

한국 성인의 항산화 비타민 섭취와 대사증후군 위험 간의 관련성*

안서은¹ · 전신영¹ · 강민지² · 신상아³ · 위경애⁴ · 백현욱⁵ · 정효지^{1,6†}

서울대학교 보건대학원 보건학과¹, 한국여성과학기술단체총연합회 젠더혁신연구센터², 서울대학교 의과대학 예방의학교실³, 국립암센터 임상영양실⁴, 분당제생병원 임상영양내과⁵, 서울대학교 보건환경연구소⁶

Association between intake of antioxidant vitamins and metabolic syndrome risk among Korean adults*

Ahn, Seo-eun¹ · Jun, Shinyoung¹ · Kang, Minji² · Shin, Sangah³ · Wie, Gyung-Ah⁴ · Baik, Hyun Wook⁵ · Joung, Hyoje^{1,6†}

¹Department of Public Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Center for Gendered Innovations in Science and Technology Researches (GISTER), Korea Federation of Women's Science & Technology Associations, Seoul 06130, Korea

³Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Seoul National University, Seoul 03080, Korea

⁴Department of Clinical Nutrition, Research Institute & Hospital, National Cancer Center, Goyang-si 10408, Korea

⁵Department of Internal Medicine, Division of Gastroenterology & Clinical Nutrition, DMC Bundang Jesaeng Hospital, Seongnam 13590, Korea

⁶Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to examine the association between intake of antioxidant vitamins and prevalence of metabolic syndrome (MetS) among Korean adults. **Methods:** A total of 614 subjects aged 30~60 years were recruited from those who received a medical checkup at a general hospital in South Korea between 2009 and 2012. Presence of MetS was determined based on criteria issued by the NCEP ATP III. Intakes of antioxidant vitamins (vitamin A, retinol, carotenoids, vitamin C, and vitamin E) were estimated by combining 3-day diet records with an antioxidant vitamin database for common Korean foods. We used multiple logistic regression analysis to assess the association between dietary intakes of antioxidant vitamins and MetS. **Results:** Men in the highest tertile for retinol (OR = 0.40, 95% CI = 0.23~0.71, P for trend = 0.0009), carotenoids (OR = 0.57, 95% CI = 0.32~1.00, P for trend = 0.0470), and vitamin E (OR = 0.52, 95% CI = 0.30~0.92, P for trend = 0.0190) intakes had a lower likelihood of having MetS than those in the lowest tertile. The OR of high fasting blood glucose among men in the highest tertile for vitamin A ($\mu\text{g RE}$: OR = 0.55, 95% CI = 0.32~0.97, P for trend = 0.0417, $\mu\text{g RAE}$: OR = 0.52, 95% CI = 0.29~0.92, P for trend = 0.0211), carotenoids (OR = 0.41, 95% CI = 0.23~0.73, P for trend = 0.0036), and vitamin E (OR = 0.47, 95% CI = 0.26~0.82, P for trend = 0.0080) intakes was lower than those in the lowest tertile. In women, subjects in the highest tertile of retinol intakes had a lower prevalence of MetS than those in the lowest tertile group (OR = 0.55, 95% CI = 0.30~0.98). The OR for abdominal obesity was lower among women with the highest vitamin A ($\mu\text{g RE}$) intakes compared to those in the lowest tertile (OR = 0.51, 95% CI = 0.28~0.93, P for trend = 0.0293). **Conclusion:** These results suggest that dietary intakes of antioxidant vitamins might be associated with reduced risk of having MetS among Korean adults.

KEY WORDS: antioxidant vitamins, metabolic syndrome, Korean adult

서 론

2015년 우리나라 사망 자료에 의하면 사망원인 상위 10

위 중 7개가 식생활과 관련성이 높은 암, 심장질환, 뇌혈관 질환, 당뇨병 등의 만성질환이었다.¹ 대사증후군은 이러한 만성질환의 위험요인으로 알려진 복부비만, 고중성지방

Received: May 11, 2017 / Revised: May 21, 2017 / Accepted: July 14, 2017

*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2014R1A2A2A01003138).

†To whom correspondence should be addressed.

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

© 2017 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.

혈중, 저고밀도지단백콜레스테롤 (HDL-cholesterol)혈중, 고혈압 및 고혈당이 군집하고 있는 증상이다.² 수년간 만성질환의 위험인자에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 많은 연구에서 식생활을 통한 대사증후군 관리의 중요성을 제기하였다.^{3,4}

국민건강영양조사 자료를 분석한 결과에 따르면, 한국 성인의 대사증후군 유병률은 1998년 24.9%에서 2007년 31.3%로 꾸준히 증가하였고,⁵ 2007~2010년에는 28.8% (남성 31.9%, 여성 25.6%)로 보고되었다.⁶ 대사증후군 진단 기준과 대상자의 연령이 상이하여 직접 두 연구를 비교하기는 어려우나, 이러한 수치를 통해 한국 성인 4명 중 1명은 대사증후군인 것으로 유추할 수 있다.

대사증후군의 위험요인으로 비만, 신체활동 부족, 부적절한 식이섭취, 유전적 요인, 스트레스, 노화, 호르몬 불균형 등 여러 가지 요인들이 확인되고 있는데, 활성산소로 인한 산화스트레스 또한 대사증후군과 관련이 있다고 보고되고 있다.⁷ 산화스트레스란 우리 몸에서 에너지를 생성하는 과정 중에 활성산소가 급격히 증가하거나 활성산소를 제거하는 기능이 저하될 때, 활성산소의 생성이 체내 활성산소 제거 기능을 능가하게 되어 신체에 부담을 주는 상태를 의미한다.⁸ 체내에 활성산소가 과잉으로 생성되어 축적되면 지질, 단백질, DNA 등에 여러 가지 독성을 일으키고, 세포의 변성과 손상을 초래하여,⁹ 노화의 촉진뿐만 아니라 심혈관질환, 당뇨병, 암 등 질병의 발생위험을 증가시키는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁻¹³

항산화제는 이러한 활성산소에 의한 산화스트레스로부터 우리 몸을 보호하는 역할을 한다. 인체 내에서 항산화제 역할을 하는 것으로는 빌리루빈 (bilirubin)이나 수퍼옥사이드 디스무타제 (superoxide dismutase, SOD), 카탈라제 (catalase), 글루타치온 퍼옥시다제 (glutathione peroxidase), 코엔자임 Q10 (coenzyme Q10) 등의 내인성 항산화제가 있고, 체외로부터 식품을 통해 섭취하는 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E, 폴리페놀, 셀레늄 등의 외인성 항산화제가 있다. 이들 항산화제는 체내에 증가된 활성산소로 인해 질병에 이르는 일련의 진행과정의 고리를 끊는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.¹⁴

Puchau 등¹⁵의 항산화비타민 섭취와 대사증후군의 관련성 연구에서 비타민 A, 비타민 C의 섭취량이 높을수록 대사증후군 위험의 조기 지표인 혈중 플라스미노젠 활성억제제-1 (plasminogen activator inhibitor-1) 및 혈중 호모시스테인 (homocysteine) 농도가 감소하는 것으로 보고되어, 식품을 통한 항산화 물질의 섭취가 대사증후군의 위험도를 낮출 가능성이 제시되었다. 중국 성인을 대상으로 실시한 연구에서도 에너지와 지방섭취량이 낮고, 비타민 C의 섭취가 높았을 때, 대사증후군의 위험도가 낮았으며,¹⁶ 네

덜란드 성인 남성을 대상으로 카로티노이드 섭취와 대사증후군과의 관련성을 분석한 Sluijs 등¹⁷의 연구에서는 총 카로티노이드, β -카로틴, α -카로틴 및 라이코펜 섭취가 대사증후군 및 복부비만 위험도, 혈중 중성지방 농도와 유의한 음의 상관관계가 있음이 보고되었다.

이처럼 항산화 비타민 섭취와 대사증후군과의 관련성에 대한 가능성이 제시되고 있음에도 불구하고, 한국인을 대상으로 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군과의 관계에 대해 연구한 논문은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 3일간의 식사조사 자료와 한국인 상용식품의 항산화 비타민 데이터베이스¹⁸를 이용하여 항산화 비타민 (비타민 A, 레티놀, 카로티노이드, 비타민 C, 비타민 E)의 섭취량을 추정하고, 대사증후군 및 그 위험요인과의 관련성을 분석하고자 한다. 특히 최근 발표된 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 A의 단위가 기존의 레티놀 당량 (μg retinol equivalents, μg RE)에서 레티놀 활성 당량 (μg retinol activity equivalents, μg RAE)으로 변경되면서, 이를 반영하여 비타민 A 섭취량과 대사증후군 위험간의 관련성을 확인하는 것은 의미가 있다고 사료된다.

