

Review  
KDRI Special Series



## 2020 한국인 영양소 섭취기준: 아연

이미경 <sup>1</sup>, 김은미 <sup>2</sup>, 권인숙 <sup>3</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>삼성서울병원 영양팀

<sup>3</sup>안동대학교 식품영양학과

## 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: zinc

Mi-Kyung Lee <sup>1</sup>, Eun-Mee Kim <sup>2</sup>, and In-Sook Kwun <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>2</sup>Department of Dietetics, Samsung Medical Center, Seoul 06351, Korea

<sup>3</sup>Department of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 36729, Korea

**OPEN ACCESS**

Received: Jul 4, 2022

Revised: Aug 4, 2022

Accepted: Aug 17, 2022

Published online: Aug 25, 2022

Correspondence to

In-Sook Kwun

Department of Food and Nutrition, Andong National University, 1375 Gyeongdong-ro, Andong 36729, Korea.

Tel: +82-54-820-5917

Email: iskwn@anu.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

Mi-Kyung Lee

<https://orcid.org/0000-0002-6064-5295>

Eun-Mee Kim

<https://orcid.org/0000-0002-0685-4168>

In-Sook Kwun

<https://orcid.org/0000-0003-2562-3469>

Funding

This research was supported by Policy Research Program (project No. 20180415A13-00, 25193068200, and 25203084501) from the

### ABSTRACT

This review is focused on analyzing the limits and shortage of zinc (Zn) for the 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans (KDRIs), and provides suggestions for the future establishment of the 2025 KDRIs for Zn. The 2020 KDRIs for Zn have been established to estimate the adequate requirement (EAR), recommended nutrient intakes (RNI), adequate intake (for only 0–5 mon) and tolerable upper intake level (UL). EAR was estimated in 2-stages: the first stage was to construct of the frame of analysis for Zn requirement and the second stage involved a factorial approach by considering the various factors which affect Zn requirement, such as intestinal and urine Zn loss, Zn requirement for growth and development, and Zn absorption rate. For a more precise and accurate establishment of the Zn requirement, we suggest for the following to be considered: 1) considering that Zn is present in minuscule amounts as a trace element in our body, the present values for Zn EAR (as 6–9 mg/d) should be expressed as a decimal point for more accurate DRIs; 2) the frame of analysis for Zn requirement has to be more specifically and should includes the factors which affect Zn requirement; 3) both, the factorial approach and extrapolation method need to be well reviewed and thoroughly understood for establishing precise Zn requirement; 4) currently, human clinical study and balance study (Zn intake, excretion and absorption rate) are limited and more human Zn subject studies are required. All these suggestions are provided to better establish the Zn requirement in the 2025 KDRIs.

**Keywords:** zinc; micro nutrient; dietary reference intakes for Koreans (KDRIs)

### 서론

아연 (zinc, Zn)은 크기가 매우 작은 2가 양이온으로서 (0.065 nm) 인체내 체액 및 다양한 세포 조직에 분포해 있는 미량무기질이다. 세포 내에서 아연은 유리 이온 (Zn<sup>2+</sup>)의 상태로 존재하는 경우는 드물며 대부분은 단백질과 결합한 상태로 존재하는데, 즉 특정 단백질의 구성요소

Ministry of Health and Welfare in 2018–2020.

#### Conflict of Interest

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

로서 단백질의 구조를 안정화함으로써 다양한 세포대사 기능과 생체 반응 조절에 관여하고 있다 [1-3]. 아연은 세포막을 통한 이동을 조절함으로써 세포 내외 및 혈액의 아연 농도 항상성을 유지하고 있다. 아연은 체내 300여개 이상 효소의 구성성분으로서 다양한 효소의 촉매작용을 도와 인체 성장과 발달에 필수적이며, DNA 합성 조절, 면역기능 향상 등의 생리대사 기능에도 관여하고 있다. 또한 전사인자단백질의 구성요소로서 RNA 합성을 조절함으로써 유전자 발현을 조절하고 있다 [2,4]. 다양한 체내 효소들의 구성성분이면서 전사인자단백질의 구성요소인 아연이 부족하면 인체 전반적으로 성장과 발달이 지연되며, 면역력 감소와 면역저하에 따른 염증, 설사, 식욕감퇴 및 신경장애 등의 증상을 보이게 된다 [5,6].

