

RAE(레틴을활성당량) 단위로 환산한 한국인의 비타민 A 권장섭취량 및 식이 섭취량 변화

김 영 남[†]

한국교원대학교 가정교육과

Recommended Intake and Dietary Intake of Vitamin A for Koreans by Unit of Retinol Activity Equivalent

Youngnam Kim[†]

Department of Home Economics Education, Korea National University of Education, Cheongju, Korea

[†]Corresponding author

Youngnam Kim
Department of Home Economics Education, Korea National University of Education, 250, Taeseongtabyeon-ro, Gangnaemyeon, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungbuk 28173, Korea

Tel: (043) 230-3709
Fax: (043) 231-4087
E-mail: youngnam@knue.ac.kr
ORCID: 0000-0003-1315-1812

Received: June 27, 2016
Revised: July 25, 2016
Accepted: August 16, 2016

ABSTRACT

Objectives: New retinol activity equivalent (RAE) was introduced as vitamin A unit in Dietary Reference Intake (DRI) for Koreans 2015. The purpose of this study was to evaluate the adequacy of 2015 reference intake (RI) of vitamin A in RAE unit by the comparison with RI and dietary intake of vitamin A.

Methods: Analyses on RI of vitamin A were based on the Recommended Dietary Allowances (RDA) for Koreans (1962~2000) and DRIs for Koreans (2005~2015). Analyses on Koreans dietary intake of vitamin A were based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHNES) reports (1969-2014). For recalculation of RI and dietary intake of vitamin A in RE to RAE, 2013 Koreans intake of retinol: carotenoids ratio of 13: 87 was applied.

Results: RI of vitamin A was 600~750 RE for Korean adult, and 339~425 RAE when calculated by applying the retinol and carotenoids intake ratio. Vitamin A intakes of Koreans were <100% RI, 267~668 RE from 1969 to 2001. From 2005, vitamin A intake had increased to >700 RE, >100% RI. When vitamin A intake was converted from RE to RAE (2005~2014), 718~864 RE became 405.8~488.1 RAE, decreased to 56.5% level. The recent 2015 RI of vitamin A is 850 RAE, two times of 2005 & 2010 RI of 425 RAE for adult male.

Conclusions: When nutritional status of vitamin A was assessed for Koreans using the estimated average requirement (EAR) of 2015 (570, 460 RAE for male, female adults, respectively), ratio of deficient people increased significantly when judged based on the previous intake of Koreans, <490 RAE. We needs to examine the 2015 RI (EAR) of vitamin A, find a way to measure the accurate intake of dietary vitamin A, and to increase the dietary intake of this vitamin.

Korean J Community Nutr 21(4): 344~353, 2016

KEY WORDS IU, RE, RAE, recommended intake of vitamin A, dietary intake of vitamin A

서 론

비타민 A가 쥐의 성장에 반드시 필요한 성분으로 알려진 것은 1914년이며, 1930년에 그 구조가 밝혀졌다[1]. 비타민 A는 활성형인 retinoid와 불활성형인 provitamin A carotenoids를 총칭하는 일반명이다. Carotenoids는 식물성 식품에 들어있는 황색 내지 적황색 색소 성분으로, 자연계에 600여종이 존재한다. 대부분의 carotenoids는 비타민 A의 생물학적 활성이 없으며, 활성을 지니는 물질은 10% 미만에 불과한데, provitamin A 중에서 활성도가 가장 큰 물질이 β -carotene이다[1,2].

비타민 A는 시각 기능에 관여하며, 초기 결핍증세인 야맹증은 고대 이집트에서 흔하게 관찰되었던 영양결핍증으로[1] 치료를 서두르지 않으면 안구 건조증(xerophthalmia), 각막 연화증(keratomalacia)으로 진행되어 결국 시력을 잃게 된다[3]. 비타민 A는 세포분화에도 참여하며, 임신 후 첫 2~3개월 배아기에 비타민 A 결핍으로 기관의 분화·발달이 정상적으로 이루어지지 못하는 경우 기형 또는 사산으로 이어질 수 있다고 한다. 그 밖에 면역 반응, 성장, 미각, 청력 등 많은 생리 과정에도 비타민 A가 관여한다[1,3,4]. 비타민 A는 오늘날에도 빈곤계층 아동에게 문제되는 영양소이다. 2000년 이후에도 한해 25만~50만 명의 동남아시아와 아프리카 어린이들이 비타민 A 결핍으로 인하여 실명에 이르며, 실명 환자의 절반가량이 사망하는 것으로 보고되었다[3]. 우리나라의 경우에도 2001년까지 우리 국민의 비타민 A 섭취량은 권장섭취량(RI)에 미달하였다[5,6]. 2005년 영양섭취기준의 도입 이후 집단인의 섭취실태를 평가할 때 권장섭취량 대신 평균필요량을 활용하도록 하고 있지만[7-9], 국민건강영양조사 보고서는 지금까지 %RI 분석 결과를 제시하고 있다.

비타민 A의 최초 단위는 IU(international unit: 국제단위)이었으며[10], 이후 RE(retinol equivalent: 레티놀당량)를 사용하다가[7,8,11-15], 최근 RAE(retinol activity equivalent: 레티놀활성당량)로 변경되었다[9]. Provitamin A carotenoids는 retinol과 비교하여 활성도가 떨어지며, carotenoids 종류에 따라서도 활성도에 차이가 있기 때문에 비타민 A 활성도를 측정하기 위한 기준 물질을 정할 필요가 있다. IU, RE, RAE 3가지 단위 모두 활성도 측정의 기준 물질로 retinol을 활용하는 것은 동일하지만, carotenoids의 활성도 환산 계수에 차이가 나타난다[1,2,9].

우리 국민의 비타민 A 권장섭취량 단위도 IU에서 RE를 거쳐 2015년 RAE로 변경되었는데, 1962년 한국인 영양

권장량의 제정부터 2015년 한국인 영양섭취기준에 이르기까지 권장섭취량의 설정 방법, RAE 단위의 비타민 A 권장섭취량의 변화를 살펴보는 것도 의미있는 작업으로 사료된다. 또한 국민건강영양조사 자료를 활용하여 우리 국민의 RAE 단위의 비타민 A 섭취량 변화를 분석하고자 한다. RAE 단위에서는 carotenoids의 vitamin A 활성도가 RE의 절반 수준으로 감소하기 때문에 식물성 carotenoids 의존도가 높은 우리 국민의 경우 RE 섭취량을 RAE 섭취량으로 환산할 때 비타민 A 섭취량이 현저히 감소할 것으로 짐작된다. 우리 국민의 동·식물성 식품의 섭취비율을 적용하여 우리 국민의 RAE 단위 섭취량을 살펴보고, RAE 단위의 2015 권장섭취량과 RAE 단위로 환산한 우리 국민의 섭취량을 비교함으로써 비타민 A 단위 변경에 따른 문제점을 확인하고자 한다.