연구방법

연구대상

본 연구는 2009~2012년에 수도권 일개 종합병원 건강검진센터를 이용한 사람 중에서 연구에 참여 의사를 밝힌 사람들을 대상으로 수행한 단면연구이다. 대상자 선정기준은 정기적으로 약물을 복용하지 않는 만 30~60세의 성인이었으며, 자발적으로 참여의사를 밝힌 총 1,033명이 모집되었다. 본 연구에서 대사증후군 보유 여부를 판정하기 위해 신체계측 및 혈액검사를 다시 실시하였고, 3일간의 식사조사와 일반적 특성에 대한 설문조사를 완료한 614명의 자료를 최종 분석에 사용하였다. 본 연구의 모든 절차는 제생병원 기관생명윤리심의위원회 (IRB No. IMG15-01, IMG15-06)와 서울대학교 생명윤리위원회 (IRB No. E1503/001-003, E1507/002-007)의 승인을 받았다.

신체계측 및 혈액검사

신체계측, 혈액검사 및 시료의 분석은 훈련된 간호사와 임상병리사 등 전문인력에 의해 수행되었다. 신장과 체중은 자동 신장·체중계 (GL-150, G-Tech International, Uijeongbu-si, Korea)를 이용하여 측정하였고, 이로부터 체질량지수 (body mass index, BMI)를 산출하였다. 허리둘레는 줄자를 이용하여 측정하였다. 혈압은 안정 상태에서 자동혈압측정기 (Diagnostec, Panasonic, Japan)를 사용

하여 수축기 혈압과 이완기 혈압을 측정하였다. 8시간 공복상태에서 혈액을 채취하고 혈청을 분리하여 분석 시까지 보관하였으며, 시료의 분석은 분당제생병원의 진단검사의학과에서 수행하였다. 혈청 중성지방 (triglyceride), 고밀도지단백콜레스테롤 (HDL-cholesterol), 저밀도지단백콜레스테롤 (LDL-cholesterol) 농도는 Bayer Reagent Packs on an automated chemistry analyzer (Advia 1650 Autoanalyzer, Bayer Diagnostics, Leverkusen, Germany)로 측정하였고, 공복혈당 (fasting blood glucose)의 농도는 HKG6PD (UV) method (Hitachi 747 automatic analyzer, Germany)로 측정하였다.

식사섭취조사 및 항산화 비타민 섭취량 추정

식사섭취조사는 식사기록법을 이용하여 주중 2일과 주말 1일을 포함한 3일 동안의 식사섭취량자료를 수집하였다. 첫날 조사는 24시간 회상법을 이용하여 훈련된 조사원이 직접 면접을 통해 수집하였다. 조사당일 대상자에게 식사기록 방법을 교육하고 2차원 모형과 조사지를 함께 배포하였고, 대상자가 직접 이들 동안의 식사내용을 기록하게 한 후 우편으로 회수하였다. 회수된 식사기록은 훈련된 조사원이 검토한 후 불충분하거나 불명확하게 기재된 부분에 대해 전화로 대상자에게 확인하여 보완하였다. 수집된 식사섭취 자료는 CAN Pro 3.0 프로그램 (Computer Aided Nutritional Analysis Program 3.0, The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea)을 이용하여 각 대상자의 1일 평균 식품 및 영양소 섭취량을 산출하였다. 항산화 비타민 섭취량은 한국인 상용식품의 항산화 비타민 함량 데이터베이스¹⁸와 연계하여, 비타민A, 레티놀, 카로티노이드, 비타민 C와 비타민 E 섭취량을 계산하였다. 비타민 A의 섭취량은 종전의 기준인 레티놀 당량 ($\mu\text{g RE}$)과 2015년에 새로 제정된 한국인 영양소 섭취기준에서 사용한 레티놀 활성 당량 ($\mu\text{g RAE}$)을 각각 계산하였다. 총 에너지 섭취량의 영향을 보정하기 위해 개인이 섭취한 열량 1,000 kcal당 항산화 비타민 섭취량을 계산하여 영양밀도를 산출하였다. 항산화 비타민 섭취밀도에 따라 대상자를 3분위군으로 나누어, 항산화 비타민 섭취밀도가 가장 낮은 군을 T1, 가장 높은 군을 T3로 지정하였다. 각 식품군별 항산화 비타민 섭취기여도를 확인하기 위해, 국민건강영양조사의 18개 식품군 중 대상자의 항산화 비타민 주요 급원식품군인 6개 식품군 (곡류, 채소류, 과일류, 난류, 어패류, 우유류)을 통한 1인 1일당 평균 항산화 비타민 섭취량을 계산하였다.

대사증후군의 정의

대사증후군의 진단 기준은 NCEP ATP III (National

Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III)의 기준을 따르되, 복부비만의 기준은 국제당뇨병연맹에서 제시한 아시아인 기준을 사용하였다. 복부비만은 허리둘레가 남자 90 cm 이상, 여자 80 cm 이상인 경우, 고중성지방혈증은 중성지방이 $150 \mu\text{g/dL}$ 이상인 경우, 저HDL-콜레스테롤혈증은 HDL-콜레스테롤이 남자 $40 \mu\text{g/dL}$ 미만, 여자 $50 \mu\text{g/dL}$ 미만인 경우, 고혈압은 수축기 혈압 130 mmHg 이상 또는 이완기 혈압 85 mmHg 이상인 경우, 고혈당은 공복 혈당 $100 \mu\text{g/dL}$ 이상인 경우로 정의하였고, 5개 항목 중에서 3개 항목 이상을 만족한 경우를 대사증후군으로 하였다. 대사증후군이 아닌 나머지 대상자들은 대조군으로 분류하였다.

통계분석

통계분석은 SAS (Statistical Analysis System version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였다. 범주형 변수는 n과 %를 제시하였고, chi-square test를 통해 분포의 차이를 확인하였다. 연속형 변수는 평균과 표준편차를 제시하였고, t-test를 통해 그룹 간 차이를 검정하였다. 항산화 비타민 섭취 수준과 대사증후군 및 대사증후군 위험 요인과의 관련성은 로지스틱 회귀분석을 이용하여 오즈비 (odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간 (95% confidence interval, 95% CI)을 구하였다. 항산화 비타민 섭취수준에 따른 고중성지방혈증, 저HDL-콜레스테롤혈증, 고혈압, 고혈당의 오즈비는 연령, 흡연 상태, 음주습관, 신체활동 수준, BMI를 보정하여 비교하였고, 복부비만과 대사증후군의 오즈비는 연령, 흡연 상태, 음주습관, 신체활동 수준을 보정하여 비교하였다. 대상자의 연령은 30~39세, 40~49세, 50~60세로 범주화 하였으며, BMI는 23 kg/m^2 미만, 23 kg/m^2 이상 25 kg/m^2 미만, 25 kg/m^2 이상 30 kg/m^2 미만, 30 kg/m^2 이상으로 범주화 하였다. 현재 흡연 상태는 현재 흡연자, 과거 흡연자, 비흡연자로 구분하였고, 음주 빈도는 월 1회 미만, 월 1~4회, 주 2회 이상으로 구분하였다. 식품군별 항산화 비타민 섭취량은 평균과 표준편차를 제시하였고, t-test를 통해 대사증후군 그룹과 대조군의 차이를 확인하였다. 본 연구의 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 를 기준으로 하였다.

