

Review
KDRI Special Series



2020 한국인 영양소 섭취기준: 비타민 C

박선민

호서대학교 식품영양학과

2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: vitamin C

Sunmin Park

Department of Food and Nutrition, Hoseo University, Asan 31499, Korea



Received: Aug 9, 2022
Revised: Sep 18, 2022
Accepted: Sep 20, 2022
Published online: Oct 18, 2022

Correspondence to

Sunmin Park

Department of Food and Nutrition, Hoseo University, 20 Hoseo-ro 79beon-gil, Asan 31499, Korea.

Tel: +82-41-540-5633

Email: smpark@hoseo.edu

© 2022 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

Sunmin Park

<https://orcid.org/0000-0002-6092-8340>

Conflict of Interest

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

ABSTRACT

Vitamin C is an important physiological antioxidant which neutralizes reactive oxygen species (ROS) and reduces the oxidative stress in the body. Although it has been associated with various diseases, few studies have reported the dose-response relationship between vitamin C intake, storage and functions in the body, including its antioxidant function. The criteria to establish the Dietary Reference Intakes for Koreans (KDRIs) for vitamin C were based on the changes in plasma concentrations and saturation of leukocytes according to intake levels and the effects on antioxidant capacity and risk of metabolic diseases. When establishing the 2020 vitamin C KDRI, while there was no change in the criteria from those of 2015, the reference values were recalculated and revised to reflect changes such as the new standard weight by age. As the number of people consuming dietary supplements has increased over the last decade, only about 10% of adults consume less than the average total vitamin C, but the proportion of adolescents and elderly who consume less than the average is high. On the other hand, as the intake of vitamin C supplements increases, the proportion of people consuming excessive vitamin C is also increasing. There is a body of opinion that it is necessary to establish a vitamin C KDRI for smokers or people with chronic diseases such as the metabolic syndrome, but these standards have not been established due to the lack of supporting scientific evidence. As a result, studies to establish vitamin C KDRI for Korean smokers and patients with the metabolic syndrome, as well as studies on the excessive intake of vitamin C due to supplementation and interactions with other nutrients, are needed.

Keywords: ascorbic acid; antioxidants; recommended dietary allowances

서론

비타민 C의 생리적 기능은 다양하지만 그 중에서도 항산화제로의 작용과, 콜라겐 생합성, 면역 기능 향상 등의 기능을 주목할 필요가 있다 [1]. 비타민 C는 화학적으로 포도당으로부터 합성이 가능하지만, 인체에서는 비타민 C 합성에 관여하는 효소인 글로노락톤 산화효소 (gulonolactone oxidase)가 변이되어서 체내에서 합성이 되지 않기 때문에 필수영양소로 분류되고 있다. 수용성 비타민인 비타민 C는 체내 저장량이 적다. 하지만 성인은 최대 1,500-2,000 mg을 저장

할 수 있는데, 저장량이 300–400 mg 이하이면 괴혈병 증세가 나타나고, 1,000 mg 이상이면 증세가 사라진다 [1]. 비타민 C는 하루에 30–180 mg을 섭취할 때 흡수율이 약 70–90%로 높아 지지만, 과량 섭취하면 오히려 흡수율이 감소한다. 하루에 1 g 이상 섭취하면 위장관에서의 흡수율은 50% 이하로 감소하고, 대사되지 않는 것은 소변으로 배설된다 [2]. 보충제로 1.25 g의 비타민 C를 섭취할 때의 혈장 비타민 C 농도는 135 μ M로, 식품으로 200–300 mg의 비타민 C를 섭취한 것보다 약 2배 가량 높게 나타났다 [3]. 비타민 C는 과다하게 섭취하면 배설되는 양이 많으므로, 보충제로 섭취하는 것보다 신선한 과일이나 채소로 섭취하는 것이 더 효율적인 비타민 C 섭취방법이 될 수 있다.

