건강영양조사에 참여한 성인 여성을 대상으로 항산화비타민 섭취량과 비만의 연관성을 파악한 결과, 정상군에 비해 비만군에서 α -카로틴, 레티놀, 비타민 E, α -토코페롤, γ -토코페롤 섭취량이 낮았다. 항산화비타민 섭취수준에 따라 대상자를 삼분위로 구분했을 때 총 카로티노이드와 비타민 A, γ -토코페롤 섭취량이 가장 적은 군에 비해 가장 많은 군에서 비만의 OR이 유의하게 낮았다. 식품군별 항산화비타민 섭취량을 비교하였을 때, 비만군은 난류, 우유류, 조미료류, 곡류 등을 통한 항산화비타민 섭취량이 정상군보다 유의하게 낮았다.

본 연구의 결과 비만인 여성은 정상인 여성에 비해 일부 항산화비타민의 섭취가 유의하게 적은 것으로 나타났는데, 이러한 경향은 선행연구 결과와 유사하였다. Zulet 등의 연구²⁹⁾에 따르면 비타민 A 섭취량이 적은 사람들의 BMI가 비타민 A 섭취량이 많은 사람들보다 높았다. Lee 등³⁰⁾이 국민건강영양조사를 이용하여 비만도에 따른 영양소 섭취량을 분석한 결과, 성인 여성에게서 BMI가 높을수록 비타민 A 섭취량이 낮은 것을 확인하였다. 한편, 본 연구와는 달리 우리나라 수도권권의 성인 여성을 대상으로 진행된 Chung 등의 연구³¹⁾에서는 식품섭취빈도조사를 통해 추정된 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E 섭취수준이 비만 여부에 따라 유의한 차이가 없었다. 이러한 차이는 식사조사 방법과 섭취량 추정에 사용한 항산화비타민 함량 데이터베이스가 본 연구와 달랐던 점에 기인했을 것이라 추정된

다. 미량영양소인 항산화비타민은 식품섭취빈도조사를 이용하여 섭취량을 추정할 경우 개방형 식사조사인 24시간 회상법으로 추정한 값에 비해 타당도가 낮을 수 있다.³²⁻³⁴⁾

또한 비타민 A 섭취량을 레티놀 당량 (RE)으로, 비타민 E 섭취량을 토코페롤 섭취량의 단순 합으로 추정한 기존 방식과는 달리, 본 연구에서 활용한 항산화비타민 함량 데이터베이스는 개별 카로티노이드와 토코페롤 함량을 포함하고 있어 각 성분별로 비만과의 관련성을 분석할 수 있었고 더 나아가 레티놀 활성 당량 (RAE)과 α -토코페롤 당량 (α -TE)을 새롭게 추정하여 분석에 활용했다는 의의가 있다.

항산화비타민 섭취량을 기준으로 연구대상을 삼분위로 구분하였을 때, α -카로틴, 라이코펜, 총 카로티노이드 등 비타민 A를 가장 많이 섭취하고 있는 군이 가장 적게 섭취하고 있는 군에 비해 복부비만의 유병률이 유의하게 낮았다. 항산화비타민 섭취량과 복부비만의 역의 상관성은 국내외 선행 연구에서 확인된 바 있다. Goodwin 등이 947명의 캐나다 청소년을 대상으로 비타민 A 섭취량과 복부내장지방 (visceral fat)의 관련성을 분석한 연구³⁵⁾에 따르면, 비타민 A는 내장에 축적된 지방을 피하로 이동시키는 기능이 있고 이에 따라 비타민 A 섭취량은 복부비만과 음의 상관성을 갖는 것으로 드러났다. 항산화비타민 섭취량과 대사증후군의 관련성을 분석한 Ahn 등의 연구³⁶⁾에서도 비타민 A (RE 기준)를 가장 많이 섭취한 여성 (T3)의 복부비만 유병률이 가장 적게 섭취한 여성 (T1)에 비해 49% 낮았고 (OR = 0.51, 95% CI: 0.28-0.93), 더 나아가 레티놀 섭취량은 대사증후군과 음의 상관관계를 보였다. 제4·5기