결 과

조사 대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자의 인구사회학적 특성 및 대사증후군 위험 요인 보유자의 수를 Table 1에 제시하였다. 성별에 따른 인구사회학적 특성을 비교해 보았을 때, 여성의 평균 연령

Table 1. General characteristics of study subjects

	Men			Women			P-value ⁵⁾
	Total (n = 317)	MeiS ³⁾ (n = 185)	Control (n = 132)	Total (n = 297)	MeiS ³⁾ (n = 121)	Control (n = 176)	
Age (years) ¹⁾	45.4 ± 7.9	45.4 ± 7.6	45.4 ± 8.3	48.2 ± 7.2	49.0 ± 7.2	47.7 ± 7.1	<0.0001
BMI (kg/m ²) ¹⁾	26.4 ± 2.8	27.0 ± 2.9	25.6 ± 2.5	24.9 ± 3.4	26.2 ± 2.9	24.0 ± 3.5	<0.0001
Smoking status (yes) ²⁾	136 (42.9)	84 (45.4)	52 (39.4)	8 (2.7)	1 (0.8)	7 (4.0)	<0.0001
Alcohol consumption (yes) ²⁽⁶⁾	149 (47.0)	95 (51.4)	54 (40.9)	30 (10.1)	13 (10.7)	17 (9.7)	<0.0001
Physical activity (yes) ²⁽⁷⁾	71 (22.4)	43 (23.2)	28 (21.2)	51 (17.2)	21 (17.4)	30 (17.1)	0.1049
Metabolic syndrome risk factors ²⁾							
Abdominal obesity ⁸⁾	173 (54.6)	129 (69.7)	44 (33.3)	192 (64.7)	107 (88.4)	85 (48.3)	<0.0001
Hypertlyceridemia ⁹⁾	244 (77.0)	169 (91.4)	75 (56.8)	117 (39.4)	75 (62.0)	42 (23.9)	<0.0001
Low HDL-cholesterol ¹⁰⁾	95 (30.0)	70 (37.8)	25 (18.9)	129 (43.4)	80 (66.1)	49 (27.8)	0.0005
Elevated blood pressure ¹¹⁾	218 (68.8)	150 (81.1)	68 (51.5)	147 (49.5)	87 (71.9)	60 (34.1)	<0.0001
High fasting blood glucose ¹²⁾	155 (48.9)	116 (62.7)	39 (29.6)	78 (26.3)	52 (43.0)	26 (14.8)	<0.0001

1) Values are mean ± SD. 2) Values are N (%). 3) MeiS was defined using the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria with a modified waist circumference cutoff for Asian populations provided by the International Diabetes Federation. 4) P-values for the difference between MeiS group and control group, obtained by chi-square test for categorical variables and t-test for continuous variables. 5) P-values for the difference between total men and total women, obtained by chi-square test for categorical variables and t-test for continuous variables. 6) Subjects who drank more than twice a week. 7) Subjects engaged in a physical activity at least 5 days or more per week and lasting at least 30 min or more at moderate intensity or at least 3 days or more per week and lasting at least 20 min or more at vigorous intensity. 8) Waist circumference ≥ 90 cm (men) or ≥ 80 cm (women) 9) Fasting triglyceride ≥ 150 µg/dL 10) Fasting HDL-cholesterol < 40 µg/dL (men) or < 50 µg/dL (women) 11) Systolic blood pressure ≥ 130 mmHg or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg 12) Fasting blood glucose ≥ 100 µg/dL

Table 2. Comparison of daily antioxidant vitamin intakes between MeiS cases and controls

	Men			Women			P-value ⁴⁾
	Total (n = 317)	MeiS ²⁾ (n = 185)	Control (n = 132)	Total (n = 297)	MeiS ²⁾ (n = 121)	Control (n = 176)	
Nutrient intake ¹⁾							
Energy (kcal)	1,959.3 ± 507.6	1,967.5 ± 512.5	1,947.8 ± 502.4	1,559.2 ± 475.7	1,561.5 ± 534.2	1,557.6 ± 432.5	<0.0001
Protein (g)	80.1 ± 27.0	79.3 ± 24.9	81.2 ± 29.8	62.8 ± 24.8	62.2 ± 26.9	63.3 ± 23.3	<0.0001
Lipid (g)	49.4 ± 19.6	48.9 ± 18.7	50.1 ± 20.8	40.2 ± 19.2	39.0 ± 20.1	41.0 ± 18.5	<0.0001
Carbohydrate (g)	273.9 ± 71.4	270.5 ± 69.2	278.8 ± 74.5	236.9 ± 73.4	243.5 ± 81.0	232.3 ± 67.6	<0.0001
Vitamin A (µg RE)	712.5 ± 469.4	711.5 ± 552.9	714.0 ± 319.6	670.7 ± 413.6	661.2 ± 407.3	677.2 ± 418.9	0.2408
Vitamin A (µg RAE)	413.9 ± 259.2	408.5 ± 300.4	421.6 ± 187.6	386.2 ± 237.5	380.3 ± 241.8	390.3 ± 235.0	0.1685
Retinol (µg)	115.4 ± 122.0	105.5 ± 125.1	129.1 ± 116.5	101.8 ± 129.7	99.4 ± 139.8	103.4 ± 122.7	0.1822
Carotenoids (µg)	8,866.6 ± 7,971.8	8,628.7 ± 8,833.1	9,200.0 ± 6,596.3	9,123.8 ± 7,863.2	8,939.5 ± 7,828.0	9,250.5 ± 7,907.0	0.6877
Vitamin C (mg)	78.1 ± 62.0	77.9 ± 67.9	78.4 ± 53.0	84.5 ± 64.3	91.0 ± 69.6	80.1 ± 60.2	0.2083
Vitamin E (mg α-TE)	6.5 ± 2.3	6.4 ± 2.4	6.6 ± 2.2	5.6 ± 2.4	6.0 ± 2.8	5.4 ± 2.1	<0.0001
Nutrient density ¹⁾							
Protein (g/1,000 kcal)	40.8 ± 8.4	40.3 ± 7.6	41.5 ± 9.5	40.1 ± 9.3	39.7 ± 10.8	40.4 ± 8.2	0.3235
Lipid (g/1,000 kcal)	24.9 ± 6.4	24.6 ± 6.4	25.4 ± 6.5	25.2 ± 7.5	24.3 ± 6.9	25.9 ± 7.8	0.0699
Carbohydrate (g/1,000 kcal)	142.3 ± 25.8	140.2 ± 25.8	145.4 ± 25.7	153.6 ± 22.7	158.1 ± 23.1	150.6 ± 21.9	<0.0001
Vitamin A (µg RE/1,000 kcal)	363.8 ± 177.9	355.7 ± 182.7	375.2 ± 170.9	438.7 ± 272.3	437.0 ± 274.6	439.9 ± 271.5	<0.0001
Vitamin A (µg RAE/1,000 kcal)	211.5 ± 101.1	204.7 ± 102.7	221.2 ± 98.2	252.4 ± 156.6	252.0 ± 171.6	252.7 ± 146.0	0.0002
Retinol (µg/1,000 kcal)	59.2 ± 59.6	53.6 ± 59.0	67.1 ± 59.7	66.1 ± 90.4	66.9 ± 116.4	65.6 ± 67.3	0.2661
Carotenoids (µg/1,000 kcal)	4,614.0 ± 4,252.7	4,432.3 ± 4,374.5	4,868.6 ± 4,078.7	6,039.8 ± 5,225.1	5,993.8 ± 5,139.1	6,071.4 ± 5,297.8	0.0002
Vitamin C (mg/1,000 kcal)	40.1 ± 28.9	39.4 ± 30.0	41.1 ± 27.4	55.6 ± 39.3	60.4 ± 42.7	52.4 ± 36.5	<0.0001
Vitamin E (mg α-TE/1,000 kcal)	3.3 ± 1.0	3.3 ± 1.0	3.5 ± 1.0	3.6 ± 1.2	3.8 ± 1.4	3.5 ± 1.1	0.0297

1) Values are mean ± SD. 2) MeiS was defined using the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria with a modified waist circumference cutoff for Asian populations provided by the International Diabetes Federation. 3) P-values for the difference between MeiS group and control group, obtained by t-test. 4) P-values for the difference between total men and total women, obtained by t-test.

(48.2 ± 7.2 세)이 남성 (45.4 ± 7.9 세)보다 높았으며 ($p < 0.0001$), 남성 대상자의 평균 BMI ($26.4 \pm 2.8 \text{ kg/m}^2$)가 여성 ($24.9 \pm 3.4 \text{ kg/m}^2$)보다 높았다 ($p < 0.0001$). 현재 흡연자의 비율과 주 2회 이상 음주자의 비율은 모두 남성대상자가 여성대상자보다 높았다 ($p < 0.0001$). 남성 대상자와 여성 대상자에서 대사증후군 보유 여부에 따른 인구사회학적 특성을 비교해 보았을 때, 연령, 현재 흡연 상태, 음주 빈도, 신체활동 수준에 따른 대상자 분포에 유의한 차이가 없었고, BMI는 남성과 여성 모두에서 대사증후군 그룹의 평균이 대조군보다 높았다 ($p < 0.0001$).