우리나라에서 아연에 대한 영양권장량이 제시된 것은 1차 영양권장량 제정이 시작된 1995년부터이며, 이후 5년마다 개정 작업에 의해서 아연에 대한 권장섭취량 (recommended dietary allowance, RDA) 및 영양소 섭취기준 (Dietary Reference Intakes for Koreans, KDRIs)이 제시되고 있다. 아연 권장섭취량이 제정되었던 2000년도 이전에는 나라의 경제적 여건과 식생활 환경이 성장하는 아동과 청소년을 포함하여 전 국민이 아연 섭취량을 충족하기 어려운 상황이었으며, 따라서 아연 영양권장량은 충분한 아연 섭취를 위한 권장섭취량 제시가 목적이었다. 이후, 2000년도부터는 국가의 경제적 발전과 더불어 식생활 수준도 향상되었으며 국민들도 권장섭취량과 더불어 건강 유지와 질병을 예방할 수 있는 질병영양학적 관점에 더 관심을 가지게 되었다. 이에 부응하고자 영양소 섭취기준에 대한 제시가 필요하게 되었으며, 아연도 이에 준하여 섭취기준을 정하고 제시하게 되었다 [7-9]. 아연은 기본적인 인체 생리대사 기능 이외에 최근에는 선진국 노령사회에서 많이 나타나는 당뇨병 [10], 심혈관 질환 [11], 골다공증 [12] 및 치매 [13]와 같은 만성질환에 대한 방어기능과 면역에 대한 분자생물학적 기능 등에 대한 연구결과가 보고되고 있으며, 코로나 바이러스 감염에 따른 호흡기 질환에 대한 연구도 보고되고 있는 바 [14], 아연에 대한 다양한 새로운 연구결과들이 아연 섭취량 설정 근거에 대한 또 다른 중요한 기준을 제시하는데 도움을 주고 있다 [15-18].

본 종설에서는 2020 한국인 영양소 섭취기준을 설정함에 있어서 아연 섭취기준의 설정 근거 및 지표에 대해서 설명하고, 개정 과정에 나타난 제한점 및 주요 이슈를 분석하여 향후 2025년 한국인 아연 섭취기준을 보다 잘 설정하기 위한 근거의 소개와 제언을 하고자 한다.

## 2020 한국인 아연 섭취기준 설정 및 근거

2020 한국인 아연 섭취기준 설정에는 국외 및 국내 KDRIs 연구보고를 고려하여 다음의 4가지 섭취량 기준과 근거를 제시하였다 [19-23].

첫째, 평균필요량 (estimated adequate requirement, EAR)은 생체의 정상적 기능을 위해서 기본적으로 필요로 하는 아연 섭취량으로서 부족 시 임상적 증상이 나타날 수 있으며, 보통 이 정도 섭취수준이면 아연결핍증에 쉽게 걸리지 않는 섭취기준량이다. 즉, 대상집단을 구성하는 건강한 사람들 절반에 해당하는 사람들의 일일 필요량 수준이다. 평균필요량 설정 시에는 아연의 인체 내 기능과 질병에 대한 연구결과와 인체내 아연필요량에 영향을 끼치는 요인들을 고려한 분석들과 요인가산법 (factorial approach)을 활용하였다 [19,20].

둘째, 권장섭취량 (recommended nutrient intakes, RNI)은 평균필요량보다 높게 설정되며 권장섭취량 수준으로 섭취하였을 때는 아연 결핍증이 나타날 경우가 낮다. 보통 성별, 연령군 별 거의 모든 건강한 사람의 영양소 필요량을 충족시키는데 필요한 일일 섭취량이다. 권장섭취량 산출 시에는 변이계수 (coefficient of variation, 표준편차  $[\sigma]$ 를 평균으로 나눈 값) 10~20%를 추가로 적용하여 산출하였다 [20].

셋째, 충분섭취량 (adequate intake, AI)은 영양소 필요량에 대한 연구자료가 부족할 경우에 제시되는 섭취 기준량으로서 아연의 경우에는 영아 0~5개월 경우에 충분섭취량을 제시하고 있다.