이를 통하여 비타민 A 권장섭취량의 설정 과정 및 올바른 적용에 대한 이해를 돕고, 우리 국민의 섭취 실태를 확인함으로써 앞으로의 개정 방향, 새로운 설정 방법의 모색을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 우리는 현재 미국, 유럽, 일본 등 선진국의 비타민 A 권장섭취량을 차입하는 수준인데, 우리 국민에 적합한 새로운 권장섭취량을 설정하기 위한 준비 단계로 지금까지의 설정 과정에 대한 분석이 우선되어야 한다고 판단된다.

연구대상 및 방법

1. 비타민 A의 단위 변화

비타민 A의 측정 단위 변화 및 단위 간의 활성도 차이를 비교하였다. 그리고 한국인 영양권장량에 제시된 β -carotene의 비타민 A 활성도에 대하여 분석하였다.

2. 비타민 A의 권장섭취량 변화

1962년의 영양권장량 제정부터 최근의 2015 한국인 영양소 섭취기준까지 11개 책자[7-17]를 연구 자료로 활용하여 비타민 A 권장섭취량 및 권장섭취량 설정 기준의 변화를 조사하였다. 권장섭취량은 성인의 값을 비교하였는데, 임신·수유부와 영아의 특수 계층을 제외한 모든 연령층의 영양섭취기준이 성인의 영양섭취기준에 체중의 상대 값을 적용하여 외삽하는 방법으로 설정되고 있기 때문이다[9]. 그리고 한국인 영양권장량의 제정과 개정 과정에서 연령군 구분 및 성인 연령군의 시작 연령에 거둬지는 변화가 있었기 때문에 성인으로 구분하는 첫 연령군을 비교 대상으로 하였다. 또한 동·식물성 비타민 A 권장 섭취비율을 제시하였던 1962년~1985년의 경우 retinol과 β -carotene으로 구분하여

µg, RE, RAE 단위의 권장섭취량을 계산하고 비교하였다.

2015년 RAE 단위 비타민 A 권장섭취량[9]과 이전 권장섭취량의 비교를 위하여 종전의 IU, RE 단위로 제시되었던 권장섭취량을 RAE 단위로 환산하고 변화를 살펴보았다. RAE 단위에서는 carotenoids의 활성도가 1/2로 감소하기 때문에[9] 권장섭취량 중 carotenoids이 차지하는 비율에 대한 확인이 필요하다. 한국인 영양권장량에 제시되었던 retinol: carotenoids의 권장 섭취비율 1:1[11,12,17]과 우리 국민의 실제 섭취비율을 산출하여 적용하였으며, 우리 국민의 retinol과 carotenoids 섭취비율은 2013 국민건강 통계의 비타민 A 주요 급원식품군 자료[5]를 근거로 산출하였다(Table 1).

2013년 우리 국민의 비타민 A 식이 섭취량은 총 718 RE이었으며, retinol 92 RE, carotenoids 626 RE로 구성되어 retinol: carotenoids의 섭취비율 산출 결과 13:87로 계산되었다.

3. 우리 국민의 비타민 A 섭취량 변화

국민건강영양조사 자료를 활용하여 비타민 A 섭취 실태(1969년~2014년) 변화를 살펴보았다. 권장섭취량 대비 섭취량(%RI)은 국민건강보고서에 분석 자료가 제시된 1979년부터 2014년까지의 변화를 검토하였다[5,6,18]. 그리고 섭취량이 권장섭취량을 초과하는 것으로 보고된 2005년~2014년을 대상으로[5,18] RE 단위의 비타민 A 섭취량을 RAE 단위 섭취량으로 환산하여 권장섭취량 충족 여부를 재확인하였다. RAE 단위 섭취량은 2013년 우리 국민의 retinol: carotenoids 섭취비율 13:87을 적용하여 환산하였다.

영양권장량 제정 시 IU 단위를 사용하였으며[10], 1967년과 1975년의 제 1차, 제 2차 개정까지 IU 단위를 유지하였다[16,17]. IU 단위의 정의가 애매모호하다는 주장이 제기되면서[1] 1980년 제 3차 개정에서는 RE 단위가 도입되었고, IU 단위의 권장량과 RE 단위 권장량을 함께 제시하였다[11]. 1985년 제 4차 개정부터 2010년 한국인 영양섭취기준 개정까지 RE 단위를 사용하였고[7,8,12-15], 최신의 2015년 한국인 영양소 섭취기준에서는 RE 대신 RAE 단위를 처음 사용하였다[9].

RE와 RAE는 retinol을 기준 물질로 하는 중량 단위 비타민 A 활성도이다. 비타민 A는 동물성 식품에 들어있는 retinol과 식물성 식품에 들어 있는 provitamin A carotenoids의 섭취를 통하여 공급한다. 그러나 retinol과 carotenoids는 비타민 A 활성도가 동일하지 않기 때문에 기준 물질을 정할 필요가 생기며, 비타민 A의 경우 기준 물질을 retinol로 정하였다. Retinol과 carotenoids의 IU, RE, RAE의 중량 함량을 Table 2에 제시하였다[1,2,9].

1 IU 비타민 A=0.3 µg retinol=0.6 µg β-carotene으로 IU 단위에서 β-carotene의 활성도는 retinol의 1/2로 규정하고 있다[19]. 그러나 IU 단위를 사용하였던 1962년과 1975년은 β-carotene의 활성도가 retinol의 1/2이 아니었던 것으로 나타났다. 1962년의 경우 “성인 1인당 5,000 IU로 하고 4,000 I.U.는 β 카로틴에서 1,000 I.U.를 비타민 A 알콜 또는 에스텔에서 取하도록 하였다. 이것은 순전한 β 카로틴 만을 사용 한다면 6,000 I.U.에 해당된다.”[10]고 하여 1,000 IU retinol과 2,000 IU β-carotene의 활성도가 동일한 것으로 서술하고 있었다. Retinol 1,000 IU=300 µg이고, β-carotene 2,000 IU=1,200

결 과

1. 비타민 A의 단위 변화

지금까지 한국인 영양소 권장섭취량에 제시된 비타민 A의 함량 단위는 IU, RE, RAE의 3가지가 있다. 1962년 한국인

Table 2. Retinol and carotenoids weight by IU, RE, and RAE unit

	1 IU	1 RE	1 RAE
Retinol	0.3 µg	1 µg	1 µg
β-carotene Dietary (supplemental)	0.6 µg	6 µg	12 µg (2 µg)
Other provitamin A carotenoids		12 µg	24 µg