성별에 따른 대사증후군 및 그 위험요인 보유자의 비율을 비교해 보았을 때, 남성에서 여성에 비해 고중성지방혈증, 고혈압, 고혈당의 보유자 비율이 유의하게 높았으며 ($p < 0.0001$), 여성에서 남성에 비해 복부비만, 저HDL-콜레스테롤혈증의 보유자 비율이 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

조사 대상자의 항산화 비타민 섭취량

조사 대상자의 1일 평균 3대영양소 및 항산화 비타민 섭취량과 섭취밀도를 Table 2에 제시하였다. 성별에 따른 항산화 비타민의 섭취량을 비교해 보았을 때, 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 레티놀, 카로티노이드, 비타민 C 섭취량에는 성별 간 유의한 차이가 없었으며, 비타민 E의 섭취량은 여성에 비해 남성이 유의하게 높았다 ($p < 0.0001$). 그러나 여성의 평균 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 C, 비타민 E 섭취밀도는 남성보다 유의하게 높았다 ($p < 0.01$).

남성 대상자에서는 대사증후군 그룹의 레티놀 섭취밀도 ($53.6 \pm 59.0 \mu\text{g}/1,000 \text{ kcal}$)가 대조군 ($67.1 \pm 59.7 \mu\text{g}/1,000 \text{ kcal}$)에 비해 유의하게 낮았고 ($p = 0.0466$), 이를 제외한 영양소에서 대사증후군 그룹과 대조군에서 섭취량에 유의한 차이가 없었다. 여성의 경우에는 대사증후군 그룹의 비타민 E의 섭취밀도 ($3.8 \pm 1.4 \text{ mg } \alpha\text{-TE}/1,000 \text{ kcal}$)와 탄수화물 섭취밀도 ($158.1 \pm 23.1 \text{ g}/1,000 \text{ kcal}$)가 대조군 (비타민 E: $3.5 \pm 1.1 \text{ mg } \alpha\text{-TE}/1,000 \text{ kcal}$, 탄수화물: $150.6 \pm 21.9 \text{ g}/1,000 \text{ kcal}$)보다 유의하게 많았고 ($p < 0.05$), 다른 영양소의 섭취량은 차이가 없었다.

항산화 비타민 섭취량과 대사증후군과의 관련성

항산화 비타민 섭취량과 대사증후군과의 관련성을 알아보기 위해 각 항산화 비타민의 섭취밀도에 따라 대상자를 3분위로 나누어 각 분위별로 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 오즈비 (odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간 (95% confidence interval, 95% CI)을 구한 결과는 Table 3과 같다. 남성에서 연령, 흡연 상태, 음주습관, 신체활동 수준을

보정하였을 때, 레티놀 (OR = 0.40, 95% CI = 0.23-0.71, P for trend = 0.0009), 카로티노이드 (OR = 0.57, 95% CI = 0.32-1.00, P for trend = 0.0470), 비타민 E (OR = 0.52, 95% CI = 0.30-0.92, P for trend = 0.0190)의 섭취밀도가 높은 그룹이 섭취밀도가 낮은 그룹에 비해 대사증후군의 유병률이 유의하게 낮았다. 또한 연령, 흡연 상태, 음주습관, 신체활동 수준, BMI를 보정한 결과, 남성에서 비타민 A ($\mu\text{g RE}$: OR=0.55, 95% CI = 0.32-0.97, P for trend = 0.0417, $\mu\text{g RAE}$: OR = 0.52, 95% CI = 0.29-0.92, P for trend = 0.0211), 카로티노이드 (OR = 0.41, 95% CI = 0.23-0.73, P for trend = 0.0036), 비타민 E (OR = 0.47, 95% CI = 0.26-0.82, P for trend = 0.0080) 섭취밀도가 높은 그룹이 낮은 그룹보다 고혈당의 오즈비가 유의하게 낮았다. 여성에서는 레티놀 섭취밀도가 중간인 그룹 (OR = 0.48, 95% CI = 0.27-0.86)과 높은 그룹 (OR = 0.55, 95% CI = 0.30-0.98)의 대사증후군 유병률이 레티놀 섭취밀도가 낮은 그룹보다 유의하게 낮았고, 비타민 A ($\mu\text{g RE}$)의 섭취밀도가 높은 그룹의 복부비만 오즈비가 섭취밀도가 낮은 그룹보다 유의하게 낮았다 (OR = 0.51, 95% CI = 0.28-0.93, P for trend = 0.0293).

식품군별 항산화 비타민 섭취량

각 식품군별로 각 항산화 비타민의 1일 평균 섭취량을 계산한 결과를 Table 4에 제시하였다. 남성에서 대사증후군 그룹은 대조군보다 곡류를 통해 섭취하는 레티놀 ($p = 0.0351$)과 비타민 C ($p = 0.0477$)의 섭취량, 과실류를 통해 섭취하는 카로티노이드 ($p = 0.0446$)의 섭취량, 우유류를 통해 섭취하는 비타민 A ($\mu\text{g RE}$: $p = 0.0010$, $\mu\text{g RAE}$: $p = 0.0013$), 레티놀 ($p = 0.0015$), 카로티노이드 ($p = 0.0181$), 비타민 E ($p = 0.0009$)의 섭취량이 유의하게 적었다. 여성의 경우에는 대사증후군 그룹의 어패류를 통해 섭취하는 비타민 C ($p = 0.0294$)와 우유류를 통해 섭취하는 비타민 E ($p = 0.0478$)의 섭취량이 대조군보다 적었던 반면, 과실류를 통해 섭취하는 비타민 C의 섭취량은 대사증후군 그룹이 대조군보다 많았다 ($p = 0.0148$).

고 찰

본 연구에서 한국인 성인남녀 614명을 대상으로 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군 및 그 위험요인과의 관련성을 분석한 결과, 남성 대상자에서 레티놀, 카로티노이드, 비타민 E의 섭취밀도가 높은 그룹이 낮은 그룹보다 대사증후군의 유병률이 낮았고, 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 E의 섭취밀도가 높은 그룹이 섭취

Table 3. Odds ratios and 95% CIs for metabolic syndrome risk factors according to tertiles of antioxidant vitamin intakes