국민건강영양조사나 한국인 유전체역학조사사업에서 분석한 결과를 보면, 비타민 C의 섭취가 낮은 사람들은 열량 섭취 에너지 필요추정량 (estimated energy requirement) 보다 현저하게 적었고, 반찬을 적게 먹고, 밥을 주로 먹는 식사 타입에 속하는 특징을 가지고 있었다 [4-6]. 이들은 비타민 C의 섭취뿐 아니라 비타민 A와 비타민 D 그리고 Ca 등의 미네랄 섭취도 낮았다. 하지만 이러한 영양소는 복부비만, 고혈당, 혈중 중성지방 증가 등 대사질환 위험도에 크게 관여하므로 적절하게 섭취하는 것이 중요하다. 한국인 유전체 역학조사사업에서 Mendelian randomization 방법으로 비타민 C의 섭취와 대사질환들 사이의 인과성을 분석하였을 때, 식품으로부터 비타민 C 섭취가 적은 사람들은 대사성증후군 중 고혈당 발병의 위험도가 1.2-1.4배 정도 증가하였다 [7]. 그러므로 비타민 C를 권장섭취량 이상으로 섭취할 때 대사성증후군, 특히 고혈당의 위험도가 감소될 수 있으며, 비타민 C 섭취가 낮은 사람들은 대사성증후군에 걸릴 위험도가 높아지는 것을 알 수 있다 [8]. 또한, 비타민 C 섭취가 낮은 사람들이 전반적인 영양상태가 나쁜 것으로 나타나서, 비타민 C 섭취를 영양상태의 판정지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

2012년부터 식사로부터 섭취하는 비타민 C는 줄었더라도, 비타민제나 보충제 섭취가 높아지고 있다. 그렇기 때문에 비타민 C가 부족한 경우가 드물 것으로 예상되지만 [9], 국민건강영양조사 결과에 따르면 2015년에 약 39.7%의 사람들은 비타민 C를 평균필요량보다 적게 섭취하고 있다. 또한, 지난 10년 보충제 섭취가 증가하면서 비타민 C를 과다하게 섭취하는 사람들도 증가하고 있어서, 비타민 C 섭취의 적정 섭취에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 C의 설정 근거와 설정 값 그리고 향후 추가적으로 연구가 필요한 부분에 대한 논의를 하고자 한다.

한국인 비타민 C 섭취 실태

2013-2017년에 국민건강영양조사 자료 분석 결과에 따르면, 식사로 얻는 비타민 C 섭취량이 평균필요량보다 적은 성인은 19-29세 약 70%, 30-49세 약 60%, 50-64세 약 50% 내외였다. 그러나 2015-2017년에 식사로부터 비타민 C를 평균필요량보다 적게 섭취하는 성인은 약 57%이었고, 특히 청소년과 노인기에서 평균필요량보다 적게 섭취하는 비율은 성인보다 더 낮은 것으로 나타났다. 75세 이상의 노인의 경우, 65-74세 노인과 비교하였을 때 비타민 C 섭취량이 급격히 감소하였고, 평균 필요량보다 적게 섭취하는 사람이 75% 이상인 것으로 나타났다. 한편 건강기능식품을 섭취하는 사람들이 증가하면서 식사와 보충제에서 얻은 비타민 C의 평균섭취량은 19-29세에서 남성은 101.4 mg/일, 여성은 118.9 mg/일이고, 30-49세, 50-64세 성인의 경우는 젊은 성인보다도 섭취량이 높았다. 그러나 식사와 보충제로 섭취한 비타민 C의 함량이 평균필요

량보다 적은 사람의 비율은 성인에서 여전히 56%로, 과다 섭취하는 사람의 비율과 과소 섭취하는 사람의 비율이 모두 높은 것으로 나타났다. 따라서 식사로부터 비타민 C의 섭취량이 적은 사람들은 보충제의 섭취도 적은 것으로 나타났으며, 다른 종류의 비타민과 미네랄 등 다른 영양소의 섭취도 낮은 것으로 나타났다. 그러므로 비타민 C의 섭취가 낮은 사람들이 대사질환의 발생 위험도 높은 것은 비타민 C의 부족과 함께 다른 영양소의 부족도 관여하는 것으로 보인다.

