

Review
KDRI Special Series



2020 한국인 영양소 섭취기준: 비타민 A

김유리 

이화여자대학교 식품영양학과

2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: vitamin A

Yuri Kim 

Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

 OPEN ACCESS

Received: Feb 15, 2022
Revised: Apr 8, 2022
Accepted: Apr 11, 2022
Published online: Apr 18, 2022

Correspondence to

Yuri Kim

Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, 52, Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul 03760, Korea.

Tel: +82-2-3277-4485

Email: yuri.kim@ewha.ac.kr

© 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

Yuri Kim 

<https://orcid.org/0000-0001-7606-8501>

Conflict of Interest

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

ABSTRACT

Vitamin A (Vit A) is a lipid-soluble vitamin required for diverse normal body functions, including good vision, reproduction, growth, development, and cellular differentiation. The therapeutic effects of Vit A have been demonstrated for the treatments of inflammation, low immunity, and cancer. The present review discusses the scientific evidence for establishing the 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans (KDRI) for Vit A, issues caused by unit change of Vit A, and suggestions for the 2025 KDRI revision. Due to the changes in the standard bodyweight observed in several age groups, the 2020 KDRI had minor revisions as compared to the 2015 KDRI. In the 2015 KDRI, the Vit A unit has changed from retinol equivalent (RE) to retinol activity equivalent (RAE) and the activity of carotenoids became half with RAE compared to RE due to this unit change. Since the Vit A intake of Koreans relies heavily on plant-based carotenoids, the dietary intake of Vit A in Koreans as determined by considering the RAE was much lower than values obtained with RE. The analysis for Vit A intake by the Korean National Health and Nutrition Survey only reflects intakes of retinol and beta-carotene. Thus, it would be necessary to include the consumption of other provitamin A, such as alpha-carotene and beta-cryptoxanthin. Moreover, assessing the amounts of Vit A in foods should be customized to Korean diets since there are seasonal variations in the carotenoid concentration of plants. Moreover, other factors such as age- and sex-specific intake data and considerations of baseline micronutrient status, body mass index, and dietary patterns should be considered for developing more precise KDRI. In particular, the Vit A requirement needs to be met by consuming diverse foods, including animal foods.

Keywords: vitamin A; retinol; carotenoids; intake

서론

비타민 A는 기본분자가 레티놀 (retinol)로써 생물학적 활성을 갖는 물질들을 총칭하며, 생체 활성을 갖는 세 가지 형태인 레티놀 (retinol), 레티날 (retinal), 레티노산 (retinoic acid)으로 존재한다 [1]. 비타민 A는 모든 척추동물들의 필수 미량영양소로써, 시력, 생식, 배아 발생, 세포와 조직 분화 및 면역 등의 다양한 체내 대사 정상 기능에 중요한 역할을 한다. 비타민 A는

기형성된 비타민 A (preformed vitamin A)와 비타민 A 전구체인 프로비타민 A (provitamin A) 카로티노이드로 나눌 수 있다. 동물성 식품으로 섭취된 비타민 A는 레티닐 에스터 (retinyl ester)이며, 가수분해되어 레티놀이 된다. 육류, 유제품, 간, 계란, 생선과 같은 동물성 식품에 주로 함유되어 있는 비타민 A는 대부분 지방과 유사하게 흡수되는데 장에서 가수분해되어 소장의 상피세포막을 통해 흡수된다. 비타민 A는 건강한 사람의 경우 50% 이상이 간에서 레티닐 에스터 형태로 저장된다 [2]. 자연계의 약 600종 이상의 카로티노이드 중 일부인 비타민 A로 전환이 가능한 전구체인 프로비타민 A는 베타-카로틴 (β -carotene), 알파-카로틴 (α -carotene), 베타-크립토잔틴 (β -cryptoxanthin)의 세 가지이며 당근, 시금치, 수박, 망고 등의 녹황색의 식물성 식품에 주로 함유되어 있다 [3].

비타민 A 결핍은 개발도상국 아동과 가임기 여성에서 빈번하게 나타나며, 빈혈, 면역 저하, 감염 증가, 성장 지연 등의 부작용을 발생시키고, 심한 경우 사망에까지 이를 수 있다 [4]. 레티노이드 (retinoid)는 신경 세포의 분화를 조절하며, 기억, 수면, 우울증, 파킨슨병, 알츠하이머 병과도 관련이 있다 [5]. 카로티노이드는 세포의 분화와 성장에 영향을 미칠 뿐 아니라 항산화, 세포주기 억제, 세포 사멸 유도, 전이 억제, 혈관 형성 억제 등의 기전을 통해 항암효과도 가지고 있다 [6]. 또한, 비타민 A를 과량 섭취하면 독성이 나타날 수 있으며 급성독성으로는 오심, 현기증, 무기력, 만성독성으로는 두통, 탈모, 피부건조, 간 독성 등의 증상이 발생할 수 있다 [7].