	Men			Women			P for trend ⁹⁾
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Abdominal obesity¹⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	0.71 (0.41-1.25)	0.91 (0.52-1.59)	1.00	0.69 (0.37-1.29)	0.51 (0.28-0.93)	0.0293
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	0.79 (0.45-1.38)	0.90 (0.51-1.58)	1.00	0.70 (0.38-1.29)	0.59 (0.32-1.09)	0.0958
Retinol	1.00	1.10 (0.63-1.94)	0.77 (0.44-1.34)	1.00	0.80 (0.44-1.45)	0.89 (0.49-1.63)	0.8010
Carotenoids	1.00	1.31 (0.75-2.28)	1.17 (0.66-2.05)	1.00	0.79 (0.43-1.43)	0.78 (0.42-1.44)	0.4821
Vitamin C	1.00	1.71 (0.97-3.01)	1.61 (0.91-2.84)	1.00	0.65 (0.35-1.18)	0.76 (0.41-1.42)	0.5108
Vitamin E	1.00	1.02 (0.59-1.77)	1.12 (0.64-1.97)	1.00	1.03 (0.56-1.89)	0.80 (0.43-1.46)	0.4158
Hypertriglyceridemia²⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	0.85 (0.44-1.63)	1.18 (0.59-2.36)	1.00	0.64 (0.35-1.18)	0.94 (0.52-1.68)	0.8917
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	1.13 (0.58-2.18)	1.32 (0.67-2.62)	1.00	0.52 (0.28-0.95)	0.93 (0.52-1.67)	0.9731
Retinol	1.00	1.06 (0.52-2.17)	0.62 (0.32-1.20)	1.00	0.78 (0.44-1.41)	0.75 (0.42-1.36)	0.3891
Carotenoids	1.00	0.75 (0.39-1.43)	1.66 (0.80-3.42)	1.00	1.30 (0.72-2.33)	0.92 (0.50-1.68)	0.6191
Vitamin C	1.00	0.96 (0.48-1.92)	0.77 (0.39-1.52)	1.00	0.89 (0.49-1.59)	0.70 (0.39-1.28)	0.2459
Vitamin E	1.00	1.84 (0.93-3.65)	1.09 (0.57-2.10)	1.00	0.77 (0.43-1.40)	1.10 (0.61-1.99)	0.6589
Low HDL-cholesterol³⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	1.51 (0.81-2.83)	1.54 (0.83-2.88)	1.00	0.94 (0.52-1.71)	1.39 (0.77-2.50)	0.2568
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	1.96 (1.03-3.71)	1.84 (0.97-3.49)	1.00	1.25 (0.69-2.28)	1.33 (0.73-2.41)	0.3654
Retinol	1.00	1.03 (0.55-1.92)	1.20 (0.65-2.21)	1.00	0.87 (0.48-1.57)	0.77 (0.43-1.39)	0.4001
Carotenoids	1.00	0.96 (0.52-1.79)	1.02 (0.55-1.89)	1.00	1.40 (0.78-2.52)	1.12 (0.61-2.05)	0.8732
Vitamin C	1.00	1.91 (1.02-3.58)	1.36 (0.71-2.59)	1.00	0.86 (0.47-1.55)	1.48 (0.81-2.69)	0.1426
Vitamin E	1.00	1.23 (0.67-2.25)	0.95 (0.50-1.77)	1.00	1.11 (0.61-2.01)	1.73 (0.94-3.18)	0.0674
Elevated blood pressure⁴⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	1.01 (0.55-1.86)	0.89 (0.49-1.62)	1.00	1.29 (0.70-2.37)	1.07 (0.58-1.98)	0.8549
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	0.73 (0.40-1.35)	0.74 (0.40-1.36)	1.00	1.13 (0.61-2.08)	0.88 (0.48-1.63)	0.6459
Retinol	1.00	0.94 (0.51-1.77)	0.58 (0.32-1.06)	1.00	0.63 (0.34-1.15)	0.79 (0.43-1.44)	0.5804
Carotenoids	1.00	1.85 (1.00-3.44)	1.11 (0.62-2.01)	1.00	1.18 (0.64-2.16)	1.05 (0.57-1.94)	0.9568
Vitamin C	1.00	0.94 (0.51-1.73)	1.00 (0.54-1.85)	1.00	1.38 (0.75-2.53)	1.53 (0.83-2.84)	0.2014
Vitamin E	1.00	0.78 (0.42-1.44)	0.64 (0.35-1.18)	1.00	2.14 (1.15-3.98)	1.45 (0.78-2.73)	0.3696
High fasting blood glucose⁵⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	0.72 (0.41-1.25)	0.55 (0.32-0.97)	1.00	0.76 (0.37-1.54)	1.06 (0.54-2.08)	0.8323
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	0.86 (0.49-1.49)	0.52 (0.29-0.92)	1.00	0.77 (0.38-1.55)	0.96 (0.49-1.89)	0.9527
Retinol	1.00	1.08 (0.62-1.89)	0.72 (0.41-1.26)	1.00	0.74 (0.37-1.47)	0.86 (0.43-1.71)	0.7412
Carotenoids	1.00	0.56 (0.32-0.99)	0.41 (0.23-0.73)	1.00	1.14 (0.57-2.27)	0.87 (0.43-1.74)	0.6136
Vitamin C	1.00	0.68 (0.38-1.19)	0.61 (0.34-1.07)	1.00	2.11 (1.02-4.35)	1.87 (0.91-3.84)	0.1578
Vitamin E	1.00	0.75 (0.43-1.31)	0.47 (0.26-0.82)	1.00	0.67 (0.33-1.37)	1.10 (0.56-2.18)	0.6454
Metabolic syndrome⁶⁾							
Vitamin A ($\mu\text{g RE}$)	1.00	0.71 (0.41-1.26)	0.63 (0.36-1.10)	1.00	0.72 (0.40-1.29)	0.86 (0.48-1.52)	0.6299
Vitamin A ($\mu\text{g RAE}$)	1.00	0.81 (0.46-1.42)	0.65 (0.37-1.14)	1.00	0.76 (0.43-1.36)	0.68 (0.38-1.22)	0.2008
Retinol	1.00	0.90 (0.51-1.61)	0.40 (0.23-0.71)	1.00	0.48 (0.27-0.86)	0.55 (0.30-0.98)	0.0824
Carotenoids	1.00	0.82 (0.47-1.44)	0.57 (0.32-1.00)	1.00	1.30 (0.73-2.32)	0.98 (0.54-1.76)	0.7816
Vitamin C	1.00	1.12 (0.64-1.97)	0.87 (0.49-1.53)	1.00	0.76 (0.42-1.36)	1.24 (0.69-2.21)	0.3459
Vitamin E	1.00	1.00 (0.56-1.76)	0.52 (0.30-0.92)	1.00	1.16 (0.65-2.09)	1.70 (0.94-3.08)	0.0705

1) Waist circumference ≥ 90 cm (men) or ≥ 80 cm (women) 2) Fasting triglyceride ≥ 150 $\mu\text{g/dL}$ (men) or < 50 $\mu\text{g/dL}$ (women) 3) Fasting HDL-cholesterol < 40 $\mu\text{g/dL}$ (men) or < 50 $\mu\text{g/dL}$ (women) 4) Systolic blood pressure ≥ 130 mmHg or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg 5) Fasting blood glucose ≥ 100 $\mu\text{g/dL}$ 6) MetS was defined using the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria with a modified waist circumference cutoff for Asian populations provided by the International Diabetes Federation. 7) ORs, 95% CIs, and P for trends were adjusted for age, smoking status, alcohol consumption and physical activity. 8) ORs, 95% CIs, and P for trends were adjusted for age, smoking status, alcohol consumption, physical activity and BMI. 9) P-values were from generalized linear model analysis.

Table 4. Comparison of dietary antioxidant vitamin intakes from each food group between MeTS cases and controls

	Men						Women					
	Vitamin A (µg RE)		Vitamin A (µg RAE)		Retinol (µg)		Carotenoids (µg)		Vitamin C (mg)		Vitamin E (mg α-TE)	
	MeTS ²⁾	Control	MeTS ²⁾	Control	MeTS ²⁾	Control	MeTS ²⁾	Control	MeTS ²⁾	Control	MeTS ²⁾	Control
Grains	80.2 ± 53.2 ¹⁾³⁾	91.4 ± 101.5	6.2 ± 13.6	13.7 ± 39.6	4.3 ± 12.1*	11.9 ± 36.4	141.2 ± 368.5	222.2 ± 998.4	0.1 ± 0.4*	0.4 ± 1.3	0.9 ± 0.6	1.0 ± 0.9
Vegetables	422.3 ± 375.0	422.9 ± 257.9	186.1 ± 221.3	189.8 ± 129.5	1.1 ± 2.3	1.5 ± 3.1	5,347.8 ± 7,734.7	4,829.6 ± 3,765.5	37.3 ± 20.8	35.5 ± 22.1	1.3 ± 0.8	1.3 ± 0.7
Fruits	86.6 ± 218.3	81.1 ± 100.9	31.7 ± 102.8	28.0 ± 41.4	0.0 ± 0.2	0.0 ± 0.1	1,490.3 ± 3,715.7*	2,523.4 ± 5,055.7	31.1 ± 62.2	32.6 ± 47.9	0.3 ± 0.5	0.3 ± 0.4
Eggs	110.6 ± 100.0	131.6 ± 113.7	28.2 ± 34.6	31.8 ± 29.1	27.8 ± 34.3	31.3 ± 28.7	111.2 ± 99.6	133.1 ± 115.5	0.0	0.0	1.0 ± 0.9	1.2 ± 1.1
Fishes & shellfishes	99.6 ± 156.7	95.8 ± 141.6	34.6 ± 109.0	33.0 ± 72.9	34.3 ± 108.9	32.6 ± 73.0	4.2 ± 28.4	4.3 ± 15.4	0.7 ± 1.1	0.5 ± 0.8	0.9 ± 0.9	0.8 ± 1.0
Milk & dairy products	19.2 ± 36.4**	39.6 ± 63.4	14.4 ± 27.5**	29.4 ± 48.0	14.2 ± 27.3**	28.9 ± 47.5	2.0 ± 5.2*	6.3 ± 19.0	0.1 ± 0.5	0.1 ± 0.7	0.1 ± 0.1***	0.1 ± 0.2

1) Values are mean ± SD. 2) MeTS was defined using the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria with a modified waist circumference cutoff for Asian populations provided by the International Diabetes Federation. 3) The value in the MeTS group is significantly different from that of the control group at *p < 0.05, **p < 0.01, and ***p < 0.001 by t-test.

밀도가 낮은 그룹보다 고혈당의 오즈비가 유의하게 낮았으며, 여성 대상자에서는 레티놀 섭취밀도가 낮은 그룹보다 중간인 그룹 및 높은 그룹의 대사증후군 유병률이 유의하게 낮았고, 비타민 A ($\mu\text{g RE}$)의 섭취밀도가 낮은 그룹보다 높은 그룹의 복부비만 오즈비가 낮았다.