Table 1. Retinol and β-carotene intake for Koreans by RAE unit

Food source	Intake RE ¹⁾	Distribution ²⁾		Intake distribution	
		Retinol (%)	Carotenoids (%)	Retinol (RE)	Carotenoids (RE)
Vegetable foods Grain, fruit, veg. etc.	601	0	100	0	601
Animal foods Meat, fish & shell fish, animal fat	50	90	10	45	5
	Milks, eggs	67	70	30	47
Total	718			92	626
	100%			13%	87%

1) Data from Korea Health Statistics 2013 [5]

2) Data from Food Composition Table [2]

µg이기 때문에 β-carotene의 활성도는 retinol의 1/4로 간주하였던 것이다. 한편 1975년에는 “사람에 있어서의 β-carotene의 비타민 A 효력은 1/3로 FAO와 여러나라에서 생각하므로 우리도 역시 1/3로 생각하기로 한다.”로 서술하고 있다. 그리고 “성인에 있어서는 勸奨量의 1/2(1,000 IU)은 retinol로, 그리고 1/2(3,000 IU)은 β-carotene으로 섭취할 것을 권한다.”[17]로 제시하였다. Retinol 1,000 IU(300 µg)과 β-carotene 3,000 IU(1,800 µg)을 동일하다고 하여, β-carotene 활성도는 retinol의 1/2도 1/3도 아닌 1/6로 간주하였던 것으로 나타났다. IU 단위를 사용하였던 1962년~1975년의 경우 retinol 대비 β-carotene의 활성도가 일관적이지 않았던 것으로 나타났다.

RE 단위에서는 β-carotene의 활성도를 retinol의 1/6로 평가하였는데, 이는 retinol 대비 β-carotene의 체내 흡수율 1/3에 β-carotene의 retinol 전환 효율 1/2을 반영한 것(1/2×1/3=1/6)이라 하였다[15]. RAE 단위에서는 β-carotene 활성도가 retinol의 1/12로, 즉 RE 단위에서의 활성도와 비교하여 절반 수준으로 감소하였는데, 이는 retinol 대비 β-carotene의 체내 흡수율이 종전의 1/3보다 더 낮은 1/6 수준이라는 연구 결과를 적용하여 1/2×1/6=1/12로 된 것이다[9].

기타 provitamin A carotenoids의 활성도는 RE, RAE 모두 β-carotene의 1/2로 간주하고 있다[9,19]. Carotenoids는 isoprene(C5) 8개가 중합한 tetraterpene(C40) 구조의 식물성 색소로 그 종류가 600 여종이나 있다[20]. 수많은 carotenoids 가운데 50여 종만이 생물학적 활성을 지니는데, 이들도 서로 활성도에 차이가 있다[2]. 식품의 들어있는 다양한 종류의 carotenoids를 각각 분리하고 carotenoids 각각의 활성도를 적용하는 방법의 비타민

A 함량 분석은 현재 실행되지 않고 있다. 식품 성분표에 제시된 비타민 A 함량은 식품별 비타민 A 작용물질(retinol, β-carotene, 기타 carotenoids) 분포표와 비타민 A 작용물질의 상대적 활성도를 적용하여 환산한 RE 값이다[2].

2. 비타민 A의 권장섭취량 변화

1) 비타민 A 권장섭취량 설정 기준 변화

1962년~2015년 비타민 A 권장섭취량의 설정 기준을 Table 3에 제시하였다.

비타민 A의 권장섭취량은 다른 영양소들과 마찬가지로 필요량에 근거하여 산정하고 있는데, 필요량을 산출하는 기준으로 1962년과 1967년은 결핍 방지를 위한 최소한의 양[10,16], 1975년과 1980년에는 정상적인 시력 유지를 위한 양을 제시하였다[11,17]. 그리고 1985년부터 2000년까지는 정상 혈중 농도 유지와 결핍증세 예방을 위한 양을[12-15], 2005년부터 최근의 2015년까지 체내 pool의 적정 수준 유지를 필요량의 산출 기준으로 제시하고 있다[7-9]. 한편 1962년과 1967년은 필요량을 체중 kg당 산출하는 방식을 채택하였고[10,16], 2005년 영양섭취기준부터 5개 요인(A~E)을 적용하여 계산하는 방식으로 전환하였으며, 요인가산법에 의한 필요량 산출 공식은 다음과 같다[7-9].

$$\text{비타민 A 필요량} = A \times B \times C \times D \times E \times F$$

A: 0.5%/일, 비타민 A free diet 시 저장량 손실율

B: 20 µg/g, 최소 간 저장량

C: 0.03, 간 중량/체중=1/33

D: 기준 체중

E: 1.1, 체내 총 저장량(100%)/간 저장량(90%)=10/9

F: 비타민 A 저장 효율 40%

Table 3. Criteria for requirement and recommended intake establishment of vitamin A for Korean adults

Year	Criteria for requirement	Recommended intake establishment	
		Requirement	Recommended Intake = Requirement + margin
1962 1967	Prevent deficiency	Retinol 20 IU/kg (β-carotene 40 IU/kg)	Requirement + 100% ¹⁾
1975 1980	Maintain the normal vision	Retinol 390 µg (1,300 IU)	
1985 1989 1995 2000	Maintain the normal blood concentrations & prevent deficiency	500~600 RE	Requirement + 50%
2005 2010 2015	Maintain the normal body pool	Male: 540; Female: 460 RE Male: 570; Female: 460 RAE	Requirement + 40%

1) % of the requirement

비타민 A 필요량 값의 변화를 살펴보면, 1962년의 경우 필요량 retinol 20 IU/kg에 당시 성인 남자의 기준 체중 58 kg [10]을 대입하여 필요량을 산출하였을 때 약 350 RE로 계산되며 (20 IU/kg × 58 kg = 1,160 IU, 1,160 IU × 0.3 µg retinol/IU = 348 µg retinol), 1975년과 1980년은 390 RE (retinol 390 µg), 1985년~2000년은 500~600 RE, 2005년과 2010년은 성별을 구분하여 남녀 각각 540, 460 RE [7,8], 그리고 2015년은 570, 460 RAE [9]를 제시하고 있다.

권장섭취량은 많은 (거의 대부분) 사람들의 필요량을 충족시키기 위한 섭취 권장량으로, 필요량의 개인 변이에 따른 안전율을 반영하여 설정하는데, 1962년과 1967년에는 100% 즉 필요량의 2배를 권장섭취량으로 하였으며 [10,16], 1975년부터 2000년까지는 50%의 안전율을 적용하였고 [11-15,17], 2005년부터 2015년까지 40%를 적용하였다 [7-9].

2) 비타민 A 권장섭취량의 변화

1962년 한국인 영양권장량 제정부터 2015 한국인 영양소 섭취기준까지의 비타민 A 권장섭취량을 Table 4에 제시하였다.