국민건강영양조사를 이용하여 성인의 항산화비타민 섭취량과 대사증후군의 관련성을 분석한 Park 등의 연구³⁷에서도 비타민 C 섭취량이 두 배 증가할 때마다 여성에게서 복부비만 유병률이 9% 낮았으며 (OR = 0.91, 95% CI: 0.85-0.98), 비타민 A (RE 기준)와 비타민 C 모두 많이 섭취할수록 대사증후군 유병률은 유의하게 낮았다. 한편, α -카로틴과 총 카로티노이드, 비타민 A의 섭취수준이 높을수록 허리둘레 기준에 따른 복부비만의 OR이 유의하게 감소한 것과 달리, BMI 기준에 따른 비만의 OR은 섭취수준에 따라 유의하게 변화하지 않는 것으로 나타났다. BMI는 측정이 간편하여 비만을 판정하는 데에 널리 사용되는 지표이지만,²⁷ 체지방량과 골격근량 등 체성분에 관한 정보는 알 수 없다는 제한점이 있어 본 연구에서 항산화비타민 섭취수준에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았을 가능성이 있다. 따라서 후속연구에서 이중에너지방사선흡수계측법 (dual-energy X-ray absorptiometry)이나 생체전기저항측정법 (bioelectrical impedance analysis)을 이용하여 연구 대상자의 체성분 정보를 수집한다면 항산화비타민 섭취와 체지방률 변화에 관한 더욱 의미있는 연관성을 규명해낼 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 라이코펜을 많이 섭취하는 여성일수록 복부비만뿐만 아니라 BMI 기준에 따른 비만 유병률도 낮은 것으로 관찰되었다. 토마토가 주요 급원식품인 라이코펜은 남성의 전립선암 예방 및 개선 효과 측면에서 상당수 연구가 이루어져 왔으나,^{24,38} 라이코펜 섭취량과 비만의 연관성은 아직 뚜렷하게 규명되지 않았다. 캐나다 성인 여성의 라이코펜 섭취실태를 다각적 측면에서 분석한 Mackinnon 등의 연구³⁹에서 비만은 라이코펜 섭취량과 유의한 연관성을 보이지 않았다. 그러나 여성들에게서 라이코펜의 산화스트레스 감소 효과에 관한 연구들이 보고된 바 있고^{40,41} 대표성이 확보된 표본을 대상으로 수행한 본 연구에서 라이코펜 섭취량과 비만이 역 상관성을 갖는 것으로 관찰된 만큼, 추후 라이코펜과 비만의 연관성 규명을 위한 심도 있는 논의가 필요할 것으로 사료된다.

비만군과 정상군의 식품군별 항산화비타민 섭취량을 비교했을 때, 특히 난류를 통한 루테인/제아잔틴과 레티놀 등 비타민 A 섭취량의 차이가 컸다. 22명의 폐경기 여성을 대상으로 달걀 섭취량이 혈중 콜레스테롤 수준에 미치는 영향을 확인하기 위해 수행된 중재연구⁴²에 따르면 달걀 섭취에 따른 혈중 루테인 농도의 증가는 허리둘레의 감소와 유의한 연관성을 보였고 (Pearson's $r = -0.49$, $p < 0.05$), 우리나라 성인을 대상으로 수행한 Shin 등의 연구⁴³에서도 여성에게서 달걀 섭취량이 많을수록 복부비만과 대사증후군의 유병률이 유의하게 줄어드는 경향이 관찰되

었다 (p for trend < 0.0001). 본 연구에서 나타난 정상군과 비만군의 난류를 통한 항산화비타민 섭취량의 유의한 차이는 이러한 선행연구의 결과를 잘 반영하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서는 BMI가 18.5 kg/m^2 미만으로 저체중에 해당하는 여성²⁷을 정상군에 포함하여 분석한 결과를 제시하였다. 연구 대상자 중 저체중인 여성의 비율은 5.3%였고, 이들을 제외하고 동일한 분석을 수행하였을 때에도 본 연구결과와 일관된 결과를 보였다 (결과 미제시). 이는 본 연구 대상자 중 저체중군의 표본 크기가 정상 체중군과 비만군에 비해 작기 때문에 비만과의 연관성에 큰 영향을 미치지 않았을 것으로 추정된다. 그러나 우리나라 여성의 저체중 유병률은 연령대별로 상이하고, 특히 19~24세의 저체중 유병률이 17.5% (2007~2009년 국민건강영양조사)로 높은 것으로 보고된 만큼⁴⁴ 추후 연령대별로 BMI 수준에 따라 저체중군, 정상 체중군, 과체중군, 비만군으로 세분화하여 분석할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구는 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량을 종합적이고 체계적으로 수집하여 구축한 데이터베이스를 이용하여 한국 성인 여성의 항산화비타민 섭취량과 비만의 연관성을 분석한 점과 한국인 영양소 섭취기준에서 사용한 새로운 비타민 섭취량 기준인 레티놀 활성 당량 (RAE)과 α -토코페롤 당량 (α -TE)을 사용한 연구라는 의의를 갖는다. 또한 비만 판정 기준으로 BMI와 허리둘레를 모두 사용하여 각각 분석하였고, 지난 10년간의 국민건강영양조사 자료를 통합 분석하여 통계적 검정력을 높였다. 그러나 본 연구는 다음과 같은 몇 가지 제한점을 가지고 있다.