본 연구에서 확인한 항산화 비타민 섭취와 대사증후군과의 역의 관련성은 선행연구에서도 보고되었다. Puchau 등¹⁵의 연구결과에 의하면, 항산화 비타민의 섭취량을 반영하는 식이 총항산화능이 수축기 혈압, 혈당 등 대사증후군의 지표와 역의 상관성을 갖는 것으로 나타났고, Sluijs 등¹⁷의 연구에서도 네덜란드 성인 남성의 총카로티노이드 섭취량이 높을수록 대사증후군의 유병률이 낮았다. Ashor 등¹⁹은 비타민 C와 비타민 E가 세포 내피 기능 (endothelial function)을 비롯한 다른 대사증후군 위험 요인을 개선시킴으로써 대사증후군 위험을 낮추는 데 긍정적인 역할을 하는 것으로 보고하였다.

또한 남성에서 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 E의 섭취밀도가 높은 그룹이 섭취밀도가 낮은 그룹보다 고혈당의 오즈비가 유의하게 낮았다. 항산화 비타민 섭취량과 고혈당 위험과의 역의 상관성은 이전의 연구결과에서도 확인된 바 있다. 비타민 A는 간의 당대사와 췌장에서의 인슐린 분비에 영향을 주므로,²⁰ 비타민 A의 섭취가 공복 혈당에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 제시되었으며, 실제로 Ylönen 등²¹이 제2형 당뇨 고위험군을 대상으로 연구한 결과, 남성에서 카로티노이드 섭취량과 공복혈당간의 유의한 음의 상관성이 발견되었다. Manning 등²²의 연구에서 과체중 환자를 대상으로 비타민 E의 섭취와 인슐린 저항성 지표와의 관련성을 연구한 결과, 3개월간 비타민 E 보충제를 섭취한 군이 그렇지 않은 군보다 공복혈당이 유의하게 감소하였다. 한국인을 대상으로 수행한 Kang과 Kim²³의 연구에서도 당뇨 환자에게 4주간 비타민 C 및 비타민 E를 투여했을 때 공복혈당이 유의하게 감소하였다.

한편, 여성 대상자에서 비타민 A ($\mu\text{g RE}$)의 섭취밀도가 낮은 그룹보다 높은 그룹의 복부비만 오즈비가 낮았다. 영국의 중년 여성을 대상으로 채소 및 과일을 통한 항산화물 섭취와 혈중 농도를 분석한 Scott 등²⁴의 연구에서 혈중 카로티노이드 농도 또는 카로티노이드 섭취량은 BMI와 역의 상관관계가 있는 것으로 확인되었다. 한국 성인을 대상으로 체중상태에 따른 식생활 특성을 파악한 Lee 등²⁵의 연구에서도, 여성 비만군의 비타민 A 섭취량이 여성 대조군보다 오히려 더 낮았다. 또한 Zulet 등²⁶이 비타민 A의 섭취와 임상 및 신체계측치를 분석한 결과, 에너지섭취량을 보정한 비타민 A의 섭취와 허리둘레, 체중, BMI 등 비만 관

련 지표 사이에 역의 상관관계가 관찰되었다.

대상자의 1일 평균 항산화 비타민 섭취량을 성별로 비교해 보았을 때, 여성의 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 C, 비타민 E의 섭취밀도가 남성보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 2014 국민건강통계²⁷에서 여성의 비타민 C의 절대섭취량 및 평균 섭취 열량 대비 비타민 A의 섭취량과 과일군의 섭취량이 남성보다 더 많은 것으로 미루어 볼 때, 본 연구 결과는 한국 성인 남녀의 항산화 비타민 섭취량을 잘 반영하고 있다고 할 수 있다.

최근 새롭게 제정된 2015 한국인 영양소 섭취기준에서는 비타민 A의 단위를 국제적인 추세에 따라 기존의 $\mu\text{g RE}$ 에서 $\mu\text{g RAE}$ 로 변경하였다. 비타민 A의 단위를 $\mu\text{g RE}$ 에서 $\mu\text{g RAE}$ 로 변경하면 식품 중 카로티노이드의 비타민 A 전환율은 1/2로 줄어들게 된다.²⁸ 우리나라 사람들은 당근, 시금치, 과일 등 카로티노이드 함량이 높은 식물성 식품으로부터 비타민 A를 섭취하므로, 새로운 단위 ($\mu\text{g RAE}$)를 적용하면 비타민 A의 섭취실태가 현재보다 매우 불량한 것으로 평가될 수 있다.²⁹ 본 연구의 대상자들 역시 비타민 A 섭취량의 약 50%를 채소 및 과일류를 통해 섭취하는 것으로 나타났다 ($\mu\text{g RE}$ 기준 47.8%, $\mu\text{g RAE}$ 기준 55.0%). 따라서 단위의 변화에 따라 비타민 A의 섭취량의 수치가 남성 712.5 $\mu\text{g RE}$ 에서 413.9 $\mu\text{g RAE}$ 로, 여성 670.7 $\mu\text{g RE}$ 에서 386.2 $\mu\text{g RAE}$ 로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

연구 대상자의 대사증후군 보유 여부에 따른 평균 항산화 비타민 섭취량을 분석한 결과, 남성에서는 대사증후군 그룹의 레티놀 섭취밀도가 대조군보다 유의하게 낮았고, 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 C, 비타민 E의 경우에도 유의하지는 않았으나, 대사증후군 그룹의 섭취밀도가 대조군보다 낮은 경향을 보였다. 이러한 대사증후군 보유 여부에 따른 항산화 비타민 섭취량의 차이는 이전의 선행연구에서도 관찰되었다. Park 등³⁰의 연구결과에 의하면 대사증후군 그룹의 총 비타민 A와 비타민 C의 섭취량이 대조군보다 낮았고, 중국 성인을 대상으로 한 연구에서 대사증후군 그룹의 비타민 E 또는 비타민 C 섭취량이 대조군보다 낮았다.^{16,31} Ford 등³²이 미국 성인을 대상으로 연구한 결과에서도 대사증후군 그룹의 비타민 A 섭취량이 대조군의 섭취량보다 적었다. 본 연구의 남성 대상자에게서 나타난 이러한 경향성이 여성 대상자에게 선 관찰되지 않았으며, 오히려 여성 대사증후군 그룹의 비타민 E 섭취밀도가 대조군보다 높은 것으로 나타났다.

대사증후군 그룹과 대조군의 항산화 비타민 섭취 기여 식품군을 파악하기 위해 식품군별 항산화 비타민 섭취량을 살펴본 결과, 남성 대상자에서 대사증후군 그룹의 과일

류를 통한 카로티노이드 섭취량이 대조군보다 유의하게 적었다. 식사패턴과 대사증후군 위험 사이의 관련성을 분석한 선행연구에서도 과일과 채소를 많이 섭취하는 식사패턴이 대사증후군의 유병률이 낮았다.^{33,34} 또한 한국 성인을 대상으로 한 Hong 등³⁵의 연구에서도 과일과 유제품을 많이 섭취하는 식사패턴에서 대사증후군, 고혈당, 고중성지방혈증의 오즈비가 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 선행연구 결과와 본 연구의 남성대상자에서 카로티노이드 섭취량이 많은 그룹의 대사증후군 및 고혈당의 오즈비가 낮았다는 사실을 종합해볼 때, 과실류를 통한 카로티노이드의 섭취가 대사증후군에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성을 생각해볼 수 있다.

또한 남성의 경우 대사증후군 그룹은 우유류를 통한 비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 레티놀, 카로티노이드, 비타민 E의 섭취량이 대조군보다 유의하게 낮았고, 여성의 경우에도 대사증후군 그룹의 우유류를 통한 비타민 E 섭취량이 대조군보다 유의하게 낮았다. 국내외 선행연구를 통해 우유의 섭취가 대사증후군의 위험을 낮추는 것으로 밝혀진 바 있다.³⁶⁻³⁹ Dugan 등³⁶이 미국 성인을 대상으로 6주간 실험군에게 하루 3회 저지방 유제품 식단을 제공한 결과, 남성 실험군은 대조군보다 혈당이 유의하게 감소하였고, 여성 실험군은 대조군보다 체중, BMI, 허리둘레가 유의하게 감소하였다. 이는 본 연구에서 성별에 따른 항산화 비타민 섭취와 대사증후군 위험요인과의 관련성에 대한 연구 결과와 일치하였으며, 본 연구대상자에서 우유류는 항산화 비타민 중 특히 레티놀의 주요 공급식품인 것으로 나타나, 우유를 통한 레티놀 및 비타민 A의 섭취가 남성의 혈당 감소와 여성의 허리둘레 감소에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성이 있는 것으로 사료된다. 더욱이 Ballard 등³⁷의 중재 연구에서 저지방 우유의 섭취가 대사증후군환자의 식후 고혈당과 관련된 산화 스트레스 반응을 억제함으로써 혈관 내피의 기능을 유지하였다는 결과와, 한국인을 대상으로 중재연구를 시행한 Lee 등³⁸의 연구에서 고혈압 또는 고중성지방혈증이 있는 비만 환자에서 저지방 우유의 섭취가 죽상동맥경화증의 지표를 개선하였다는 결과에서, 우유를 통한 항산화 비타민의 섭취가 대사증후군의 위험을 낮춘다는 가설을 뒷받침할 수 있다.