2001년 미국의 의학협회 (Institute of Medicine, IOM; 지금의 'Health and Medicine Division')는 비타민 A 전구체인 카로티노이드의 흡수율이 그 이전에 제시되었던 값보다 훨씬 적다는 연구 결과들이 발표되기 시작하면서 더 높은 비타민 A 변환 요소 값이 필요하며, 이에 따라 비타민 A의 단위를 RE (retinol equivalent: 레티놀당량)에서 RAE (retinol activity equivalent: 레티놀활성당량)로 변경하는 것으로 보고하였다 [8]. 우리나라도 2015 한국인 영양소 섭취기준부터 비타민 A의 기본 단위를 RE에서 RAE로 변경하였다. 국제적인 추세로 비타민 A의 기본단위가 RAE로 변경되면서, 여러 국가의 비타민 A의 섭취량과 필요량의 단위가 통일되지 못하면서 정확한 비타민 A의 섭취량 산출이 어려워졌다. 예를 들면, IOM은 RAE를 사용하고, 유럽 식품안전관리국 (EFSA, European Food Safety Authority)은 RE를 사용하는 등의 국제적인 소통에도 문제가 발생하고 있어, 이에 대한 대책 마련이 필요하다는 의견이 제시되고 있다 [9]. 우리나라에서도 비타민 A의 단위 변경에 따라 우리나라 국민의 비타민 A의 섭취량이 현저히 낮게 평가되고 있다는 문제점이 제기되고 있다.

우리나라 국민영양통계 결과, 7기 (2016–2018년) 우리나라 전체 국민의 비타민 A 평균 섭취량은 377.97 μ g RAE이었다. 우리나라 전체 국민의 비타민 A 평균 섭취량이 각각 731.53 μ g RE, 825.43 μ g RE이었던 6기 (2013–2015년)와 5기 (2010–2012년)에 비해 7기에서 현저하게 감소하였는데, 이는 비타민 A의 단위가 RE에서 RAE로 변경되면서 생긴 결과라고 여겨지고 있다.

동물성 식품으로부터 섭취되는 레티놀의 활성이 식물성 식품으로부터 섭취되는 카로티노이드보다 활성이 높으나 우리나라 국민들의 음식을 통한 비타민 A 섭취는 주로 당근, 시금치, 상추, 배추김치, 깻잎 등의 제한적인 종류의 식물성 식품으로부터의 카로티노이드에 의존하고 있기 때문에 동물성 급원식품의 섭취량이 적은 사람들은 비타민 A 섭취량이 권장량보다 낮을 수 있다. 하지만 이와 관련한 두드러진 임상적인 문제는 나타나고 있지 않기 때문에 우

리나라 실정에 맞는 한국인을 대상으로 한 카로티노이드의 생체전환율에 대한 연구, 정확한 비타민 A 한국인 영양섭취 기준 값의 설정과 비타민 A 섭취량 조사법 개발, 다양한 카로티노이드의 형태별 비타민 A 함량에 대한 데이터베이스 구축 등이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 A 섭취기준의 근거 및 방향을 제시하고, 2015년 비타민 A의 단위변경으로 인한 섭취현황의 문제점들과 향후 2025 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위해 추가로 연구가 필요한 부분들에 대해 논의하고자 한다.

비타민 A의 역할과 지표 설정근거

비타민 A는 생리적 기능과 생존에 필수적인 지용성 비타민으로 성장, 세포증식, 분화, 시각, 면역, 중추신경계와 시스템 조절작용 등에 중요한 역할을 담당한다. 결핍될 경우 야맹증, 안구건조증, 피부각질화가 나타날 수 있으며, 심각할 경우 실명에 이르게 하는 각막 궤양을 유발할 수 있다 [10]. 또한, 최근에는 비타민 A의 뼈 건강 보호 [11], 항암 [12], 항산화 효능 [13]에 대한 연구들이 보고되고 있다. 더불어, 비타민 A는 결핍될 경우 선천성 면역 기능이 저하되며, 적응면역에서도 중요한 역할을 한다 [14]. 따라서, 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 A의 섭취 기준 제정 시 주요하게 고려되었던 지표들은 비타민 A의 암, 뼈 건강, 면역 기능, 성장, 생식능력, 심혈관계 건강, 항산화와 눈 건강 등에 대한 효과와 비타민 A의 섭취와 혈장 및 간의 레티놀, 레티노산, 레티닐 에스터, 카로티노이드 등의 농도와와의 관련성 등이었다 [15].