넷째, 상한섭취량 (tolerable upper intake level, UL)은 인체건강에 유해 영향이 나타나지 않는 최대 섭취수준으로 제시되고 있다. 상한섭취량 산출 시에는 불확실계수를 고려하여 추정하였다. 불확실계수 (uncertainty factor)는 동물실험을 통해 사람의 영양소 등에 대한 일일 섭취량을 구할 때 여러 가지 불확정 요소를 고려하여 정한 보정 계수로 불확정 요소로는 동물실험의 방법, 자료 완성도, 동물과 사람의 감수성 차이, 개체별 차이 등이 고려된다 [20].

### 아연 섭취기준 산출을 위한 지표 설정

아연 평균필요량은 인체의 정상적 생리기능을 위해서 필요한 기본 섭취량으로 아연 평균섭취량을 산출하는데 필요한 지표들과 영향을 미치는 요인들에 대해서 **Table 1**에 나타내었다. 아연 평균필요량 산출에 고려되어야 하는 일차적 지표들로는 1) 소화기관을 통한 아연 손실, 2) 소변 중 아연 손실, 3) 남성의 정액 및 여성의 월경액을 통한 아연 손실, 4) 성장과 발달에 따른 아연 보충, 5) 체내아연 흡수율 등이다. 손실된 아연의 양이 많고, 아연 흡수율이 낮을 경우에는 보충되어야 하고, 이유 및 성장발달 시기에는 추가로 산출되어야 하므로 본 2020 개정에서는 이러한 모든 지표 요인들을 고려하여 요인가산법으로 아연 필요량을 산출하였다. 이차적 아연 지표들은 인체 생리적 기능으로서 아연 섭취량 설정을 위한 것으로서 분석들에서 충분히 고려되어야 하며 나이, 성별, 인종 등에 대한 차이가 있을 수 있으므로 관련된 연구 부족이 가장 제한점으로 거론되고 있다 [24,25]. 그 외 아연의 직접적인 지표는 아니나 아연 섭취량에 영향을 주는 요인들로서 아연 생체이용률, 아연과 길항작용이 있는 영양소와의 관계 (주로 같은 2가 양이온들), 그리고 아연의 흡수율을 저해하는 피틴산 (phytate) 및 식이 섬유 섭취량 등이 있으며, 일부 유럽에서는 피틴산의 섭취 수준에 따라서 아연섭취량을 달리 제시하는 경우도 있으나 [24,25], 한국인 아연 섭취기준에서는 이들 요인들은 아직 적용되고 있지 않다.

### 기준체위 적용

지난 2015년 아연 섭취기준 설정 이후에 변화된 기준체위를 반영하고자 체위분과에서 제시된 2020 한국인 영양소 섭취기준을 위한 체위기준 수치를 참고하여 체중을 고려한 아연 섭취량을 산출하였다. 이는 인체의 세포대사에 필요한 아연 섭취 수준이며 기준체위 변화로 인해서 아연 필요량도 변경됨을 고려하였다. 체위기준 참고치는 0-18세까지는 '2017 소아·청소년 신체발육표준치'를, 19세 이상은 '최근 5년 (2013-2017) 국민건강영양조사자료 중 건강한 성인 기준 (body mass index, 18.5-24.9 kg/m<sup>2</sup>)에 적합한 대상자의 체질량지수에서 중위수'를 적용하였다.

**Table 1.** Indicators for estimating and factors for affecting Zn requirements

Indicators		Factors affecting Zn requirement
Principal indicators <sup>1),2)</sup>	Secondary indicators <sup>3)</sup>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requirement for growth</li> <li>■ Absorption rate (%)</li> <li>■ Zn loss via intestinal tract</li> <li>■ Zn loss via urine</li> <li>■ Zn loss in semen (male)</li> <li>■ Zn loss in menstruation (female)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Physical growth response to Zn supplementation</li> <li>■ Size and turnover rates of Zn pool</li> <li>■ Plasma and serum Zn concentration</li> <li>■ Erythrocyte Zn concentration</li> <li>■ Hair Zn concentration</li> <li>■ Zn-dependent enzyme activity</li> <li>■ Metallothionein and Zn-regulated gene marker proteins</li> <li>■ Indexes for immune status</li> <li>■ Hormone</li> <li>■ Hepatic proteins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zn bioavailability</li> <li>■ Phytate and fiber intakes etc.</li> <li>■ Nutrient-nutrient interaction (Fe, Cu, Ca, and P, etc.)</li> </ul>

Zn, zinc; EAR, estimated adequate requirement; Fe, iron; Cu, copper; Ca, calcium; P, phosphorus.