비타민 A는 1962년부터 2015년 현재까지 지속적으로 권장섭취량을 설정하고 있다. 1962년에는 성인의 비타민 A 권장섭취량으로 retinol 1,000 IU + β-carotene 4,000 IU = 5,000 IU를 설정하였다 [10]. 1967년에는 retinol과 β-carotene을 분리하여 성인의 권장섭취량으로 retinol 2,000 IU 또는 β-carotene 6,000 IU를 설정하였다 [16]. 1975년은 1967년과 동일하였고 [17], 1980년에는 RE 단위가 처음 소개되면서 retinol 2,000 IU와 함께 600 RE를 권장섭취량으로 제시하였다 [11]. 1985년부터 2010년까지는 RE 단위를 사용하였으며 [7,8,12-14], 비타민 A 권장섭취량으로 1985년 750 RE [12], 1989년, 1995년, 2000년은 700 RE를 설정하였다 [13-15]. 2005년과 2010년은 성별을 구분하여 남녀 각각 750, 650 RE를 권장섭취량으로 제시하였다 [7,8]. 그리고 2015년에는 비타

민 A의 단위를 RAE로 변경하여 권장섭취량으로 남녀 각각 800, 650 RAE를 설정하였다 [9].

동물성 retinol과 식물성 β-carotene의 섭취비율에 대하여 1962년, 1975년, 1980년, 1985년의 네 차례 언급이 있었는데 [10-12,17], RE 단위를 적용하였을 때 retinol: β-carotene의 권장 섭취비율은 1962년 3:4, 1975년, 1980년, 1985년은 1:1이었고, RAE 단위를 적용하면 1962년 3:2, 1967년, 1975년, 1980년, 1985년은 2:1로 계산되었다 (Table 5).

3) RAE 단위로 환산한 비타민 A 권장섭취량의 변화

1967년~2010년 비타민 A 권장섭취량(RE)을 retinol: carotenoids 권장 섭취비율 1:1 [11,12,17]과 우리 국민의 2013년 retinol: carotenoids 섭취비율을 적용하여 RAE 단위로 환산하였으며, 그 결과를 Table 6에 제시하였다. Retinol: carotenoids 권장 섭취비율 1:1을 적용하면 종전의 RE 단위 비타민 A 권장섭취량 600~750 RE는 450~563 RAE로 감소하고, retinol: carotenoids의 실제 섭취비율 13:87을 적용하면 339~425 RAE로 감소한다.

3. 우리 국민의 비타민 A의 식이 섭취량 변화

1) 우리 국민의 비타민 A 식이 섭취량 변화

국민건강영양조사가 처음으로 실시되었던 1969년부터 2014년까지 우리 국민의 비타민 A 섭취 실태를 살펴보았을 때 섭취량의 변화가 매우 큰 것으로 나타났다 (Fig. 1). 섭취

Table 5. Recommended intake ratio of retinol and β-carotene in RDA (DRI) for Korean adults

		1962	1975 & 1980	1985
RI	Retinol	1,000 IU	1,000 IU	325 RE
	β-carotene	4,000 IU	3,000 IU	325 RE
µg	Retinol	300	300	325
	β-carotene	2,400	1,800	1,950
RE	Retinol	300	300	325
	β-carotene	400	300	325
RAE	Retinol	300	300	325
	β-carotene	200	150	163

Table 4. Recommended intake of vitamin A for Korean adults in RDA (DRI)

	1962	1967	1975	1980	1985	1989	1995	2000	2005	2010	2015
IU	5,000 ¹⁾	2,000 ²⁾ (6,000 ³⁾	2,000 ²⁾ (6,000 ³⁾	2,000 ²⁾							
RE				600	750	700	700	700	750 [650] ⁴⁾	750 [650]	
RAE											800 [650]

1) 1,000 IU from retinol + 4,000 IU from β-carotene, 2) Retinol, 3) β-carotene, 4) Male [female]

Table 6. Recommended intake of vitamin A by RAE unit

Year	1962	1967, 1975, & 1980	1985	1989, 1995, & 2000	2005 & 2010
RE	700 ¹⁾	600 ¹⁾	750	700	750 [650] ²⁾
RAE 1:1 ³⁾ intake	525	450	563	525	563 [488]
13:87 intake	396	339	425	396	425 [368]

1) Calculated value of RI in IU to RE
 2) Male [female]
 3) Retinol: carotenoids

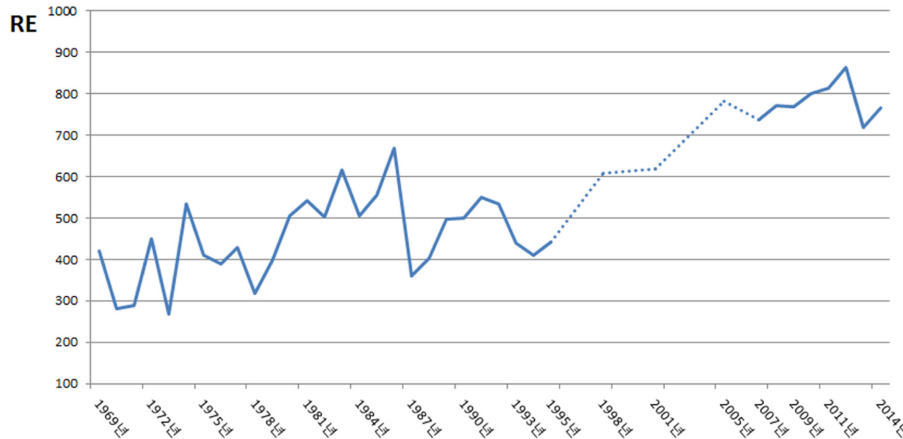


Fig. 1. Vitamin A intake from 1969 to 2014 (Data of 1996, 1997, 1999, 2000, 2002-2004, and 2006 are not shown because of no survey done)