영양소 섭취 기준의 설정 배경 및 근거

비타민 C의 섭취량, 체내 저장량, 항산화를 비롯한 체내 기능 사이의 관계를 용량-반응 관계로 설명한 자료들은 거의 없으며, 대부분의 연구는 비타민 C의 섭취량이나 혈장농도를 범주로 구분하여 상대적 위험도를 보고하였다 [7]. 체내의 산화적 스트레스와 관련성을 가지는 흡연과 노화 등의 요인이 비타민 C 설정근거에 영향을 미칠 것으로 예상되지만, 이러한 주장을 뒷받침하는 연구는 미미하다. 오늘날 주로 사용되고 있는 비타민 C의 설정근거는 비타민 C 섭취량에 따른 혈장 농도와 백혈구 포화도 간의 상관관계인데, 이것은 비타민 C의 위장관 내의 흡수율과 체내의 산화적 스트레스 정도에 따른 대사율, 그리고 신장을 통한 배설율의 합에 의해서 결정된다 (Fig. 1) [10]. 혈장과 백혈구에 함유된 비타민 C 농도는 체내 비타민 C 상태를 반영하는 지표로 사용되고 있다. 특히 비타민 C는 능동수송에 의해 백혈구로 이동되어 혈장에 비해서 수십 배 높은 농도로 저장된다. 혈장에 비해서 백혈구가 체내 비타민 C의 상태를 잘 반영함에도 불구하고 [11], 대부분의 비타민 C 관련 연구에서는 백혈구보다는 혈장으로 연구를 수행해서, 섭취기준을 혈장 농도와 비타민 C 섭취량 간의 상관관계로 설정하였다.

항산화 능력은 정상 혈장 비타민 C 농도인 22-85 μM에서 비례하였고, 특히 50 μmol/L 이상에서 효과적인 항산화 능력이 나타나고, 심혈관계질환과 암 예방의 효과가 있다고 보고되고 있다 (Fig. 1) [2,12]. 비타민 C의 섭취량이 50-100 mg/일에서는 혈장의 농도가 약 60 μmol/L까지 비례하여 증가하였고, 100 mg/일 이상으로 섭취하면 약 70-80 μmol/L에서 정체기에 도달하고 역치를 초과하여 소변으로의 배설이 시작된다 (Fig. 1) [13]. 백혈구에서도 혈장과 유사한 결과를 나타내었는데, 호중구는 혈장 비타민 C 함량이 28-284 μmol/L에서 비례적으로 초과산물의 생성을 억제하였다 [14]. 연구에 따르면, 20-26세의 혈장 농도가 5-10 μmol/L로 비타민 C가 고갈

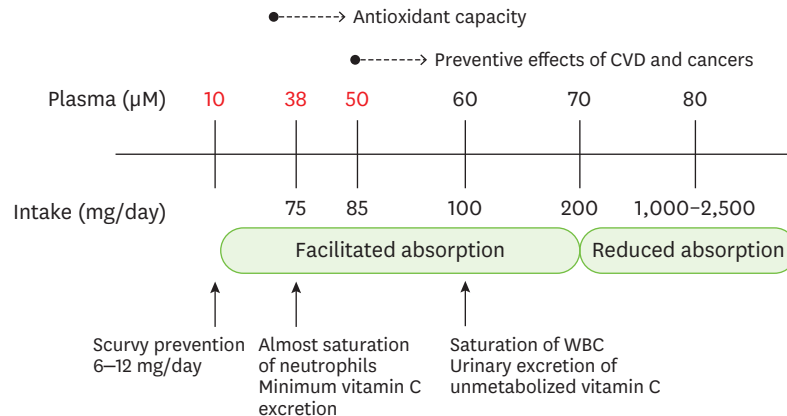


Fig. 1. The criteria for establishing vitamin C Dietary Reference Intakes for Koreans. CVD, cardiovascular diseases; WBC, white blood cells.

된 남성이 100 mg/일 비타민 C를 섭취하였을 때, 백혈구에 함유된 비타민 C 농도는 최대 수준을 나타내었고, 25% 정도를 소변으로 배설하였다 [13]. 비타민 C 섭취가 60 mg/일 이하로 감소하면 백혈구에 함유된 비타민 C의 함량은 최대 수준의 60% 정도 수준이 되고 항산화기능도 저하되었다. 항산화 기능과 관련이 있는 질환인 대사질환과 심혈관계질환, 그리고 암의 발병과 비타민 C 섭취와의 인과관계는 아직 확실하지는 않지만, 혈장 비타민 C 농도가 50 µmol/L일 때 대사질환, 심혈관계질환과 암 예방에 도움을 준다는 연구가 있다 [15-17]. 혈장 비타민 C 농도와 식품 섭취와의 관련성을 분석한 메타연구에서는 하루에 83.4 mg/일의 비타민 C를 섭취할 때 혈장 비타민 C가 50 µmol/L에 도달한다고 보고하였다 [15]. 그러나 우리나라에서는 국민건강영양조사나 한국인유전체연구사업에서도 혈장 비타민 C를 측정하지 않았고 임상연구에서도 측정된 자료가 미흡하므로, 향후 혈장 비타민 C 농도와 백혈구 비타민 C 농도에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 식품으로 섭취하는 비타민 C 함량이 100 mg/일보다 적게 섭취하는 사람은 더 많이 섭취하는 사람에 비해 대사질환의 발병이 증가하므로, 비타민 C의 설정 기준은 혈장 비타민 C 농도를 50-60 µmol/L로 유지할 수 있는 섭취 수준인 100 mg/일로 정하였다.