<sup>1)</sup>The selection of Zn absorption (the minimal quantity of absorbed Zn necessary to match total daily excretion of endogenous Zn) as the principal indicator for adult EAR is based on the evaluation of 'factorial approach' to determining Zn requirements. This approach includes the calculation of non-intestinal losses of endogenous zinc. These criteria are used for the calculation for Zn requirement.

<sup>2)</sup>By factorial approach, these indicators are calculated to determine proper Zn requirement per day based on body weight.

<sup>3)</sup>These are the indicators for Zn status in consideration but actually they are not used directly for Zn requirement calculation.

### 2015 및 2020 아연 섭취기준 비교

2015 및 2020 아연 섭취기준은 **Table 2**에 제시되어 있다. 2015 및 2020 개정을 비교함에 있어서 두 가지 점에 대한 설명은 다음과 같다. 첫째, 2015년에 비해서 변화된 섭취기준량은 진하게 밑줄 표시하였으며 이러한 변화 수치는 지난 5년간 기준치위 변화에 따른 아연 필요량 수치라고 해석된다. 둘째는 2020년에 변화된 수치 옆 괄호 안은 반올림 되기 전 수치를 제시하였다. 2020 영양소 섭취기준량 설정에서 아연 필요량 수치도 다른 무기질과 같이 소수점 첫째 자리에서 반올림함을 원칙으로 하였던 바, 원래 수치와 반올림 된 수치와의 차이가 경우에 따라서 큰 경우가 있었다. 이는 아연이 인체 내에 미량으로 존재하고 따라서 필요량도 미량이라는 점에서 볼 때, 소수점 첫째 자리보다는 둘째 자리 정도에서 반올림함으로써 유효숫자를 늘려 주는 것이 필요하며, 미량인 만큼 적은 섭취량이라도 아동이나 노인 등에서는 영향을 미칠 수 있다고 생각된다. 또한 유효숫자 (significant digit)는 측정이나 연산에 있어서 그 측정 결과나 연산 결과의 정밀도를 주기 위한 숫자이기 때문에 유효숫자를 늘려주는 것이 아연필요량을 더 정확하게 제시하는 방법일 수도 있다. 예를 들어 아연의 일일 평균필요량이 8.52 mg인 경우 현재는 9 mg으로 표시되나 8.5 mg으로 표시됨이 더 정확할 수 있다. 미국 [19,20]과 영국 [24-26], 유럽연합 [27,28]에서 아연 필요량 수치 제시는 소수 첫째 자리까지 표시되고 있다. 현재 미국은 성인 일일 평균필요량의 경우 남자는 9.4 mg, 여자는 6.8 mg으로 제시하고 있다 [19].

### 아연 섭취기준 변화 (1995-2020)

**Table 3**에는 지난 25년간 우리나라 아연 권장량 및 섭취기준 변화와 이에 따른 1인당 국민총생산 변화를 제시하였다 [29]. 아연은 동물성 식품에 많이 존재하는 영양소로서 국민의 식생활 수준이 좋아지면 섭취량도 일반적으로 증가하나 [19,24], 우리나라 국민건강영양조사에서는 아직 아연 섭취량이 보고되고 있지 않아 확인은 어렵다 [10,30]. 표에서 보면 두 가지 특징이 나타나는데, 첫째는 국민 경제수준이 높아질수록 즉, 2000년 이전의 영양소 권장량 (RDA) 제정에 비하여, 2000년대 이후 아연 섭취기준 (2005-2015)이 다소 감소한 수준으로 제시되고 있다 (EAR & RNI). 이는 1인당 국내총생산 (gross domestic product, GDP)이 낮은 시기에는 영양 결핍 시대로서 아연 섭취량도 부족되기 쉽고, 아연 급원도 주로 식물성 식품이어서 낮은 아연 생체이용률 저하 등을 고려하여 충분한 수준의 영양권장량을 제시하는 반면,