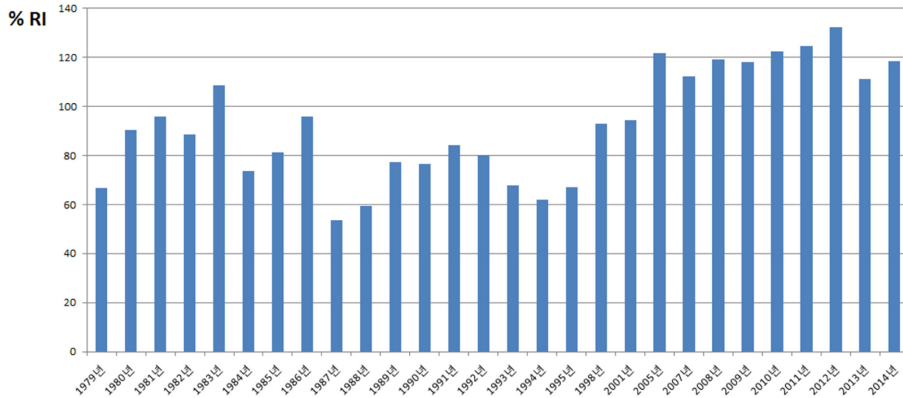


Fig. 2. Vitamin A intake by %RI from 1979 to 2014

량이 가장 적었던 때는 1973년의 267 RE이었고, 가장 많았던 때는 2012년의 864 RE로, 최소, 최대 간 섭취량 차이는 3배를 초과하는 것으로 확인되었다. 1969년부터 1995년까지는 비타민 A 섭취량이 267~554 RE 수준에서 등락을 거듭하였으며(1983년: 616 RE, 1986년: 668 RE 제외), 1998년과 2001년은 섭취량이 각각 609 RE, 619 RE로 증가하였고, 2005년부터는 더욱 증가하여 718~864 RE로 되었다. 비타민 A 섭취량이 300 RE 미만이었을 때는 1970년, 1971년, 1973년의 3회였고, 2005년 이후에는 내내 700 RE 이상의 섭취량을 유지하였다[5,18,21].

권장섭취량 대비 식이 섭취량 비율(%RI) 자료는 1979년부터 제시되었으며, 따라서 1979년 이후의 %RI 변화를 Fig. 2에 제시하였다. %RI가 가장 낮았던 때는 1987년의 53.6%였고, 가장 높았던 때는 2012년의 132.4%로 확인되었다. 1983년의 108.7%를 제외하고 1979년부터 2001년까지 내내 우리 국민의 비타민 A 섭취량이 권장섭취량을 충족시키지 못하였으며, 특히 1987년과 1988년은 %RI가 60% 미만이었다. 우리 국민의 비타민 A 섭취량이 권장섭취량을 초과하는 것으로 보고된 것은 2005년 이후이다[21,22].

Table 7. Vitamin A intake of Korean adults by RAE unit applying the retinol and carotenoids intake ratio of 13% and 87%

		2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
RE	Retinol (13%)	101.6	95.7	100.3	99.9	104.0	105.6	112.3	93.4	99.5
	Carotenoids (87%)	679.7	640.4	671.1	668.6	696.0	706.9	751.5	624.7	665.6
	Total	781.3	736.1	771.4	768.5	800.0	812.5	863.8	718.1	765.0
RAE	Retinol (13%)	101.6	95.7	100.3	99.9	104.0	105.6	112.3	93.4	99.5
	Carotenoids (87%)	339.9	320.2	335.6	334.3	348.0	353.4	375.8	312.4	332.8
	Total	441.5	415.9	435.9	434.2	452.0	459.0	488.1	405.8	432.3

2) RAE 단위로 환산한 우리 국민의 비타민 A 식이 섭취량 변화

우리 국민의 식이 섭취량이 권장섭취량을 초과하는 것으로 보고된 2005년부터 2014년까지 최근 10년간의 비타민 A 섭취량(RE)을 RAE 섭취량으로 환산하였으며, 그 결과를 Table 7에 제시하였다. 2015년부터 비타민 A의 단위로 RAE를 사용하기로 하였고, RE 대신 RAE를 사용하는 경우 carotenoids의 활성도가 1/2 수준으로 낮아지기 때문에 식물성 식품 의존도가 높은 우리나라의 경우 비타민 A 식이 섭취량 718.1(2013년)~863.8(2012년) RE가 405.8(2013년)~488.1(2012년) RAE로 감소하였다.

고 찰

지금까지 우리 국민의 비타민 A 권장섭취량과 식이 섭취량 자료는 IU와 RE 단위로 제시되어 있었다. 최근 도입된 RAE 단위에서는 carotenoids 활성도가 RE 단위의 1/2로 변경되었기 때문에 권장섭취량과 식이 섭취량을 RAE 단위로 환산하려면 carotenoids 섭취량(섭취비율)을 알아야 한다. 우리 국민의 retinol: carotenoids 섭취비율을 확인하는 방법으로 비타민 A 주요 급원 식품군 자료[5]와 식품성분표의 식품별 비타민 A 작용물질 분포비(FAO/WHO) [2]를 활용하였다. 먼저 우리 국민의 비타민 A 총 섭취량, 동물성 비타민 A 섭취량, 식물성 비타민 A 섭취량 자료에 따르면 1995년에는 각각 443.0, 74.6, 368.4 RE이었고[6] 2013년에는 718, 117, 601 RE(비타민 A 주요 급원식품군 자료)를 [5] 제시하고 있었는데, 동물성 비타민 A 섭취비율을 산출하면 각각 16.8% $[(74.6/443.0) \times 100]$, 16.3% $[(117/718) \times 100]$ 로, 1995년과 2013년의 섭취비율이 유사하여 20년 남짓의 세월에도 동·식물성 비타민 A 섭취비율은 변화가 거의 없었던 것으로 나타났다. 한편 식물성 식품에는 carotenoids만 들어있지만, 동물성 식품 중에는 retinol과 함께 carotenoids를 포함하는 식품도 일부 있기 때문에 [2] 동물성 식품: 식물성 식품의 섭취비율과 retinol: carotenoids 섭취비율은 일치하지 않을 수 있다. 따라서 비

타민 A 주요 급원 식품군 자료[5]에서 동물성 식품군과 식물성 식품군으로부터의 비타민 A 섭취량을 확인한 다음, 동물성 식품 가운데 carotenoids를 포함하는 식품군을 구분하고(육류, 난류, 어패류, 우유류, 동물성 유지류), retinol: carotenoids의 분포비율을 적용하여 [2] retinol: carotenoids의 섭취비율을 산출하였다. 그 결과 우리 국민의 retinol: carotenoids 섭취비율은 13:87로, 식물성 carotenoids 섭취량이 동물성 retinol의 6.7배인 것으로 확인되었다.