생애주기별 2020년 비타민 C 섭취기준

생애주기별 2020년 비타민 C 섭취기준은 Table 1에 제시되어 있다.

Table 1. 2015 and 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans for vitamin C

Age	2015 KDRI vitamin C (mg/day)				2020 KDRI vitamin C (mg/day)			
	EAR	RNI	AI	UL	EAR	RNI	AI	UL
Infants (mon)								
0-5			35				40	
6-11			45				55	
Children (yrs)								
1-2	30	35		350	30	40		340
3-5	30	40		500	35	45		510
Male (yrs)								
6-8	40	55		700	40	50		750
9-11	55	70		1,000	55	70		1,100
12-14	70	90		1,400	70	90		1,400
15-18	80	105		1,500	80	100		1,600
19-29	75	100		2,000	75	100		2,000
30-49	75	100		2,000	75	100		2,000
50-64	75	100		2,000	75	100		2,000
65-74	75	100		2,000	75	100		2,000
75+	75	100		2,000	75	100		2,000
Female (yrs)								
6-8	45	60		700	40	50		750
9-11	60	80		1,000	55	70		1,100
12-14	75	100		1,400	70	90		1,400
15-18	70	95		1,500	80	100		1,600
19-29	75	100		2,000	75	100		2,000
30-49	75	100		2,000	75	100		2,000
50-64	75	100		2,000	75	100		2,000
65-74	75	100		2,000	75	100		2,000
75+	75	100		2,000	75	100		2,000
Pregnancy lactation								
	+10	+10		2,000	+10	+10		2,000
	+35	+40		2,000	+35	+40		2,000

EAR, estimated average requirement; RNI, recommended nutrient intake; AI, adequate intake; UL, tolerable upper intake level.

영아기

0-11개월의 영아의 경우에는 영양섭취기준을 설정하는데 있어서 필요충분한 과학적 근거가 부족하여, 괴혈병 예방을 위한 비타민 C 섭취량 7-12 mg/일을 모유수유를 통한 섭취로 가정하여, 영아가 모유를 통해 얻는 비타민 C의 양을 기준으로 충분섭취량을 정하였다(영아전기 0-5개월: 40 mg/일, 영아후기 6-11개월: 55 mg/일).

성장기

유아와 아동, 청소년기의 평균필요량은 설정 근거가 부족하여 성인의 평균필요량에 대사체 중과 성장계수를 고려하여 계산하였다. 유아와 아동, 청소년기의 권장섭취량의 경우 변이계수를 성인과 동일하게 15%로 간주하여 평균필요량 + 변이계수 (0.15) × 2로 계산하여 산출하였다. 1-2세 유아의 평균필요량은 30 mg/일, 권장섭취량은 40 mg/일로 산출되었고, 3-5세의 평균필요량은 35 mg/일, 권장섭취량은 45 mg/일로 산출되었다. 영아의 충분섭취량은 모유의 비타민 C의 함량과 모유 섭취량을 기준으로 계산되어 유아의 것보다 더 많은 양을 나타내었다. 6-8세 아동의 평균필요량은 40 mg/일, 권장섭취량은 50 mg/일로 산출되었고, 9-11세 아동의 것은 같은 순서로 55 mg/일, 70 mg/일로 산출되었다. 12-14세 청소년의 평균필요량은 70 mg/일, 권장섭취량은 90 mg/일로 산출되었고, 15-18세 청소년의 것은 이전과 같은 순서로 80 mg/일과 100 mg/일로 산출되었다.