비타민 A의 필요량 설정을 위한 지표로는 여러가지가 사용될 수 있다. 그 예로써 암 적응 능력, 혈장/혈청 레티놀 농도, 용량 반응 조사, 동위 원소 용액을 활용한 전체 간 저장량 등이 있다. 암 적응 능력은 비타민 A의 결핍상태 변화를 인지할 수 있는 가장 민감한 지표이며, 식이 섭취와 밀접한 관련이 있지만 [16], 아연 결핍도 암 적응 능력에 영향을 미칠 수 있으므로 비타민 A가 주된 지표로 사용되지 않았다 [17]. 혈청 레티놀 농도는 집단의 비타민 A 상태를 측정할 때 보편적으로 사용되는 방법이지만 [18], 다른 영양소의 결핍, 감염 등에 영향을 받고 체내 항상성 기전으로 인해 조절되기 때문에 [19], 비타민 A의 평균필요량 추정 시 주요 지표로써 사용되지 않았다 [15]. 용량 반응 조사는 경구 투여된 비타민 A의 간 흡수 정도와 혈액으로의 레티놀 결합 단백질의 방출량 특성을 통해 비타민 A 상태를 추정한다 [20]. 이 조사법은 정확성과 객관성이 높은 반면, 긴 조사 시간과 두 번의 혈액 채취 등의 한계점이 있다. 이러한 지표들의 다양한 한계점에 의해 검토되었던 다양한 지표들의 사용은 제한적이었고, 따라서 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 기존의 방법과 동일하게 방사선 동위원소 희석법을 활용하여 측정한 간 비타민 A 저장량을 주된 지표로 사용하였다. 영아기는 모유 수유를 하는 영아의 비타민 A 평균섭취량을 기반으로 하여 충분섭취량을 설정하였으나, 다른 연령대의 경우는 기본적으로 다음의 6가지 항목 (A-F)을 곱한 비타민 A 섭취량 추정 계산식을 이용하여 추정하였다. 6가지 항목이란 (A) 비타민 A가 제거된 식사를 섭취할 때 하루에 손실되는 신체 비타민 A 저장량의 백분율 (%), (B) 용인될 수 있는 최소의 간 비타민 A 저장량 ($\mu\text{g/g}$), (C) 체중에 대한 간 무게 비율, (D) 특정 연령층과 성별에 해당하는 기준체중 (kg), (E) 신체 전체:간 비타민 A 저장량의 비율, (F) 섭취한 비타민 A의 저장 효율 (%)이다 [15] (Table 1).

Table 1. The calculation for estimating the vitamin A requirement

$A \times B \times C \times D \times E \times F$
A = Percent of body vitamin A stores lost per day when ingesting a vitamin A-free diet
B = Minimum acceptable liver vitamin A reserve
C = The liver weight: body weight ratio
D = Reference weight for a specific age group and gender
E = Ratio of total body: liver vitamin A reserve
F = Efficiency of storage of ingested vitamin A

미국/캐나다는 2001년 Dietary Reference Intakes (DRIs) 보고서에서 비타민 A의 단위를 RE에서 RAE로 변경하였다. 이는 기름 형태로 정제된 베타-카로틴의 비타민 A 활성을 레티놀의 1/2, 식사로부터 섭취하는 베타-카로틴의 비타민 A 활성을 정제된 베타-카로틴 활성의 1/6로 적용함에 따라 베타-카로틴이 1/12의 레티놀활성당량을 가지게 되었으며, 나머지 프로비타민 A인 알파-카로틴과 베타-크립토잔틴은 1/24의 레티놀활성당량을 가지게 되어 RAE로 변경됨에 따라 단위가 RE이었을 때와 비교하여 카로티노이드의 생체전환률이 1/2이 되었다 [8] (Table 2).

2020 한국인 영양소 섭취기준

비타민 A의 경우 설정지표를 변경할 만한 과학적 근거가 불충분하여 성인의 비타민 A 평균 필요량은 위에 제시한 기존의 6가지 항목을 곱하여 추정된 식을 사용하여 설정하였으며, 유아, 아동 및 청소년의 비타민 A 평균필요량의 경우 성인의 평균필요량에 F 값 [$F = (\text{체중성장기/체중성인})^{0.75} \times (1 + \text{성장계수})$]를 곱하여 계산하였다 [15]. 2015년의 섭취기준과 2020년의 섭취기준을 비교해 보면 Table 3과 같다.