우리나라의 경우 우리 국민의 영양소 필요량 및 권장섭취량을 자체적으로 설정할 만큼 연구 자료가 충분하지 못하기 때문에 현재 선진 외국 특히 미국의 평균필요량 및 권장섭취량 설정 방식을 활용하고 있으며, 다만 필요에 따라 우리 국민의 기준 체위를 적용하는 형식을 취하여 설정하고 있다. 비타민 A의 경우도 마찬가지이다. 1962년과 1967년 초기에는 섭취 부족에 기인하는 결핍증의 발생 억제를 위한 양 20 IU retinol/kg을 필요량의 산정 기준으로 하였다. 필요량 20 IU retinol/kg에 1962년과 1967년 남성의 표준 체중 58 kg [10]과 60 kg [16]을 대입하면 1,160과 1,200 IU retinol이 되고, 이를 중량으로 환산하면 비타민 A 필요량은 각각 348과 360 μg retinol이 된다. 1975년과 1980년은 390 μg retinol을 필요량으로 제시하였으며, 1985년에는 결핍증 예방과 정상 혈중 농도 유지에 필요한 500~600 RE, 즉 500~600 μg retinol을 필요량으로 제시하여, 비타민 A 필요량은 지속적으로 상향 조정되었음을 알 수 있었다. 한편 혈중 retinol 농도는 항상성 조절이 비교적 잘 이루어지고 따라서 비타민 A 저장량을 제대로 반영하지 않기 때문에 혈중 retinol 농도가 필요량 측정을 위한 수단으로 적합하지 않은 것으로 보고되었다[8]. 이와 함께 비타민 A 필요량 산정 기준이 혈중 농도에서 체내 저장량의 적정 수준 유지로 2005년부터 변경되었고, 필요량은 그러나 혈중 농도를 지표로 하였을 때와 비슷한 수준인 500~600 μg retinol을 유지하였다[7-9]. 2005년 한국인 영양섭취기준부터 체내 저장량의 적정 수준 유지를 위한 비타민 A 필요량 산출 공식을 제시하였는데, 이해를 돕기 위하여 우리나라 성인 남성의 체위기준

[9]을 적용하여 필요량을 산출하면 다음과 같다. 건강 유지를 위한 최소한의 비타민 A 간 저장량은 $20 \mu\text{g/g}$ 이며 (B), 간의 중량은 체중 (68.7 kg)의 $1/33$ 로 대략 2 kg 정도이다 (D×C). 따라서 간의 최소 저장량은 $20 \mu\text{g/g} \times 2,000 \text{ g} = 40,000 \mu\text{g}$ 이다 (B×D×C). 비타민 A 체내 저장량의 90%가 간에 저장 (E)되기 때문에 건강 유지를 위한 최소 비타민 A 체내 저장량은 $40,000 \mu\text{g} \times (100/90) = 44,000 \mu\text{g}$ 으로 계산된다 (B×D×C×E). 그리고 비타민 A의 불가피 손실량 (비타민 A free diet)은 체내 비타민 A 저장량의 0.5%/일 (A)로 $44,000 \mu\text{g} \times 0.005 = 220 \mu\text{g/일}$ 이며 (B×D×C×E×A), 불가피 손실량 보충의 효율 40% (F)를 적용하면 필요량은 $220 \mu\text{g/일} \times (100/40) = 550 \mu\text{g/일}$ (B×D×C×E×A×F)이 된다. 이 요인가산법에는 최소한의 간 저장량, 체내 저장량, 불가피 손실량 등 많은 불확실한 요인들이 개입하기 때문에 앞으로의 필요량 산출은 균형연구 같은 새로운 방법의 개발이 이루어져야한다고 판단된다. 단백질의 경우에도 필요량 산정 초기에는 요인가산법을 적용하였으나 1995년부터 질소균형연구를 적용하는 것으로 변경되었다 [23].

권장섭취량은 개인 간의 필요량 변이를 반영하기 위한 목적에서 필요량에 안전율을 더하여 산출되는데, 비타민 A의 안전율은 1962년과 1967년: 100%, 1975년~2000년: 50%, 2005년~2015년: 40%로 점차 감소하였다. 단백질의 경우에도 안전율은 1962년의 50%에서 1995년 이후 25%로 감소하였는데 [23], 필요량의 측정이 정확할수록, 자료의 수가 많을수록 변이계수 (coefficient of variation: CV)가 감소하기 때문에 안전율이 감소하는 것으로 짐작된다. 일반적으로 변이계수의 2배를 안전율로 제시하고 있다 [9].

RE 단위의 권장섭취량을 RAE 단위로 환산할 때 동물성 retinol과 식물성 carotenoids의 권장 섭취비율 1:1을 적용하는 경우 권장섭취량이 75% 수준으로 감소하는데, 권장섭취량의 1/2에 해당하는 retinol은 RE 단위 함량과 RAE 단위 함량이 동일하기 때문에 변화가 없는 반면 나머지 1/2의 carotenoids는 RAE 단위에서 RE 단위 때보다 1/2 수준으로 활성도가 감소하기 때문에 $50\% + (50\%/2) = 75\%$ 가 된다. 우리 국민의 carotenoids 섭취비율 87%를 적용하여 환산할 때는 권장섭취량이 56.5% 수준으로 감소하는데, retinol 13%는 RE와 RAE 단위 모두 변화가 없으나, 87%의 carotenoids 활성도가 RAE 단위에서 1/2로 감소하기 때문에 $87 \div 2 = 43.5\%$ 로 되어 $13\% + 43.5\% = 56.5\%$ 로 되는 것이다.

우리 국민의 비타민 A 섭취량이 권장섭취량을 초과하였던 (>100% RI) 것으로 보고된 2005년~2014년의 경우 retinol과 carotenoids 섭취비율 13:87을 적용하여 RAE

단위로 환산한 우리 국민의 실제 섭취량은 405.8~488.1 RAE로 나타났다. 그러나 우리 국민의 비타민 A 섭취량 405.8~488.1 RAE와 성인 남녀 비타민 A 권장섭취량 563, 488 RAE (retinol: carotenoids 권장 섭취비율 1:1 적용)를 비교하는 경우 RE 단위를 사용하였을 때와 달리 섭취량이 권장섭취량에 미달하는 것으로 (<100% RI) 나타났다. 한편 retinol: carotenoids 섭취비율 13:87은 2013 국민건강통계에 근거한 것으로, 우리 국민의 retinol과 carotenoids 섭취비율이 이와 다른 경우 RAE 단위 비타민 A 섭취량도 달라진다.

영양권장량에서 영양섭취기준으로 변경되면서 집단인의 섭취 실태를 평가할 때는 권장섭취량 대신 평균필요량을 사용하여 집단 내 부적절한 섭취인 비율을 추정하도록 하고 있다 [7-9]. 그리고 평균필요량을 활용하는 영양상태 진단 방법으로 확률적 접근방법이 개발되었으나, 평균필요량과 평균필요량의 변이에 대한 신뢰성이 의심되거나, 식품 성분표의 함량 자료가 정확하지 않을 수 있는 비타민 A의 경우 국민의 영양상태 진단 방법으로 확률적 접근방법의 적용을 추천하지 않는다고 하였다 [19].