첫째, 국민건강영양조사의 식품섭취조사는 1일간의 식사 자료로만 구성되어 있으므로, 대상자의 평소 식사를 충분히 반영하지 못한다. 평소 섭취량을 보다 정밀하게 추정하기 위해 조사일 수를 늘려 평소 식사자료를 바탕으로 비만과의 연관성을 확인할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서 사용한 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량 데이터베이스는 대상자가 섭취한 모든 식품을 포함하지 않으므로, 대상자의 항산화비타민 섭취량이 과소평가되었을 가능성이 있다. 그러나 데이터베이스의 완성도가 비타민 A의 경우 식품 수 대비 88.6% 및 식품 섭취량 대비 98.6%, 비타민 E의 경우 식품 수 대비 91.5% 및 식품 섭취량 대비 98.2% 등으로 높은 편이기 때문에, 이로 인한 측정오차가 크지 않았을 것으로 사료된다.^{23,24} 셋째, 국민건강영양조사는 단면조사이므로, 연구 대상자의 항산화비타민 섭취량과 비만 유병 여부에 관한 정보가 동일한 시점에 수집되었기 때문에, 항산화비타민 섭취량과 비만의 인과관계를 규명할 수는 없었다. 또한 본 연구에서는 비만군보다 정상군의 일

일 열량 섭취량이 오히려 높은 것으로 나타났는데, 식사조사와 신체체중이 동일한 시점에 이루어져 비만군이 체중 조절을 위해 일시적으로 열량 섭취를 줄이는 방향으로 식생활을 개선했을 가능성이 있다. 이를 보정하고자 본 연구에서는 열량 1,000 kcal당 영양소 섭취밀도를 독립변수로 사용하였다. 넷째, 비만에 영향을 주는 식사 요인은 항산화비타민 섭취 외에도 다양한 요인이 있는 것으로 알려져 있으므로, 전향적 연구나 임상시험을 통해 항산화비타민 섭취량 이외에 다른 식사요인과의 상호작용에 대한 분석이 필요하다고 사료된다. 특히, 항산화 비타민의 섭취량이 높은 대상자는 상대적으로 건강한 식습관을 유지하고 있어서 비만과 음의 관련성을 보였을 가능성이 있다. 다섯째, 본 연구에서는 연구 대상자를 비만군과 정상군으로만 구분하였는데, 향후 대규모의 표본이 마련된다면 저체중군, 정상 체중군, 과체중군, 비만군으로 비만도의 범주를 더욱 세분화하여 연구를 수행할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구에서는 항산화비타민의 서로 다른 항산화능(antioxidant capacity)을 고려하지 않았다. 항산화비타민을 비롯한 항산화물은 물질마다 산화스트레스 조절 능력이 다르며, 식사를 통해 동시에 섭취한 항산화물은 체내에서 상승효과(synergistic effect)를 일으키는 등 상호작용할 수 있다.^{22,45-47} 따라서, 추후 항산화물의 섭취량뿐만 아니라 섭취한 각 항산화물의 항산화능과 이를 모두 합한 식사 내 총 항산화능(dietary total antioxidant capacity)을 고려한 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구를 통해 우리나라 성인 여성의 항산화비타민 섭취량과 비만 및 복부비만간 음의 연관성을 확인하였다. 향후 성인 남성을 대상으로도 연구를 수행하여 본 연구 결과와 비교한다면 우리나라 성인의 항산화비타민 섭취량과 비만 간의 성별 경향성을 종합적으로 평가해볼 수 있을 것이다. 또한 후속연구로서 전향적 관찰연구 또는 시험연구를 통해 항산화비타민 섭취량과 비만의 관련성에 대한 과학적 근거를 마련함으로써 한국인의 항산화비타민 섭취에 대한 가이드라인을 수립하는 데에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 2007 ~ 2016년 국민건강영양조사의 검진 조사와 식품섭취조사를 완료한 만 19세 이상의 성인 여성 30,425명을 대상으로 항산화비타민 섭취량과 비만 및 복부비만의 연관성을 분석하였다. 체질량지수가 25 kg/m² 이상이거나 허리둘레가 85 cm 이상인 대상자를 각각 비만과 복부비만으로 판정하였고, 개인별 일일 항산화비타민