1-2세 유아의 경우 2015 한국인 영양소 섭취기준 대비 표준체중이 6.4% 감소하였기 때문에 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 2015에 비해 평균필요량이 10 μg RAE/일 감소되었고, 3-5세 유아의 평균필요량은 40 μg RAE/일 감소되었다. 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 6-8세 남자 아동의 표준체중이 3.4% 감소하여, 2020 한국인 영양소 섭취기준 6-8세 남자 아동의 평균필요량이 310 μg RAE/일로 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 10 μg RAE/일만큼 감소하였다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 9-11세 남자 아동의 표준체중은 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 2.1% 감소하여, 평균필요량이 2015 한국인 영양소 섭취기준보다 10 μg RAE/일만큼 감소한 410 μg RAE/일이었다. 2020 한국인 영양소 섭취기준에서의 9-11세 여자 아동의 표준체중은 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 2.5% 증가하여, 평균필요량은 2015 한국인 영양소 섭취기준보다 10 μg RAE/일만큼 증가한 390 μg RAE/일이었다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 12-14세 남자 아동의 표준체중은 2015 한국인 영양소 섭취기준시 기준체중에 비해 0.4% 감소하여, 평균필요량은 530 μg RAE/일로 2015 한국인 영양소 섭취기준보다 10 μg

Table 2. Conversion of dietary retinol (μg) according to μg RE and μg RAE

Variable (μg)	1 μg RE	1 μg RAE
All-trans-retinol	1	1
Supplemented all-trans β -carotene	1	2
Dietary all-trans β -carotene	6	12
Other dietary provitamin A carotenoids (α -carotene, β -cryptoxanthin)	12	24

RE, retinol equivalent; RAE, retinol activity equivalent.

Table 3. 2015 and 2020 KDRI: vitamin A

Age	2015 KDRI vitamin A (μg RAE/day)				2020 KDRI vitamin A (μg RAE/day)			
	EAR	RNI	AI	UL	EAR	RNI	AI	UL
Infants (mon)								
0-5			350	600			350	600
6-12			450	600			450	600
Children (yrs)								
1-2	200	300		600	190	250		600
3-5	230	350		700	230	300		700
Male (yrs)								
6-8	320	450		1,000	310	450		1,100
9-11	420	600		1,500	410	600		1,600
12-14	540	750		2,100	530	750		2,300
15-18	620	850		2,300	620	850		2,800
19-29	570	800		3,000	570	800		3,000
30-49	550	750		3,000	560	800		3,000
50-64	530	750		3,000	530	750		3,000
65-74	500	700		3,000	510	700		3,000
75+	500	700		3,000	500	700		3,000
Female (yrs)								
6-8	290	400		1,000	290	400		1,100
9-11	380	550		1,500	390	550		1,600
12-14	470	650		2,100	480	650		2,300
15-18	440	600		2,300	450	650		2,800
19-29	460	650		3,000	460	650		3,000
30-49	450	650		3,000	450	650		3,000
50-64	430	600		3,000	430	600		3,000
65-74	410	550		3,000	410	600		3,000
75+	410	550		3,000	410	600		3,000
Pregnant	+50	+70		3,000	+50	+70		3,000
Lactation	+350	+490		3,000	+350	+490		3,000

KDRI, Dietary Reference Intakes for Koreans; EAR, estimated average requirement; RNI, recommended nutrient intake; AI, adequate intake; UL, tolerable upper intake level; RE, retinol equivalent; RAE, retinol activity equivalent.

RAE/일만큼 감소하였다. 9-11세, 12-14세, 15-18세 여자 청소년의 경우, 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 체중이 증가하여 평균필요량이 각기 10 μg RAE/일만큼 증가하였다. 19-29세 성인 남성과 여성의 기준체중은 2015 한국인 영양소 섭취기준 시의 기준체중보다 각각 0.3% 증가 및 0.4% 감소하였으나, 성인의 경우 성장기와는 설정 기준이 다르므로 10단위로 외삽하는 평균필요량에서는 2015 한국인 영양소 섭취기준과 차이가 없었다. 30-49세 성인 남자는 2015 한국인 영양소 섭취기준 대비 기준체중이 증가하였기 때문에 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 2020 한국인 영양소 섭취기준 평균섭취량은 10 μg RAE/일, 권장섭취량은 50 μg RAE/일만큼 증가했다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 65-74세의 여성은 2015 한국인 영양소 섭취기준에 비해 체중이 0.6%만큼 약간 증가하여 10단위로 외삽하는 평균필요량에서는 차이가 없었으나, 50단위로 외삽하는 권장섭취량은 2015년 한국인 영양소 섭취기준에 비해 증가했다. 75세 이상 노인기 여성의 경우, 체중이 감소하기 때문에 비타민 A의 권장섭취량 또한 감소하여야 하지만 노화로 인한 영양소 흡수율 감소 등의 문제점들을 고려하여 65-74세 노인기 여성의 권장섭취량과 동일하게 설정하였다 [15].