성인기

성인기의 비타민 C 평균필요량은 호중구의 비타민 C 수준이 제공하는 항산화 보호기능이 충분하다고 평가되는 수준으로 설정하였다. 남성이 비타민 C 100 mg/일을 섭취하면 호중구가 포화되어 항산화능이 커지지만, 섭취한 비타민의 약 25%는 배설되고, 비타민 C 60 mg/일로 섭취하면 소변으로 배설되지 않지만 항산화능이 저하되기에, 호중구 최대 비타민 C 농도의 80% 지점인 75 mg/일로 평균필요량이 설정되었다. 성인에서는 평균필요량의 2배의 변이계수를 더하여 산정하였다. Food and Agriculture Organization/World Health Organization/United Nations University의 기초대사율 자료에 근거하여, 미국과 캐나다, 일본에서는 10%의 변이계수를 사용하고 있지만 [18], 비타민 C 권장량 산정에 변이계수 값이 10%인 것이 낮다는 주장이 제기된 바, 이 중간값인 15%가 변이계수로 채택되었다. 결과적으로 평균필요량의 130% 수준에서 권장섭취량을 설정하였고, 평균필요량 75 mg/일에 편이계수 15%를 더하여 100 mg/일로 권장섭취량이 설정되었다.

임신부와 수유부

임신기의 경우 모체로부터 태아로 이동되는 비타민에 관한 근거 자료는 부족하지만, 7 mg/일의 섭취량은 태아의 괴혈병을 예방할 수 있다는 자료를 기반으로, 비임신 성인여성의 평균필요량에 10 mg/일을 가산하여 85 mg/일로 산정하였다. 수유부의 평균필요량은 비수유 성인 여성의 평균필요량에 모유를 통해 배출되는 비타민을 감안하여 35 mg/일을 추가하여 110 mg/일로 하였다.

임신부의 비타민 C 권장섭취량은 변이계수 15%를 감안한 약 110 mg/일이며, 이것은 비임신 성인여성의 권장섭취량에 10 mg/일을 더하여 산정하였다. 수유기의 권장섭취량은 변이계수 15%를 감안한 약 140 mg/일로서, 비수유 성인여성의 권장섭취량에 40 mg/일을 추가로 권장한 값으로 산정하였다.

노인기

노인에서의 비타민 C 필요량이 젊은 연령층에 비해 감소한다는 근거가 불충분하므로, 성인과 동일한 평균필요량인 75 mg/일을 선정하였고, 변이계수 15%를 사용하여 권장섭취량을 약 100 mg/일로 결정하였다. 노인에서 비타민 C 혈중농도가 낮게 보고된 것은 식사 섭취량이 적거나 만성질환이나 쇠약 등이 원인인 것으로 보인다 [19]. 최근 5년간 (2013-2017년) 국민건강영양조사 자료 분석결과에 따르면, 75세 이상 노인은 65-74세 노인에 비해 식사에서 얻는 비타민 C 섭취량이 급격하게 감소하였고, 평균섭취량이 평균필요량에도 미치지 못했으며, 75% 이상의 노인들이 평균필요량보다 적게 섭취하는 것으로 나타났다. 또한, 이 연령대에서는 보충제의 섭취도 낮아서 비타민 C 부족으로 인한 문제가 발생할 가능성이 있어 보인다.

상한 섭취량

비타민 C의 과잉섭취는 경미한 위장관장애 외에 다른 독성이 존재하지 않는다 [20,21]. 따라서 상한섭취량은 건강한 사람에서 위장관장애 증상이 나타나지 않을 정도의 양을 근거로 설정하였다. Johnston [22]에 의하면 과다한 비타민 C의 섭취에 따른 독성은 낮은 편으로, 일반적으로 3 g/일 이상 섭취하였을 때 독성이 (위장관장애가) 나타났다고 보고하였다. Cameron과 Campbell [23]은 건강한 사람에게 1 g/일씩 증가시키면서 3-4 g/일의 비타민을 먹었을 때 위장관장애가 나타남을 보고하였고, 이를 토대로 3 g/일을 비타민 C의 최저유해용량 (lowest observed adverse effect level)으로 제안하였다. 비타민 C 과잉섭취에 인한 삼투성 설사는 증세가 경미하고 비타민섭취를 줄이면 쉽게 역전되므로 불확실성계수로 1.5를 적용하여 연령별로 상한섭취량을 계산하였다 [20]. 하지만 비타민 C 강화식품이 많아지고, 보충제의 섭취도 증가하고 있어서 실제 섭취하고 있는 비타민 C의 양을 추정하는 계산식 개선과 향후 비타민 C 과잉섭취 및 건강상태에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