한국인 남녀 성인의 비타민 A 평균필요량으로 2015년 570, 460 RAE를 설정하였는데, 이를 적용하여 우리 국민의 영양섭취실태를 진단하는 경우 심각한 비타민 A 부족으로 평가될 것이다. 비타민 A 섭취량이 가장 많았던 2012년의 우리 국민 섭취량이 488.1 RAE로, 성인 남녀 평균필요량의 단순 평균 $515 \text{ RAE} [(570+460) \div 2]$ 에도 미치지 못하기 때문이다. 연령에 따른 보정을 한다 하더라도 부족인구 비율은 심각한 수준이 이를 것으로 추측된다. 미국은 2002 영양섭취기준부터 비타민 A 단위로 RAE를 사용하였으며 [9], 우리나라도 2005년부터 비타민 A 단위 변경에 대한 검토가 있었다. 그러나 권장섭취량의 75% 미만을 섭취하는 국민의 비율이 50%나 되고 (2001년) [7], 평균필요량 미만을 섭취하는 국민이 43%임 (2008년) [8]을 고려하여 carotenoids 활성도가 1/2 수준으로 감소하는 RAE 단위 도입에 대하여 신중하게 고민할 필요성이 제기되면서, 논의 끝에 현실적 섭취기준으로 종전의 RE 단위를 유지하기로 결정하였다. 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 처음으로 RAE 단위를 사용하였는데, RAE 단위로의 변경에 따른 비타민 A 섭취 부족 인구의 비율의 심각한 증가 우려는 여전하지만, 그럼에도 불구하고 미국, 일본 등 많은 나라에서 RAE 단위 사용을 결정하였기 때문에 섭취 수준의 국제적 비교를 위하여 RAE 단위 도입을 결정하였다고 한다 [9]. 비타민 A 섭취에 있어 carotenoids 의존도가 25%에 불과한 미국의 경우 비타민 A의 단위 변경에 따른 영양평가의 변화가 비교적 적을

수 있겠지만, carotenoids 의존도가 80%를 초과하는 일본 [24]과 우리나라의 경우 단위 변경에 따른 비타민 A 영양상태 판정에 큰 변화를 초래할 수 있다.

한편 RAE 단위를 사용하는 미국, 일본과 우리나라의 비타민 A 평균필요량을 비교하면, 성인 남성의 경우 일본 600 RAE, 미국은 625 RAE로 우리나라의 570 RAE 보다 높다. 성인 여성은 일본이 450 RAE로 우리나라의 460 RAE 보다 낮았고, 미국은 500 RAE로 우리보다 높다 [9]. 평균 필요량이 다른 나라와 비교하여 높게 책정된 수치가 아님에도 불구하고 우리 국민의 섭취량은 평균필요량에도 미치지 못하며, 그렇지만 비타민 A 섭취부족에서 비롯되는 임상적 문제가 심각하게 드러나지도 않는 우리의 현실에 대하여 그 원인을 살펴볼 필요가 있다. 먼저 비타민 A 섭취량 자료에 대한 신뢰성이다. 우리 국민의 비타민 A 섭취량이 점차 증가하는 경향은 확인할 수 있었지만 연도별 섭취량이 들쭉날쭉, 변이계수가 크기 때문에 섭취량 자료의 신뢰성에 의문이 생긴다. 비타민 A 같이 급원 식품이 일부 몇몇 음식으로 한정되어 있는 영양소의 경우 섭취량의 개인 내 변이뿐 아니라 개인 간 변이가 크며, 계절적 요인도 작용하기 때문에 일상 섭취량을 정확히 조사하는 것이 어렵다고 한다 [19]. 섭취량 측정 오차의 다른 요인으로 조사 방법의 정확성을 생각할 수 있다. 국민건강 영양조사의 식사실태 조사 방법으로 1969년~1995년은 가구별 실측량 기록법 (칭량법)을 사용하였으나, 1998년부터는 24시간 회상법을 사용하고 있는데, 두 방법 모두 단점을 지니고 있다. 실측량 기록법의 경우 시간, 노력, 예산이 많이 들고 조사 대상자의 협조를 구하기가 쉽지 않기 때문에 참여인구의 숫자 제한이 따르며, 반면 24시간 회상법은 기억에 의존하는 조사방법이기 때문에 섭취한 음식 모두를 정확하게 기억해낼 수 없는 경우가 생기고, 특히 섭취량에 대한 추정 오류가 발생할 수 있다는 단점이 있다 [19]. 그 외에도 섭취량 측정 오차 요인으로 식품 성분표의 정확성을 생각할 수 있다. 음식 섭취량 수집 정보를 영양소 섭취량으로 환산하는 과정에서 식품 성분표를 활용하는데, 비타민 A 섭취량을 정확하게 측정하려면 식품 성분표의 비타민 A 함량이 정확하여야 한다. 비타민 A의 경우 50여종의 provitamin A carotenoids를 각각 분리, 정량하는 대신 retinol, β -carotene, 기타 carotenoids로 구분하고 이들의 함량 비율과 상대적 활성도를 적용하여 식품의 총 비타민 A 함량을 산출하는 간접 방법을 사용하고 있기 때문에 식품 성분표에 제시된 비타민 A 함량이 식품의 실제 비타민 A 함량과 다를 수 있다. 그리고 비타민 A의 경우 권장섭취량을 RAE 단위로 제시하고 있기 때문에 식품 성분표의 비타민 A 함량 단위도 RAE로 수정하는 작업이 조속히 이루어져야 하겠다.

요약 및 결론

본 연구는 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 비타민 A의 단위로 RAE를 도입함에 따라 우리 국민의 비타민 A 권장섭취량과 식이 섭취량을 RAE 단위로 환산하여 그간의 변화를 살펴보았다. 우리 국민에 적합한 권장섭취량을 설정하기 위한 준비 단계로 과거의 자료에 대한 분석이 우선되어야 한다고 판단하였으며, 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지금까지 사용하였던 비타민 A의 단위는 IU, RE, RAE 3가지이다. 비타민 A 권장섭취량 단위로 1962년~1975년은 IU, 1980년 IU와 RE, 1985년~2010년은 RE를 사용하였으며, 2015년 RAE 단위로 교체되었다. 비타민 A 활성도의 기준 물질은 retinol로 내내 변화가 없었으나, β -carotene의 활성도는 IU: 1/2, RE: 1/6, RAE: 1/12 retinol로 점차 감소하였다. IU 단위를 사용하였던 1962년~1975년 한국인 영양권장량에서의 중량 기준 β -carotene 활성도는 1/2 retinol이 아닌 1/4, 또는 1/6 retinol이었던 것으로 확인되었다.

2. 비타민 A 권장섭취량은 필요량으로부터 산정되며, 필요량의 산정 지표는 1962년 제정부터 1980년까지 결핍증 예방 (정상시력 유지)이었고, 1985년 이후 2000년까지 정상 혈중농도 유지로 변경되었다. 그리고 2005년~2015년에는 체내 저장량 (body pool)의 정상 유지에 필요한 양을 필요량 설정의 지표로 제시하였다. 비타민 A 필요량은 결핍증 예방을 위한 최소필요량 350~390 RE에서 건강 유지를 위한 필요량 500~600 RE로 증가하였다.