RAE로의 단위변경 후의 비타민 A 섭취변화

미국이나 유럽의 국가의 경우 동물성 식품을 통한 레티놀이 전체 비타민 A 섭취량의 대략 65%를 차지하고, 식물성 카로티노이드의 섭취는 35% 정도밖에 차지하지 않는다 [21]. 반면, 비타민 A를 식물성 식품으로부터 섭취하여 비타민 A의 섭취를 카로티노이드 형태로 87% 섭취하는 우리나라의 경우 [22], 비타민 A의 단위가 RE에서 RAE로 변경되면 비타민 A의 섭취 상태가 RE 단위를 사용하던 때에 비해 불량하게 평가될 수 있다는 문제점이 제기되었다. 실제 2007-2012년 국민건강영양조사의 결과로 우리나라 19세 이상 성인의 비타민 A 평균섭취량은 2008-2012년 한국인 영양섭취 기준의 비타민 A 단위인 RE 기준으로 797.5 μg RE이었던 반면, 2013-2017년 402.0 μg RAE로 감소하였다. 이는 2008-2012년 우리나라 성인의 37.2%가 평균필요량 미만으로 섭취하고 있었던 것에 비해 2013-2017년 RAE 기준으로는 74.8%가 평균필요량 미만으로 섭취하여 약 2배의 증가를 보였다 [15]. 이 결과는 2007-2012년 국민건강영양조사를 기반으로 분석한 Kim 등의 연구 [23]에서 보고한 결과인 RE를 기준으로 한 경우, 우리나라 성인의 42.9%가 평균필요량 미만으로 섭취하였고, RAE를 기준으로 평가하면 70.6%가 평균필요량 미만으로 섭취하였다는 결과와 거의 유사하다.

우리나라처럼 카로티노이드가 풍부한 식물성 식품으로 비타민 A를 주로 섭취하는 일본에서도, 여성 26명을 대상으로 비타민 A 섭취상태를 RE와 RAE로 분석하여 비교한 결과, RE의 단위 사용인 경우 704 μg , RAE의 경우 537 μg 으로 낮아져 24%의 섭취율 저하를 보였다 [24]. 일본의 경우 식물성 식품으로부터의 프로비타민 A인 카로티노이드로 섭취하는 비율이 76%인 것에 비해 레티놀 형태의 섭취가 35%였다. 또한, 2018년 보고된 중국인을 대상으로 한 China Nutritional Transition Cohort Study (CNTCS)의 cross-sectional 연구결과에서 전체 비타민 A의 섭취량 중 레티놀은 43.6% 만큼 차지하였고, RAE로의 단위 변경에 따른 비타민 A 섭취상태의 저하가 나타났다. 이 연구 결과 비타민 A를 estimated average requirement (EAR)보다 적게 섭취한 성인 남성의 비율은 88.3%, 성인 여성의 비율은 87%로 높은 비율의 섭취부족이 보고되었다 [25]. 따라서, 우리나라 뿐만 아니라 식물성 식품 섭취가 많은 아시아 국가와 개발도상국 등에서 추후 비타민 A의 단위 제정과 관련된 연구와 논의가 필요하다.

비타민 A의 과잉섭취는 다양한 독성이 나타날 수 있으므로 상한섭취량 이내로 섭취해야 한다. 비타민 A 상한섭취량의 경우 2015와 2020 한국인 영양소 섭취기준의 차이는 없었다. 2009년 20-59세의 성인을 대상으로 조사된 자료에 의하면 5.2%의 대상자가 상한섭취량 초과로 나타났으나 [26], 2015-2017 국민건강영양조사 자료분석에 의하면 상한섭취량의 경우 19-64세 성인의 경우는 0.3-1.5%가 상한섭취량 초과 섭취자로 나타나 [15], 비록 대상자는 다르지만 평균섭취량과는 달리 RAE로 단위변경 후에 상한섭취량 초과 섭취비율은 낮아진 것으로 볼 수 있다.

향후 KDRI 개정에 관한 제언

앞에서 언급했던 것과 같이 2015 한국인 영양소 섭취기준 개정 이후로 비타민 A의 단위가 RE에서 RAE로 변경됨에 따라 평균섭취량 미만으로 섭취하는 비율이 상당히 높아졌다. 카로티노이드의 비타민 A 활성도가 RAE 단위에서 RE 단위를 사용할 때보다 절반 정도 감소하기 때

문에 식물성 카로티노이드의 섭취가 높은 우리나라의 경우 RAE 단위를 사용할 경우 비타민 A의 섭취량이 매우 감소할 수밖에 없다.