영양섭취기준 설정이 필요한 대상

비타민 C의 섭취와 흡연자

비타민 C는 체내 항산화제로 체내 산화적 스트레스를 완화시켜주는데 도움이 되는 성분으로, 흡연자, 노인, 만성질환자 등 산화적 스트레스를 증가할 가능성이 있는 사람들에게 비타민 C의 권장량을 별도로 정해야 하는 지에 대한 의견이 대두되고 있다. 하지만 관련 연구의 부족으로 영양섭취기준을 별도로 정하는 것에는 한계가 있다. 특히 흡연자는 혈청 비타민 C의 농도가 낮다고 보고되었지만 [24,25], 이것은 흡연자가 비흡연자보다 비타민 C의 섭취량이 낮은 식습관을 가진 것과 관련이 있고, 비타민 C의 요구량과는 관련성이 적은 것으로 보고되고 있다 [25]. 흡연자가 비타민 C를 1,000 mg/일 섭취하였을 경우, 산화적 스트레스 지표는 낮아졌고, glutathione peroxidase 효소 활성도는 증가하였으며 지질과산화물 지표인 malondialdehyde 농도는 감소하였다 [26]. 다만, 흡연자에게 식품으로서 비타민 C를 공급한 연구에서는, 군 간의 산화적 스트레스 지표 변화의 차이를 확인할 수 없었다고도 보고되어 [27], 흡연자에게 비타민 C의 권장섭취량을 증가시켜야 하는 근거가 충분하지 않아서, 이에 대한 고려를 하지 않았다.

만성질환 예방을 위한 섭취기준

만성질환의 발병기전은 명확하지 않으나, 과산화와 염증의 증가가 밀접한 연관성이 있다고 보고되고 있고 [28], 비타민 C의 높은 항산화능이 알려지면서 많은 사람들이 비타민 C 보충제를 과다하게 섭취하고 있는 실정이다. 만성질환과 비타민 C 섭취에 대한 연구는 많이 진행되고 있는데 [28], 비타민 C의 항산화기능에 관해 확인하고자 비타민 C를 매일 1,000 mg씩 12일간 섭취하였을 때, 혈중 비타민 C 농도는 증가하였으며, 소변 중 산화적 스트레스 지표인 F2-isoprostanes의 농도가 낮아졌다고 보고되었다 [29]. 또한 비타민 C 급원식품의 섭취는 대사질환, 고혈압, 고혈당 발병률과 관련이 있었으며 [15], 비타민 C와 같은 항산화 영양소의 섭취는 흡연으로 인한 만성폐쇄성폐질환 환자에게서 폐 기능을 개선에 도움을 줄 수 있다고 보고되었다 [30,31]. 그러나 이런 연구들은 대부분 cross-sectional 연구에서 나온 결과로, 비타민 C의 섭취량을 증가시키는 것이 만성질환을 예방하거나 완화시키는 원인과 결과를 보여주는 근거는 아니었다. 그러므로 만성질환을 예방하거나 완화하기 위한 비타민 C의 필요량은 건강인과 다르게 정할 근거가 없었고 한국인의 비타민 C 혈장농도에 대한 자료가 미흡하므로 이것의 적용에 대해서는 앞으로 검토할 필요가 있는 것으로 사료된다.

향후 DIETARY REFERENCE INTAKES FOR KOREANS 개정에 대한 제언

먼저, 비타민 C와 대사질환, 암이나 면역 등과의 연관성 연구는 많이 수행되었지만, 비타민 C의 영양상태지표인 혈청 비타민 C 농도와 질환과의 연관성 연구는 부족하므로, 질환 별로 비타민 C 섭취량에 따른 혈청 비타민 C 혹은 호중구 비타민 C 농도 유지 및 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

둘째로, 대사성질환, 암, 면역 등을 예방 및 치료에 관여하는 혈청 혹은 백혈구 비타민 C 농도에 대한 연구도 추가적으로 진행된다면, 만성질환을 예방하거나 질병의 진전을 지연시키고 증상을 개선시킬 수 있는 비타민 C 권장량을 제정하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

셋째로, 흡연과 같이 과산화상태를 증가시키는 경우에 대한 비타민 C 섭취와 혈청이나 백혈구에 비타민 C 함량 변화 및 그에 따른 항산화능의 개선에 대한 연구도 함께 진행하면, 흡연자에서 비타민 C의 요구량이 변화하는 지에 대한 결론을 내릴 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 연구는 흡연자나 대사성질환자 등에서 비타민 C 용량 별 조직의 포화도 및 배설량, 항산화 능력과 질환의 상태 변화 사이의 관계를 조사하여 연구하는 것이 필요하다. 하지만 이것은 대규모로 수행해야 하는 어려움이 있으므로, 먼저 국민건강영양조사에서 혈청 비타민 C를 측정 항목으로 선정하면 대상자 별로 비타민 C의 섭취와 혈청 비타민 C의 농도의 연계성을 조사할 수 있을 것이다. 이는 향후 비타민 C 영양섭취기준 제정에 중요 자료로 사용될 수 있을 것이다.