권장섭취량은 필요량에 개인차 변이에 따른 안전율을 가산하여 산출하는데, 안전율로 1962년과 1970년은 필요량의 100%, 1975년~2000년 50%, 2005년부터는 40%를 책정하였다.

3. 비타민 A의 권장섭취량은 성인 남자의 경우 1967년~1980년 600 RE, 1989년~2000년 700 RE, 2005년과 2010년은 750 RE, 그리고 2015년은 800 RAE로 점차 증가하였다. 2005년부터는 성별을 구분하였으며 여성의 경우 650 RE (RAE)를 권장섭취량으로 제시하였다.

4. 1962년~2010년의 권장섭취량 (RE 또는 IU 단위 제시)에 우리 국민의 retinol: carotenoids 섭취비율 13:87을 적용하여 RAE 단위의 권장섭취량으로 환산하면 339~425 RAE로 계산되었다.

5. 우리 국민의 비타민 A 섭취량은 267~864 RE로, 최소·최대 섭취량 간 차이가 3배 이상인 것으로 나타났다. 그리고 우리 국민의 식이 섭취량은 국민건강영양조사가 처음

시행된 1969년부터 내내 권장섭취량에 미달하였다가 2005년부터 권장섭취량을 초과하는 것으로 보고되었다. 식이 섭취량이 권장섭취량을 초과하였던 2005년~2014년의 식이 섭취량에 우리 국민의 retinol과 carotenoids 섭취비율을 적용하여 RAE 단위로 환산하였을 때 우리 국민의 비타민 A 식이 섭취량은 405.8~488.1 RAE로 계산되었다.

결론적으로 2015년 성인 남성의 비타민 A 권장섭취량 800 RAE는 2005년, 2010년의 RE 단위 권장섭취량을 RAE 단위로 환산한 그것과 비교하여 월등히 큰 수치이다. 지금까지의 우리 국민의 비타민 A 섭취량(405.8~488.1 RAE)에 커다란 변화가 없다고 가정할 때 2015년 성인 남녀의 평균필요량 570, 460 RAE를 적용하여 우리 국민의 비타민 A 섭취실태를 분석하는 경우 부족인구 비율이 심각한 수준으로 평가될 것이다. 새로이 도입된 RAE 단위의 2015 비타민 A 섭취기준에 대한 검토가 필요하고, 비타민 A 섭취량을 증가시킬 수 있는 방안 모색 및 교육이 필요할 것으로 판단된다.

References

- Kim HY(A). Vitamin A. In: Ziegler EE, Filer LJ Jr. Present knowledge in nutrition. 7th ed. Seoul: The Korea Nutrition Society, International Life Sciences Institute of Korea; 1998. p. 111-121.
- National Institute of Agricultural Sciences. Food Composition Table, 8th revision [internet]. 2011 [cited 2016 Jun 14]. Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/ftc/ftcPdfDwn/list?totalSearchYn=Y>.
- Wikipedia. Vitamin A deficiency [internet]. 2006 [cited 2016 Jun 14]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin_A_deficiency.
- Koo J, Lim HS, Jeong YJ, Yoon JS, Lee AR, Lee JH. Understanding basic nutrition. 1st ed. Seoul: Powerbook; 2008. p. 243-250.
- Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control & Prevention. Korea Health Statistics 2013: Korea National Health and Nutrition Examination Survey [KNHANES VI-1] [internet]. 2014 [cited 2016 Jun 14]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
- Ministry of Health and Welfare. 95 National nutrition survey report. Seoul: Ministry of Health and Welfare; 1997. p. 50-53.
- The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2005. p. 83-92.
- Ministry of Health & Welfare, The Korean Nutrition Society, Ministry of Food & Drug Safety. Dietary reference intakes for Koreans. 1st revision. Seoul: Ministry of Health & Welfare, The Korean Nutrition Society, Korea Food & Drug Administration; 2010. p. vi-x x iii, 149-165.
- Ministry of Health & Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Seoul: Ministry of Health & Welfare, The Korean Nutrition Society; 2015. p. 2-23, 240-276.
- Korea FAO Association. Recommended dietary allowances for Koreans. Seoul: The FAO Korea Association; 1962. p. 13, 45.
- Korea FAO Association. Recommended dietary allowances for Koreans. 3rd revision. Seoul: The FAO Korea Association; 1980. p. 5, 19-20.
- Korea Institute for Population and Health. Recommended dietary allowances for Koreans. 4th revision. Seoul: Korea Institute for Population and Health; 1985. p. 9, 27-29.
- Korea Institute for Health and Social Affairs. Recommended dietary allowances for Koreans. 5th revision. Seoul: Korea Institute for Health and Social Affairs; 1989. p. 11, 33-35.
- The Korean Nutrition Society. Recommended dietary allowances for Koreans. 6th revision. Seoul: The Korean Nutrition Society; 1995. p. 14, 127-134.
- The Korean Nutrition Society. Recommended dietary allowances for Koreans. 7th revision. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2000. p. 83-90, 490.
- Korea FAO Association. Recommended dietary allowances for Koreans. 1st revision. Seoul: The FAO Korea Association; 1967. p. 53-54.
- Korea FAO Association. Recommended dietary allowances for Koreans. 2nd revision. Seoul: The FAO Korea Association; 1975. p. 57-58.
- Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control & Prevention. Korea Health Statistics 2014: Korea National Health and Nutrition Examination Survey [KNHANES VI-2] [internet]. 2015 [cited 2016 Jun 14]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
- Gibson RS. Principles of nutritional assessment. New York Oxford: Oxford University Press; 1990. p. 69-70, 92-93, 101-109, 148-152.
- Lee SY, Jeong HJ, Lee YE, Kim MR, Kim KR, Song HN. Food chemistry. Seoul: Powerbook; 2009. p. 179-182, 260-267.
- Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control & Prevention. Korea Health Statistics 2009: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-3) [internet]. 2010 [cited 2016 Jun 14]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
- Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control & Prevention. Korea Health Statistics 2008: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-2) [internet]. 2009 [cited 2016 Jun 14]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>.
- Kim Y. A study on calculation methods and amounts changes of recommended protein intake in the recommended dietary allowances for Koreans and dietary reference intakes for Koreans. J Korean Home Econ Educ Assoc 2012; 24(2): 51-62.
- Yeum KJ, Lee-Kim YC, Lee KY, Kim BS, Roh JK, Park KS et al. The serum levels of retinoids, β -carotene and α -tocopherol of cancer patients. J Korean Cancer Assoc 1992; 24(3): 343-351.