본 연구에서 항산화 비타민 섭취와 대사증후군의 관련성이 여성보다 남성에서 높은 것을 확인하였다. 그러나 기존의 한국인 대상 연구에서는 여성의 항산화 비타민 섭취가 대사증후군에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 발표된 바 있다.^{30,40,41} Park 등³⁰의 연구에 따르면 여성의 비타민 A, 비타민 C 섭취량이 많을수록 대사증후군의 유병률이 낮았고, Kim 등⁴⁰의 연구에서도 60대 이상 여성에서 비타

민 A, 비타민 C 섭취가 많은 그룹이 적은 그룹보다 대사증후군의 유병률이 낮았다. 신체활동과 비타민 C 섭취량이 대사증후군에 미치는 영향을 분석한 Kim과 Choi⁴¹의 연구 결과에서도 신체활동 수준이 낮은 여성에서 비타민 C의 섭취가 대사증후군에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 나타났다. 본 연구에서 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군 위험의 연관성이 성별에 따라 차이를 보이는 것은 대사증후군 및 대사증후군 위험요인 보유자 비율의 유의한 남녀 차이에서 기인했을 가능성이 있다. 또한 여성은 일반적으로 건강 및 영양학적 지식이 남성보다 더 풍부하며, 체중조절과 평소 섭취하는 식사 또는 식품의 선택에 관심이 더 많은 것으로 알려져 있다.⁴² 이러한 여성의 식태도 및 식행동이 본 연구에서 여성 대사증후군 그룹과 여성 대조군의 항산화 비타민 섭취량의 차이가 적은 것으로 나타났을 수 있고, 따라서 여성 대상자에서 항산화 비타민 섭취와 대사증후군과의 관련성이 남성보다 작게 관찰되었을 가능성이 있다. 더불어 남성과 여성 사이의 생물학적 차이가 대사증후군과 관련된 유전자 발현에 영향을 미쳐 항산화 비타민 섭취와 대사증후군과의 관련성의 크기에 성별의 차이가 존재할 가능성도 배제할 수 없다.⁴³

본 연구는 우리나라 성인을 대상으로 항산화 비타민 섭취와 대사증후군 간의 관련성을 연구하였다는 점에서 의의가 있으나, 다음과 같은 제한점을 갖는다. 첫째, 본 연구 대상자는 일개 종합병원의 건강검진 참여자를 대상으로 모집하였으므로, 연구 대상자가 일반적인 한국 성인을 대표하기에는 한계가 있다. 둘째, 본 연구는 단면연구로 수행되어 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군의 인과관계를 명확히 설명할 수 없다. 셋째, 본 연구에서 항산화 비타민 섭취량을 추정하는데 사용한 데이터베이스가 대상자가 섭취한 모든 식품 및 보충제의 항산화 비타민 함량을 포함하지 않기 때문에 실제 섭취량보다 낮게 평가되었을 수 있다. 그러나 제 4, 5기 국민건강영양조사의 24시간 회상법 자료를 이용하여 본 연구에서 사용한 데이터베이스의 완성도를 평가한 결과, 대상자의 식품 섭취량의 99.6%를 포함하였으며, 식품의 가짓수 측면에서는 대상자가 섭취한 식품 중 96.8%에 대한 함량값이 존재하여 항산화 비타민 섭취량의 오차범위는 그리 크지 않았으리라 추정된다. 마지막으로, 대상자들이 건강검진 결과를 확인 한 후에 본 연구의 대상자를 모집하였으므로, 대사증후군 위험요인이 있는 것으로 진단받은 대상자의 경우에는 비록 투약은 하지 않더라도 식생활이 변화했을 가능성이 있다.

이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 체계적인 방법으로 구축된 한국인 상용식품의 항산화 비타민 함량 데이터베이스를 사용하여 한국인의 항산화 비타민과 그 구성

요소의 섭취량까지 추정하였다는 장점이 있다. 국민건강영양조사에서 발표하고 있는 항산화 비타민 (비타민 A ($\mu\text{g RE}$), 카로틴, 레티놀, 비타민 C) 외에도 비타민 A ($\mu\text{g RAE}$), 카로티노이드, 비타민 E 등의 항산화 영양소 섭취량을 추정하여 보고하였고, 특히 비타민 A의 경우 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 그 단위가 기존의 $\mu\text{g RE}$ 에서 $\mu\text{g RAE}$ 로 변경되었기에 이를 반영한 비타민 A의 섭취량을 추정하였다는 점에서 의의가 있다. 또한 본 연구는 3일간의 식사섭취자료를 이용하여 영양소 및 항산화 비타민 섭취량을 분석하였으므로 1일간의 24시간 회상법보다 평소 식사 (usual intake)가 더 잘 반영되었을 것으로 생각된다. 본 연구는 한국인 여성뿐 아니라 남성에게도 항산화 비타민의 섭취가 대사증후군 및 공복 혈당에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 발견한 최초의 연구이다. 더욱이 대사증후군 위험요인 중 인슐린 저항성 (insulin resistance)이 다른 대사증후군 위험요인을 직접적으로 유발한다는 점을 고려하면,⁴⁴ 본 연구의 남성 대상자에게서 발견된 항산화 비타민 섭취와 대사증후군과의 관련성이 더욱 의미가 있다고 사료된다.

본 연구를 통해 확인한 항산화 비타민 섭취와 대사증후군 간의 관련성은 대사증후군의 예방 및 관리를 위한 식사개입 방안을 마련하기 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다. 그러나 기존에 한국인을 대상으로 항산화 비타민 섭취와 대사증후군 사이의 관련성을 분석한 연구가 여성에서만 유의한 관련성이 관찰되었다는 점과, 항산화 비타민의 섭취가 대사증후군에 영향을 미치지 않는다는 연구결과^{45,46}도 수차례 보고되었음을 고려할 때, 항산화 비타민 섭취가 대사증후군에 미치는 영향을 더욱 정확히 구명하기 위한 대규모의 전향적 연구 또는 개입연구가 필요하다고 사료된다.

요 약

본 연구는 한국 성인의 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군의 관련성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 한국 성인 614명의 3일치 식사조사 자료를 한국인 상용식품의 항산화 비타민 함량 데이터베이스와 연계하여 항산화 비타민 (비타민 A ($\mu\text{g RE}$, $\mu\text{g RAE}$), 레티놀, 카로티노이드, 비타민 C, 비타민 E)의 섭취량을 추정하였다. 항산화 비타민 섭취밀도에 따라 대상자를 3분위로 나누어 대사증후군 및 그 위험요인의 오즈비를 계산한 결과, 남성에서 레티놀, 카로티노이드, 비타민 E의 섭취밀도가 높은 그룹의 대사증후군 유병률이 섭취밀도가 낮은 그룹보다 낮았으며, 여성 대상자에서도 레티놀의 섭취 밀도가 낮은 그룹보다 중간 및

높은 그룹의 대사증후군 유병률이 낮았다. 또한 남성 대상자에서 비타민 A, 카로티노이드, 비타민 E의 섭취밀도가 높은 그룹의 고혈당의 오즈비가 섭취밀도가 낮은 그룹보다 유의하게 낮았고, 여성 대상자에서는 비타민 A ($\mu\text{g RE}$)의 섭취밀도가 높은 그룹의 복부비만 오즈비가 섭취밀도가 낮은 그룹보다 유의하게 낮았다.

이상의 결과에서 한국 성인에게서 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군 사이에 유의한 관련성이 있음을 확인할 수 있었다. 추후 항산화 비타민 섭취량과 대사증후군의 관련성에 대한 대규모 전향적 연구 또는 개입연구가 실시되어 인과관계를 더욱 명확히 파악하게 된다면, 대사증후군 관리 및 예방을 위한 식생활 관련 정책 수립의 과학적 근거를 제공하는데 도움이 될 것이다.