넷째로, 최근에는 비타민 C를 비롯한 다양한 보충제의 섭취가 증가하고 있는데, 물론 비타민 C를 단일 성분 또는 식품이나 다른 영양제와 함께 보충제로 섭취하는 등 섭취 형태에 따라 체내 비타민 C 상태나 항산화상태에 미치는 영향은 다르지만, 이러한 보충제들의 섭취 간의 상

호 작용에 따른 비타민 C의 영양상태에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서, 추후 한국인을 대상으로 한 연구와 비타민 C와 다른 영양소와의 상호 관계에 따른 건강 상태의 변화에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

요약

비타민 C는 체내에서 중요한 항산화제 역할을 한다. 그러나 비타민 C와 다양한 대사 질환과의 관련성은 보고되었지만, 비타민 C의 섭취량, 체내 저장량, 항산화를 비롯한 체내 기능 사이의 관계를 용량·반응 관계를 연구한 것은 거의 없다. 따라서 비타민 C의 섭취 기준은 비타민 C 섭취량이 혈장 농도와 백혈구들의 포화도의 변화에 미치는 정도와, 이것이 항산화 능력과 대사성질환의 위험도에 미치는 영향을 고려하여 설정하였다. 2020 한국인 비타민 C 섭취 기준을 설정할 때 그 기준은 2015년의 설정 기준에서 변한 것은 없지만 연령별 표준체중의 변경을 반영하여 다시 계산하여 개정하였다. 2017년 이후부터 건강기능식품을 섭취하는 사람들이 증가하면서 비타민 C를 평균섭취량보다 적게 섭취하는 성인은 약 10%였으나, 청소년과 노인기에서는 평균섭취량보다 적게 섭취하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 반면에 비타민 C 보충제의 섭취량이 증가하고 있어서 비타민 C의 섭취가 과잉인 사람들의 비율도 증가하고 있다. 흡연자나 대사질환 등 만성 질환을 가진 사람들에서 비타민 C의 필요량 증가에 대한 별도의 기준을 정하는 것이 필요하다는 의견도 있지만, 이것을 뒷받침할 만한 과학적 근거가 부족하여 기준을 설정하지는 않았다. 결과적으로 추후 한국인을 대상으로 한 흡연자, 대사질환 환자에서 비타민 C의 섭취 기준을 설정에 관련된 연구와, 보충제로 인한 비타민 C의 과잉 섭취와 다른 영양소와의 상호 작용 등에 대한 연구가 필요하겠다.

REFERENCES

1. Maxfield L, Crane JS. Vitamin C Deficiency. Treasure Island (FL): StatPearls; 2022.
2. Jacob RA, Sotoudeh G. Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutr Clin Care* 2002; 5(2): 66-74.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Padayatty SJ, Sun H, Wang Y, Riordan HD, Hewitt SM, Katz A, et al. Vitamin C pharmacokinetics: implications for oral and intravenous use. *Ann Intern Med* 2004; 140(7): 533-537.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
4. Park S, Kim K, Lee BK, Ahn J. A healthy diet rich in calcium and vitamin C is inversely associated with metabolic syndrome risk in Korean adults from the KNHANES 2013-2017. *Nutrients* 2021; 13(4): 1312.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Yang HJ, Kim MJ, Hur HJ, Lee BK, Kim MS, Park S. Association between Korean-style balanced diet and risk of abdominal obesity in Korean adults: an analysis using KNHANES-VI (2013-2016). *Front Nutr* 2022; 8: 772347.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Park S, Yang HJ, Kim MJ, Hur HJ, Kim SH, Kim MS. Interactions between polygenic risk scores, dietary pattern, and menarche age with the obesity risk in a large hospital-based cohort. *Nutrients* 2021; 13(11): 3772.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
7. Liu M, Park S. A causal relationship between vitamin C intake with hyperglycemia and metabolic syndrome risk: a two-sample mendelian randomization study. *Antioxidants* 2022; 11(5): 857.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
8. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