현재 우리나라 국민건강영양조사에서 비타민 A 섭취량을 산출할 때 레티놀과 베타-카로틴만을 반영하고 있으며, 비타민 A로 전환되는 다른 종류의 카로티노이드인 알파-카로틴과 베타-크립토잔틴 등의 섭취량은 고려되지 않은 제한점이 있다. 더불어, 비타민 A 섭취량 계산에 사용되는 식품영양가표가 부정확할 수 있다는 지적도 있다 [27]. 따라서, 현재 사용하고 있는 비타민 A의 단위 설정과 비타민 A 섭취량 산출 방법에 따른 문제점들을 파악하여 새로운 설정 방법의 개선이 필요하다. 식품의 비타민 A 섭취량을 분석할 때, 레티놀과 베타-카로틴 값을 활용하는 기존 방법이 아닌 레티놀 및 다른 프로비타민 A 카로티노이드들의 함량 또한 포함된 데이터베이스를 구축하여 우리나라 국민의 비타민 A 섭취량을 정확하게 정량할 필요가 있다. 더불어, 우리나라 사람들의 주요 비타민 A 급원인 식물성 식품은 계절성을 가지므로 식품 섭취 조사 시점의 계절에 따른 영향을 고려하여 식품 섭취량 조사가 이루어져야 한다 [28].

혈중 비타민 A의 경우 정상치가 기관이나 연령, 국가마다 다르고, 특히 한국에서는 표준수치가 정해져 있지 않다 [29]. 미국 내과학위원회 (American Board of Internal Medicine)는 혈중 비타민 A는 32.5-78 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (1.1-2.7 μM)로 보고하고 있으며 [30], MSD MANUAL Profession Version에서는 비타민 A의 혈중 농도를 28-86 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (1-3 μM)로 보고하고 있다 [31]. 한국의 경우 2016-2018년 국민건강영양조사 자료에 의하면 20세 이상을 대상으로 한 혈장 레티놀 (비타민 A)는 49 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (1.74 μM) [32]로 미국 내과학위원회나 MSD Manual Professional Version의 기준으로 보면 표준수치 구간에 포함된다. 미국의 경우 2005-2006 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 결과에 의하면 20세 이상 성인의 혈중 비타민 A는 2.12 μM 으로 보고되고 있어 [33], 한국보다 약간 높은 수치이다. 한국은 2019년 이후에는 국민건강영양조사에서 혈중 비타민 A를 분석하지 않아 추후 최근 혈중 비타민 A의 분석이 요구된다.

또한, 국가마다 식품분석표나 데이터에 식품의 비타민 A 함량이 다르게 나타나고 있다. 대표적인 예시로 국내 비타민 A의 주요 급원 식품 중 하나인 달걀의 비타민 A 함량은 생 달걀의 경우 136 mg RAE/100 g, 삶은 달걀의 경우 56.4 mg RAE/100 g이지만 [34], 미국의 분석에 의하면 생 달걀이 180 mg RAE/100 g, 삶은 달걀이 136 mg RAE/100 g으로 함량의 차이를 보인다 [35]. RAE로 단위를 변경한 후에 평균섭취량 미만의 비율이 현저히 낮아졌지만 이와 관련된 임상적인 문제가 나타나고 있지 않으므로 우리나라 국민에게 보다 적합한 비타민 A 섭취 조사법과 식품의 비타민 A 환산 방법 개선에 대한 연구가 필요하다 [15]. 급원식품이 제한된 영양소의 경우 개인 내, 개인 간 변이 또한 클 가능성이 있으므로 식품섭취조사 시에 계절적 요인을 고려한 조사법 또는 조사일수를 늘리는 등의 다양한 조사방법이 필요하며 [22], 비타민 A 섭취량과 대사지표, 임상적 부족 증상의 연관성에 대한 연구 또한 요구된다 [23,36].

향후 더 정확한 영양소 섭취기준 설정을 위해서는 연령과 성별에 따른 데이터가 필요하며, 기저 미량영양소 상태, 인종, 비만도, 습관적인 식이 패턴 등과 같은 요소들에 대한 고려도 필요할 것이다. 더불어, 비타민 A 섭취량을 점차 늘린 후 결과를 관찰하는 방법으로 얻는 농도 의존적인 데이터가 확보가 되어야 하며 [37], 궁극적으로 한국에서 소비되는 식품의 비타민 A 실제 함량 값에 가까운 데이터베이스 구축이 절실하다.