References

1. Korean Statistical Information Service. Cause of death statistics [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2016 [cited 2017 Mar 2]. Available from: http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01.
2. Haffner SM, Valdez RA, Hazuda HP, Mitchell BD, Morales PA, Stern MP. Prospective analysis of the insulin-resistance syndrome (syndrome X). *Diabetes* 1992; 41(6): 715-722.
3. Schulman RC, Mechanick JI. Metabolic and nutrition support in the chronic critical illness syndrome. *Respir Care* 2012; 57(6): 958-977.
4. Yang M, Chung SJ, Floegel A, Song WO, Koo SI, Chun OK. Dietary antioxidant capacity is associated with improved serum antioxidant status and decreased serum C-reactive protein and plasma homocysteine concentrations. *Eur J Nutr* 2013; 52(8): 1901-1911.
5. Lim S, Shin H, Song JH, Kwak SH, Kang SM, Won Yoon J, Choi SH, Cho SI, Park KS, Lee HK, Jang HC, Koh KK. Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. *Diabetes Care* 2011; 34(6): 1323-1328.
6. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korean National Health and Nutrition Examination Survey '07~'10 [Internet]. Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2012 [cited 2017 Mar 2]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
7. Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, Nakayama O, Makishima M, Matsuda M, Shimomura I. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest* 2004; 114(12): 1752-1761.
8. Apel K, Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu Rev Plant Biol* 2004; 55(1): 373-399.
9. Rubin E, Reisner HM. *Essentials of Rubin's pathology*. 5th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
10. Block G. The data support a role for antioxidants in reducing cancer risk. *Nutr Rev* 1992; 50(7): 207-213.

11. Diaz MN, Frei B, Vita JA, Keaney JF Jr. Antioxidants and atherosclerotic heart disease. *N Engl J Med* 1997; 337(6): 408-416.
12. Hirashima O, Kawano H, Motoyama T, Hirai N, Ohgushi M, Kugiyama K, Ogawa H, Yasue H. Improvement of endothelial function and insulin sensitivity with vitamin C in patients with coronary spastic angina: possible role of reactive oxygen species. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35(7): 1860-1866.
13. Som S, Basu S, Mukherjee D, Deb S, Choudhury PR, Mukherjee S, Chatterjee SN, Chatterjee IB. Ascorbic acid metabolism in diabetes mellitus. *Metabolism* 1981; 30(6): 572-577.
14. Rao LG, Rao AV. Oxidative stress and antioxidants in the risk of osteoporosis: role of the antioxidants lycopene and polyphenols. In: Valdes-Flores M, editor. *Topics in Osteoporosis*. Rijeka: InTech; 2013. p.117-161.
15. Puchau B, Zulet MA, de Echávarri AG, Hermsdorff HH, Martínez JA. Dietary total antioxidant capacity is negatively associated with some metabolic syndrome features in healthy young adults. *Nutrition* 2010; 26(5): 534-541.
16. Li Y, Guo H, Wu M, Liu M. Serum and dietary antioxidant status is associated with lower prevalence of the metabolic syndrome in a study in Shanghai, China. *Asia Pac J Clin Nutr* 2013; 22(1): 60-68.
17. Sluijs I, Beulens JW, Grobbee DE, van der Schouw YT. Dietary carotenoid intake is associated with lower prevalence of metabolic syndrome in middle-aged and elderly men. *J Nutr* 2009; 139(5): 987-992.
18. 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.
19. Ashor AW, Siervo M, Lara J, Oggioni C, Afshar S, Mathers JC. Effect of vitamin C and vitamin E supplementation on endothelial function: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 2015; 113(8): 1182-1194.
20. Zhao S, Li R, Li Y, Chen W, Zhang Y, Chen G. Roles of vitamin A status and retinoids in glucose and fatty acid metabolism. *Biochem Cell Biol* 2012; 90(2): 142-152.
21. Ylönen K, Alfthan G, Groop L, Saloranta C, Aro A, Virtanen SM. Dietary intakes and plasma concentrations of carotenoids and tocopherols in relation to glucose metabolism in subjects at high risk of type 2 diabetes: the Botnia Dietary Study. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(6): 1434-1441.
22. Manning PJ, Sutherland WH, Walker RJ, Williams SM, De Jong SA, Ryalls AR, Berry EA. Effect of high-dose vitamin E on insulin resistance and associated parameters in overweight subjects. *Diabetes Care* 2004; 27(9): 2166-2171.
23. Kang NE, Kim WK. Effects of antioxidant vitamins supplementation on antioxidative status and plasma lipid profiles in Korean NIDDM patients. *Korean J Nutr* 1999; 32(7): 775-780.
24. Scott KJ, Thurnham DI, Hart DJ, Bingham SA, Day K. The correlation between the intake of lutein, lycopene and α -carotene from vegetables and fruits, and blood plasma concentrations in a group of women aged 50–65 years in the UK. *Br J Nutr* 1996; 75(3): 409-418.
25. 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): 317-26.
26. 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.
27. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2014: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-2) [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2015 [cited 2017 Mar 2]. Available from: <http://knhanes.cdc.go.kr>.
28. Institute of Medicine (US). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, D.C.: National Academies Press; 2001.
29. Ministry of Health and Welfare (KR); The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2016.
30. 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.
31. Bian S, Gao Y, Zhang M, Wang X, Liu W, Zhang D, Huang G. Dietary nutrient intake and metabolic syndrome risk in Chinese adults: a case-control study. *Nutr J* 2013; 12(1): 106.
32. Ford ES, Mokdad AH, Giles WH, Brown DW. The metabolic syndrome and antioxidant concentrations: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes* 2003; 52(9): 2346-2352.
33. Esmailzadeh A, Kimiagar M, Mehrabi Y, Azadbakht L, Hu FB, Willett WC. Fruit and vegetable intakes, C-reactive protein, and the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 2006; 84(6): 1489-1497.
34. Panagiotakos DB, Pitsavos C, Skoumas Y, Stefanadis C. The association between food patterns and the metabolic syndrome using principal components analysis: the ATTICA Study. *J Am Diet Assoc* 2007; 107(6): 979-987.
35. Hong S, Song Y, Lee KH, Lee HS, Lee M, Jee SH, Joung H. A fruit and dairy dietary pattern is associated with a reduced risk of metabolic syndrome. *Metabolism* 2012; 61(6): 883-890.
36. Dugan CE, Barona J, Fernandez ML. Increased dairy consumption differentially improves metabolic syndrome markers in male and female adults. *Metab Syndr Relat Disord* 2014; 12(1): 62-69.
37. Ballard KD, Mah E, Guo Y, Pei R, Volek JS, Bruno RS. Low-fat milk ingestion prevents postprandial hyperglycemia-mediated impairments in vascular endothelial function in obese individuals with metabolic syndrome. *J Nutr* 2013; 143(10): 1602-1610.
38. Lee YJ, Seo JA, Yoon T, Seo I, Lee JH, Im D, Lee JH, Bahn KN, Ham HS, Jeong SA, Kang TS, Ahn JH, Kim DH, Nam GE, Kim NH. Effects of low-fat milk consumption on metabolic and atherogenic biomarkers in Korean adults with the metabolic syndrome: a randomised controlled trial. *J Hum Nutr Diet* 2016; 29(4): 477-486.
39. Kim D, Kim J. Dairy consumption is associated with a lower incidence of the metabolic syndrome in middle-aged and older Korean adults: the Korean Genome and Epidemiology Study (KoGES). *Br J Nutr* 2017; 117(1): 148-160.
40. Kim MH, Lee HS, Park HJ, Kim WY. Risk factors associated with metabolic syndrome in Korean elderly. *Ann Nutr Metab* 2007; 51(6): 533-540.
41. Kim J, Choi YH. Physical activity, dietary vitamin C, and meta-

- bolic syndrome in the Korean adults: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008 to 2012. *Public Health* 2016; 135: 30-37.
42. Westenhoefer J. Age and gender dependent profile of food choice. *Forum Nutr* 2005; (57): 44-51.
43. Regitz-Zagrosek V. Sex and gender differences in health. *Science & Society Series on Sex and Science. EMBO Rep* 2012; 13(7): 596-603.
44. Ferrannini E, Haffner SM, Mitchell BD, Stern MP. Hyperinsulinaemia: the key feature of a cardiovascular and metabolic syndrome. *Diabetologia* 1991; 34(6): 416-422.
45. Godala MM, Materek-Kuśmierkiewicz I, Moczulski D, Rutkowski M, Szatko F, Gaszyńska E, Tokarski S, Kowalski J. Lower plasma levels of antioxidant vitamins in patients with metabolic syndrome: a case control study. *Adv Clin Exp Med* 2016; 25(4): 689-700.
46. Motamed S, Ebrahimi M, Safarian M, Ghayour-Mobarhan M, Mouhebati M, Azarpazhouh M, Esmailie H, Norouzi A, Ferns GA. Micronutrient intake and the presence of the metabolic syndrome. *N Am J Med Sci* 2013; 5(6): 377-385.