9. Kim SH. Trends in Food and Nutrient Intake of High School Students based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007~2015. *Korean J Food Nutr* 2020; 33(5): 447-458.
[CROSSREF](#)
10. Levine M, Wang Y, Padayatty SJ, Morrow J. A new recommended dietary allowance of vitamin C for healthy young women. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2001; 98(17): 9842-9846.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Jacob RA. Classic human vitamin C depletion experiments: homeostasis and requirement for vitamin C. *Nutrition* 1993; 9(1): 74, 85-86.
[PUBMED](#)
12. Morelli MB, Gambardella J, Castellanos V, Trimarco V, Santulli G. Vitamin C and cardiovascular disease: an update. *Antioxidants* 2020; 9(12): 1227-1238.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. Oreopoulos DG, Lindeman RD, Vanderjagt DJ, Tzamaloukas AH, Bhagavan HN, Garry PJ. Renal excretion of ascorbic acid: effect of age and sex. *J Am Coll Nutr* 1993; 12(5): 537-542.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. Popovic LM, Mitic NR, Miric D, Bisevac B, Miric M, Popovic B. Influence of vitamin C supplementation on oxidative stress and neutrophil inflammatory response in acute and regular exercise. *Oxid Med Cell Longev* 2015; 2015: 295497.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
15. Guo H, Ding J, Liu Q, Li Y, Liang J, Zhang Y. Vitamin C and metabolic syndrome: a meta-analysis of observational studies. *Front Nutr* 2021; 8: 728880.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
16. Villagran M, Ferreira J, Martorell M, Mardones L. The role of vitamin C in cancer prevention and therapy: a literature review. *Antioxidants* 2021; 10(12): 1894.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Moser MA, Chun OK. Vitamin C and heart health: a review based on findings from epidemiologic studies. *Int J Mol Sci* 2016; 17(8): 1328.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
18. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(5): 941-948.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Newton HM, Schorah CJ, Habibzadeh N, Morgan DB, Hullin RP. The cause and correction of low blood vitamin C concentrations in the elderly. *Am J Clin Nutr* 1985; 42(4): 656-659.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Institute of Medicine (US) Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds. *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington, D.C.: National Academies Press; 2000.
21. Expert Group on Vitamins and Minerals. *Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals*. London: Food Standards Agency; 2003.
22. Johnston CS. Biomarkers for establishing a tolerable upper intake level for vitamin C. *Nutr Rev* 1999; 57(3): 71-77.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Cameron E, Campbell A. The orthomolecular treatment of cancer. II. Clinical trial of high-dose ascorbic acid supplements in advanced human cancer. *Chem Biol Interact* 1974; 9(4): 285-315.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. Song SM, Park YS, Lee A, Cho YG, Kim DS, Lee HS, et al. Concentrations of blood vitamin A, C, E, coenzyme Q10 and urine cotinine related to cigarette smoking exposure. *Korean J Lab Med* 2009; 29(1): 10-16.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Chow CK, Thacker RR, Changchit C, Bridges RB, Rehm SR, Humble J, et al. Lower levels of vitamin C and carotenes in plasma of cigarette smokers. *J Am Coll Nutr* 1986; 5(3): 305-312.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
26. Trofin F, Ciobica A, Honceriu C, Cojocaru SI, Stoica B, Cojocaru D, et al. Modulatory effects of vitamin C on the relation between physical exercising and oxidative stress at young smokers. *Rom Biotechnol Lett* 2017; 22(2): 12439-12447.
27. Del Bo' C, Porrini M, Campolo J, Parolini M, Lanti C, Klimis-Zacas D, et al. A single blueberry (*Vaccinium corymbosum*) portion does not affect markers of antioxidant defence and oxidative stress in healthy volunteers following cigarette smoking. *Mutagenesis* 2016; 31(2): 215-224.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

28. Rani V, Deep G, Singh RK, Palle K, Yadav UC. Oxidative stress and metabolic disorders: pathogenesis and therapeutic strategies. *Life Sci* 2016; 148: 183-193.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
29. van 't Erve TJ, Kadiiska MB, London SJ, Mason RP. Classifying oxidative stress by F₂-isoprostane levels across human diseases: a meta-analysis. *Redox Biol* 2017; 12: 582-599.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
30. Park HJ, Byun MK, Kim HJ, Kim JY, Kim YI, Yoo KH, et al. Dietary vitamin C intake protects against COPD: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey in 2012. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2016; 11: 2721-2728.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Tsiligianni IG, van der Molen T. A systematic review of the role of vitamin insufficiencies and supplementation in COPD. *Respir Res* 2010; 11(1): 171.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)