요약

비타민 A는 필수 미량영양소로써, 시력, 생식, 성장과 발생, 세포 분화 등의 다양한 체내 정상 기능 유지에 필요하다. 선행연구들을 통해서 비타민 A는 감염, 면역저하, 암 등에서 치료적 효과를 가진다고 보고되었다. 본 논문은 2020 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 A의 제정과 개정 근거 기준에 대해 설명하고, 단위변경에 따른 문제점과 향후 2025 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위한 제안에 대해 논의하였다. 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 2015 한국인 영양소 섭취기준 대비 표준체중의 변경에 따라 비타민 A의 한국인 영양소 섭취기준에 성별, 연령별 약간의 개정이 있었다. 2015 한국인 영양소 섭취기준에서부터 비타민 A의 단위가 RE에서 RAE로 변경되면서 카로티노이드의 비타민 A 활성도는 절반으로 감소되었다. 한국인의 비타민 A 주요 공급원은 식물성 식품이므로 한국인의 비타민 A 섭취량은 불량하게 평가되고 있는 문제점이 나타나고 있다. 국민건강영양조사의 비타민 A 섭취분석에는 레티놀과 베타-카로틴만이 포함되어 있다. 따라서, 추후에는 다른 형태의 비타민 A 전구체인 알파-카로틴, 베타-크립토잔틴과 등의 카로티노이드들의 함량도 포함되어야 할 것이다. 또한, 계절 차이가 뚜렷한 우리나라의 특성에 맞는 비타민 A의 함량 분석방법이 필요하다. 보다 더 정확한 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위해서는 연령과 성별에 따른 데이터와 기초 미량영양소 상태, 비만도, 식이 패턴 등과 같은 다양한 요소들에 대한 고려가 필요하다고 사료된다. 무엇보다도 비타민 A의 공급이 제한적인 식물성 식품에서도 비타민 A 섭취가 가능한 다양한 급원식품을 찾고, 동물성 식품으로부터의 비타민 A의 섭취를 증가시킬 수 있는 방법의 모색도 요구된다.

REFERENCES

1. Edem DO. Vitamin A: a review. *Asian J Clin Nutr* 2009; 1(1): 65-82.
[CROSSREF](#)
2. Sauberlich HE, Hodges RE, Wallace DL, Kolder H, Canham JE, Hood J, et al. Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labeled retinol. *Vitam Horm* 1974; 32: 251-275.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Rucker RB, Zemleni J, Suttie JW, McCormick DB. Vitamin A: nutritional aspects of retinoids and carotenoids. In: *Handbook of Vitamins*. Boca Raton (FL): CRC Press; 2007. p. 2-3.
4. West KP Jr. Vitamin A deficiency disorders in children and women. *Food Nutr Bull* 2003; 24(4 Suppl): S78-S90.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Tafti M, Ghyselinck NB. Functional implication of the vitamin A signaling pathway in the brain. *Arch Neurol* 2007; 64(12): 1706-1711.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Niranjana R, Gayathri R, Nimish Mol S, Sugawara T, Hirata T, Miyashita K, et al. Carotenoids modulate the hallmarks of cancer cells. *J Funct Foods* 2015; 18: 968-985.
[CROSSREF](#)
7. Khasru MR, Yasmin R, Salek AK, Khan KH, Nath SD, Selim S. Acute hypervitaminosis A in a young lady. *Mymensingh Med J* 2010; 19(2): 294-298.
[PUBMED](#)
8. Institute of Medicine (US). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington, D.C.: National Academy Press; 2001.
9. Melse-Boonstra A, Vossenaar M, van Loo-Bouwman CA, Kraemer K, de Pee S, West KP Jr, et al. Dietary vitamin A intake recommendations revisited: global confusion requires alignment of the units of conversion and expression. *Public Health Nutr* 2017; 20(11): 1903-1906.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