섭취량은 24시간 회상법을 이용한 식사자료와 한국인 상용식품의 항산화비타민 함량 데이터베이스를 연계하여 추정하였다. 항산화비타민에는 카로티노이드 6종, 레티놀, 비타민 A (레티놀 활성 당량), 비타민 C, 토코페롤 4종, 비타민 E (α -토코페롤 당량)이 포함되었다. 정상군과 비만군의 열량 1,000 kcal당 일일 항산화비타민 섭취량의 평균을 비교한 결과, 비만군은 α -카로틴, 레티놀, 비타민 E, α -토코페롤, γ -토코페롤을 정상군보다 적게 섭취한 것으로 나타났다. 항산화비타민 섭취수준에 따라 대상자를 삼분위로 구분했을 때, 라이코펜을 가장 많이 섭취하는 군은 가장 적게 섭취하는 군에 비해 비만 (OR = 0.89, 95% CI: 0.83-0.96)과 복부비만 (OR = 0.88, 95% CI: 0.81-0.95) 유병률이 유의하게 낮았다. 총 카로티노이드, α -카로틴, 비타민 A, γ -토코페롤 섭취량 또한 복부비만의 오즈비와 음의 연관성을 나타냈다. 식품군별 항산화비타민 섭취량을 비교했을 때, 비만군은 정상군에 비해 난류, 우유류, 조미료류, 곡류를 통한 항산화비타민 섭취량이 적었다. 추후 전향적 설계를 이용한 후속연구를 수행하여 항산화비타민 섭취량과 비만 간의 인과성을 확인할 필요가 있을 것으로 사료된다.

ORCID

함동우: <https://orcid.org/0000-0003-2433-2280>
 김성아: <https://orcid.org/0000-0003-4220-8072>
 전신영: <https://orcid.org/0000-0003-2452-4709>
 강민숙: <https://orcid.org/0000-0002-4405-4006>
 정효지: <https://orcid.org/0000-0003-1182-7786>

References

- Williams EP, Mesidor M, Winters K, Dubbert PM, Wyatt SB. Overweight and obesity: prevalence, consequences, and causes of a growing public health problem. *Curr Obes Rep* 2015; 4(3): 363-370.
- Global BMI Mortality Collaboration, Di Angelantonio E, Bhupathiraju SN, Wormser D, Gao P, Kaptoge S, Berrington de Gonzalez A, Cairns BJ, Huxley R, Jackson CL, Joshy G, Lewington S, Manson JE, Murphy N, Patel AV, Samet JM, Woodward M, Zheng W, Zhou M, Bansal N, Barricarte A, Carter B, Cerhan JR, Smith GD, Fang X, Franco OH, Green J, Halsey J, Hildebrand JS, Jung KJ, Korda RJ, McLerran DF, Moore SC, O'Keefe LM, Paige E, Ramond A, Reeves GK, Rolland B, Sacerdote C, Sattar N, Sofianopoulou E, Stevens J, Thun M, Ueshima H, Yang L, Yun YD, Willeit P, Banks E, Beral V, Chen Z, Gapstur SM, Gunter MJ, Hartge P, Jee SH, Lam TH, Peto R, Potter JD, Willett WC, Thompson SG, Danesh J, Hu FB. Body-mass index and all-cause mortality:

- individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet* 2016; 388(10046): 776-786.
3. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea health statistics 2016: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII-1) [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017 [cited 2018 Aug 22]. Available from: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7.
 4. Lizzano F, Guzmán G. Estrogen deficiency and the origin of obesity during menopause. *BioMed Res Int* 2014; 2014: 757461.
 5. Ryan DH, Braverman-Panza J. Obesity in women. *J Fam Pract* 2014; 63(2 Suppl): S15-S20.
 6. Dinh QN, Drummond GR, Sobey CG, Chrissobolis S. Roles of inflammation, oxidative stress, and vascular dysfunction in hypertension. *BioMed Res Int* 2014; 2014: 406960.
 7. Bondia-Pons I, Ryan L, Martinez JA. Oxidative stress and inflammation interactions in human obesity. *J Physiol Biochem* 2012; 68(4): 701-711.
 8. Mangge H, Summers K, Almer G, Prassl R, Weghuber D, Schnedl W, Fuchs D. Antioxidant food supplements and obesity-related inflammation. *Curr Med Chem* 2013; 20(18): 2330-2337.
 9. Zavala G, Long KZ, García OP, Caamaño MC, Aguilar T, Salgado LM, Rosado JL. Specific micronutrient concentrations are associated with inflammatory cytokines in a rural population of Mexican women with a high prevalence of obesity. *Br J Nutr* 2013; 109(4): 686-694.
 10. Palace VP, Khaper N, Qin Q, Singal PK. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heart disease. *Free Radic Biol Med* 1999; 26(5-6): 746-761.
 11. Garcia-Diaz DF, Lopez-Legarrea P, Quintero P, Martinez JA. Vitamin C in the treatment and/or prevention of obesity. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2014; 60(6): 367-379.
 12. Jiang Q. Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radic Biol Med* 2014; 72: 76-90.
 13. Botella-Carretero JJ, Balsa JA, Vázquez C, Peromingo R, Díaz-Enriquez M, Escobar-Morreale HF. Retinol and alpha-tocopherol in morbid obesity and nonalcoholic fatty liver disease. *Obes Surg* 2010; 20(1): 69-76.
 14. Wang L, Gaziano JM, Norkus EP, Buring JE, Sesso HD. Associations of plasma carotenoids with risk factors and biomarkers related to cardiovascular disease in middle-aged and older women. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(3): 747-754.
 15. Wilson R, Willis J, Gearry R, Skidmore P, Fleming E, Frampton C, Carr A. Inadequate vitamin C status in prediabetes and type 2 diabetes mellitus: associations with glycaemic control, obesity, and smoking. *Nutrients* 2017; 9(9): E997.
 16. Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong; 2015.
 17. Rural Development Administration (KR). Food composition table. 8th revision. Suwon: Rural Development Administration; 2011.
 18. Rural Development Administration (KR). Tables of food functional composition. Suwon: Rural Development Administration; 2009.
 19. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA national nutrient database for standard reference, release 28. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture; 2016.
 20. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (JP). Standard tables of food composition in Japan. Tokyo: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology; 2010.
 21. Jun S, Chun OK, Joung H. Estimation of dietary total antioxidant capacity of Korean adults. *Eur J Nutr* 2018; 57(4): 1615-1625.
 22. Chun OK, Chung SJ, Song WO. Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. *J Nutr* 2007; 137(5): 1244-1252.
 23. Ahn S, Jun S, Kim SA, Ha K, Joung H. Current status and trends in estimated intakes and major food groups of vitamin E among Korean adults: using the 1~6th Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Health* 2017; 50(5): 483-493.
 24. Kim SA, Jun S, Joung H. Estimated dietary intake of vitamin A in Korean adults: based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007~2012. *J Nutr Health* 2016; 49(4): 258-268.
 25. National Institutes of Health (US). Nutrient recommendations: dietary reference intakes (DRI) [Internet]. Bethesda (MD): National Institutes of Health; [cited 2018 Aug 21]. Available from: https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx.
 26. National Research Council (US). Recommended dietary allowances: 10th edition. Washington, D.C.: National Academies Press; 1989.
 27. World Health Organization Regional Office for the Western Pacific. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Sydney: Health Communications Australia; 2000.
 28. Lee S, Park HS, Kim SM, Kwon HS, Kim DY, Kim DJ, Cho GJ, Han JH, Kim SR, Park CY, Oh SJ, Lee CB, Kim KS, Oh SW, Kim YS, Choi WH, Yoo HJ. Cut-off points of waist circumference for defining abdominal obesity in the Korean population. *Korean J Obes* 2006; 15(1): 1-9.
 29. Zulet MA, Puchau B, Hermsdorff HH, Navarro C, Martínez JA. Vitamin A intake is inversely related with adiposity in healthy young adults. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2008; 54(5): 347-352.
 30. Lee Y, Lee HS, Jang YA, Lee HJ, Kim BH, Kim CI. Dietary intake pattern of the Korean adult population by weight status: 2001 National Health and Nutrition Survey. *Korean J Community Nutr* 2006; 11(3): 317-326.
 31. Chung KH, Shin KO, Yoon JA, Choi KS. Study on the obesity and nutrition status of housewives in Seoul and Kyunggi area. *Nutr Res Pract* 2011; 5(2): 140-149.
 32. Winichagoon P. Limitations and resolutions for dietary assessment of micronutrient intakes. *Asia Pac J Clin Nutr* 2008; 17 Suppl 1: 296-298.
 33. Willett W. Nutritional epidemiology. 3rd edition. New York (NY): Oxford University Press; 2012.
 34. Munger RG, Folsom AR, Kushi LH, Kaye SA, Sellers TA. Dietary assessment of older Iowa women with a food frequency