10. Gilbert C. The eye signs of vitamin A deficiency. *Community Eye Health* 2013; 26(84): 66-67.
[PUBMED](#)
11. Yee MM, Chin KY, Ima-Nirwana S, Wong SK. Vitamin A and bone health: a review on current evidence. *Molecules* 2021; 26(6): 1757.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Doldo E, Costanza G, Agostinelli S, Tarquini C, Ferlosio A, Arcuri G, et al. Vitamin A, cancer treatment and prevention: the new role of cellular retinol binding proteins. *BioMed Res Int* 2015; 2015: 624627.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. Stephensen CB. Vitamin A, infection, and immune function. *Annu Rev Nutr* 2001; 21(1): 167-192.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
15. Ministry of Health and Welfare (KR); The Korean Nutrition Society. Dietary Reference Intakes for Koreans 2020. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2020.
16. Harris L, Abbasy M. The dark-adaptation test: its reliability as a test for vitamin A deficiency. *Lancet* 1939; 234(6069): 1299-1359.
[CROSSREF](#)
17. Smith JC Jr. The vitamin A-zinc connection: a review. *Ann N Y Acad Sci* 1980; 355: 62-75.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
18. Palmer AC, West KP Jr, Dalmiya N, Schultink W. The use and interpretation of serum retinol distributions in evaluating the public health impact of vitamin A programmes. *Public Health Nutr* 2012; 15(7): 1201-1215.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Tanumihardjo SA, Russell RM, Stephensen CB, Gannon BM, Craft NE, Haskell MJ, et al. Biomarkers of Nutrition for Development (BOND)—Vitamin A review. *J Nutr* 2016; 146(9): 1816S-1848S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Solomons NW, Morrow FD, Vasquez A, Bulux J, Guerrero AM, Russell RM. Test-retest reproducibility of the relative dose response for vitamin A status in Guatemalan adults: issues of diagnostic sensitivity. *J Nutr* 1990; 120(7): 738-744.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. Weber D, Grune T. The contribution of β -carotene to vitamin A supply of humans. *Mol Nutr Food Res* 2012; 56(2): 251-258.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Kim Y. Recommended intake and dietary intake of vitamin A for Koreans by unit of retinol activity equivalent. *Korean J Community Nutr* 2016; 21(4): 344-353.
[CROSSREF](#)
23. 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.
[CROSSREF](#)
24. Matsuda-Inoguchi N, Date C, Sakurai K, Kuwazoe M, Watanabe T, Toji C, et al. Reduction in estimated vitamin A intake induced by new food composition tables in Japan, where vitamin A is taken mostly from plant foods. *Int J Food Sci Nutr* 2006; 57(5-6): 279-291.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Du W, Wang H, Wang Z, Zhang J, Su C, Jia X, et al. Dietary vitamin a intake among Chinese adults: findings from CNTCS2015. *Nutr J* 2018; 17(1): 60.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
26. Noh HH, Kim YN, Cho YO. Intakes and major food sources of vitamins A and E of Korean adults living in Seoul and Gyeonggi province. *Korean J Nutr* 2010; 43(6): 628-637.
[CROSSREF](#)
27. Shim JE, Paik HY, Lee SY, Moon HK, Kim YO, Kwon HH, et al. Assessment of vitamin A and E status in Korean rural adult population by dietary intake and serum levels. *Korean J Nutr* 2001; 34(2): 213-221.
28. Hyun WJ, Lee JW. Seasonal and regional variations in nutrient intakes of Korean adolescents as assessed as 3-day dietary records. *Korean J Community Nutr* 2001; 6(4): 592-603.
29. Kim K, Choi J, Pak SB. Association between vitamin A, E and type 2 diabetes mellitus in Korea: Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2016~2018. *Korean J Fam Pract* 2021; 11(2): 135-141.
[CROSSREF](#)
30. American Board of Internal Medicine. ABIM laboratory test reference ranges - January 2022 [Internet]. Philadelphia (PA): American Board of Internal Medicine; 2022 [cited 2022 Jan 21]. Available from: <https://www.abim.org/Media/bfijryql/laboratory-reference-ranges.pdf>.

31. Merck Sharp & Dohme Corp. MSD manual professional version [Internet]. Kenilworth (NJ): Merck Sharp & Dohme Corp.; [cited 2022 Jan 21]. Available from: <https://www.msdmanuals.com/professiona>.
32. Hong KH, Lee Y. Negative correlation between vitamin A and positive correlation between vitamin E and inflammation among healthy adults in Korea: based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2016-2018 7th Edition. *J Inflamm Res* 2020; 13: 799-811.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
33. Wei J, Ji JS. Association of serum vitamins with eczema in US adults (NHANES 2005-2006). *Dermatology* 2020; 236(2): 179-182.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
34. Rural Development Administration (KR). Korean Food Composition Table. 9th Revision. Wanju: Rural Development Administration; 2016.
35. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central [Internet]. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service; 2019 [cited 2022 Jan 21]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>.
36. Tanumihardjo SA, Vitamin A. Vitamin A: biomarkers of nutrition for development. *Am J Clin Nutr* 2011; 94(2): 658S-665S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
37. Ross AC, Moran NE. Our current dietary reference intakes for vitamin A—Now 20 years old. *Curr Dev Nutr* 2020; 4(10): nzaa096.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)