- questionnaire: nutrient intake, reproducibility, and comparison with 24-hour dietary recall interviews. *Am J Epidemiol* 1992; 136(2): 192-200.
35. Goodwin K, Abrahamowicz M, Leonard G, Perron M, Richer L, Veillette S, Gaudet D, Paus T, Pausova Z. Dietary vitamin A and visceral adiposity: a modulating role of the retinol-binding protein 4 gene. *J Nutrigenet Nutrigenomics* 2015; 8(4-6): 164-173.
 36. Ahn S, Jun S, Kang M, Shin S, Wie GA, Baik HW, Joung H. Association between intake of antioxidant vitamins and metabolic syndrome risk among Korean adults. *J Nutr Health* 2017; 50(4): 313-324.
 37. Park S, Ham JO, Lee BK. Effects of total vitamin A, vitamin C, and fruit intake on risk for metabolic syndrome in Korean women and men. *Nutrition* 2015; 31(1): 111-118.
 38. Wei MY, Giovannucci EL. Lycopene, tomato products, and prostate cancer incidence: a review and reassessment in the PSA screening era. *J Oncol* 2012; 2012: 271063.
 39. Mackinnon ES, Rao AV, Rao LG. Lycopene intake by Canadian women is variable, similar among different ages, but greater than that reported for women in other countries. *J Med Food* 2009; 12(4): 829-835.
 40. Mackinnon ES, Rao AV, Josse RG, Rao LG. Supplementation with the antioxidant lycopene significantly decreases oxidative stress parameters and the bone resorption marker N-telopeptide of type I collagen in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2011; 22(4): 1091-1101.
 41. Rao LG, Mackinnon ES, Josse RG, Murray TM, Strauss A, Rao AV. Lycopene consumption decreases oxidative stress and bone resorption markers in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2007; 18(1): 109-115.
 42. Waters D, Clark RM, Greene CM, Contois JH, Fernandez ML. Change in plasma lutein after egg consumption is positively associated with plasma cholesterol and lipoprotein size but negatively correlated with body size in postmenopausal women. *J Nutr* 2007; 137(4): 959-963.
 43. Shin S, Lee HW, Kim CE, Lim J, Lee JK, Lee SA, Kang D. Egg consumption and risk of metabolic syndrome in Korean adults: results from the Health Examinees Study. *Nutrients* 2017; 9(7): E687.
 44. Park EJ, Kim NS. Obesity and underweight among Korean women. *Health Welf Policy Forum* 2014; (213): 91-100.
 45. Floegel A, Kim DO, Chung SJ, Song WO, Fernandez ML, Bruno RS, Koo SI, Chun OK. Development and validation of an algorithm to establish a total antioxidant capacity database of the US diet. *Int J Food Sci Nutr* 2010; 61(6): 600-623.
 46. Yang M, Chung SJ, Chung CE, Kim DO, Song WO, Koo SI, Chun OK. Estimation of total antioxidant capacity from diet and supplements in US adults. *Br J Nutr* 2011; 106(2): 254-263.
 47. Ham D, Jun S, Kang M, Shin S, Wie GA, Baik HW, Joung H. Association of total dietary antioxidant capacity with oxidative stress and metabolic markers among patients with metabolic syndrome. *J Nutr Health* 2017; 50(3): 246-256.