**Table 2.** 2015 and 2020 KDRIs: zinc<sup>1)</sup>

Age	2015 KDRIs Zn (mg/day)				2020 KDRIs Zn (mg/day)				Intake changed
	EAR	RNI	AI	UL	EAR	RNI	AI	UL	
<b>Infants (mon)</b>									
0-5			2				2		
6-12	2	3			2	3			
<b>Children (yrs)</b>									
1-2	2	3		6	2	3		6	
3-5	3	4		9	3	4		9	
<b>Male (yrs)<sup>2)</sup></b>									
6-8	5	<u>6</u>		13	5	<u>5 (5.48)</u>		13	○
9-11	7	8		<u>20</u>	7	8		<u>19 (18.9)</u>	○
12-14	7	8		<u>30</u>	7	8		<u>27 (26.7)</u>	○
15-18	8	10		<u>35</u>	8	10		<u>33 (32.7)</u>	○
19-29	<u>8</u>	10		35	<u>9 (8.52)</u>	10		35	○
39-49	8	10		35	8	10		35	
50-62	8	<u>9</u>		35	8	<u>10 (9.59)</u>		35	○
65-74	<u>7</u>	9		35	<u>8 (7.99)</u>	9		35	○
75+	7	9		35	7	9		35	
<b>Female (yrs)<sup>2)</sup></b>									
6-8	4	5		13	4	5		13	
9-11	<u>6</u>	8		<u>20</u>	<u>7 (6.52)</u>	8		<u>19 (18.9)</u>	○
12-14	6	8		<u>25</u>	6	8		<u>27 (26.7)</u>	○
15-18	7	9		<u>30</u>	7	9		<u>33 (32.7)</u>	○
19-29	7	8		35	7	8		35	
39-49	7	8		35	7	8		35	
50-62	6	<u>7</u>		35	6	<u>8 (7.56)</u>		35	○
65-74	6	7		35	6	7		35	
75+	6	7		35	6	7		35	
Pregnant	+2.0	+2.5		35	+2.0	+2.5		35	
Lactation	+4.0	+5.0		35	+4.0	+5.0		35	

KDRIs, Dietary Reference Intakes for Koreans; Zn, zinc; EAR, estimated average requirement; RNI recommended nutrient intake; AI, adequate intake; UL tolerable upper intake level.

<sup>1)</sup>The values written in bold and underlined are the values which are changed in 2020 KDRIs, compared to 2015 KDRIs. The values in the parenthesis are the original values which were not rounded up.

<sup>2)</sup>For male and female classification: a) the growth period: 6-8, 9-11, 12-14 years groups; b) the adolescence and adult period: 15-18, 19-29, 30-49, 50-62 years groups; and c) the elderly period: 65-74, 75+ years groups.

1인당 GDP가 높아지면 육류 섭취 등으로 아연 섭취량이 높아지는 경우가 일반적이며 따라서 요인가산법에 의한 필요량에 근거해서 섭취기준이 제시되는 경우이다. 국민체위가 향상되면 신체가 필요로 하는 아연 섭취기준도 증가되는 바, 2020 KDRIs 남성의 경우에 이러한 경향이 나타나고 있다. 경제발전에 따라 아연의 섭취 증가는 일반적이며, 2015 KDRIs까지는 아연섭취량의 확인이 없는 제정이었고, 2020 KDRIs 개정에서도 국민건강영양조사의 아연섭취

**Table 3.** Zinc RDA/KDRIs and GDP in South Korea (1995-2020, mg/day)

Variables	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Type	RDA	RDA	KDRIs	KDRIs	KDRIs	KDRIs
Adult (19-75 yrs)	Men 15	Men 12	Men	Men	Men	Men
			EAR: 7.2-8.4	EAR: 7.2-8.4	EAR: 7-8	EAR: 8-9
			RNI: 9-10	RNI: 9-10	RNI: 9-10	RNI: 9-10
			UL: 35	UL: 35	UL: 35	UL: 35
	Women 12	Women 10	Women	Women	Women	Women
			EAR: 6.0-7.2	EAR: 6.0-7.2	EAR: 6-7	EAR: 6-7
			RNI: 7-8	RNI: 7-8	RNI: 7-8	RNI: 7-8
			UL: 35	UL: 35	UL: 35	UL: 35
GDP (per capita, \$)	12,300	11,900	18,600	22,100	27,100	31,000

GDP, gross domestic product; RDA, recommended dietary allowance; KDRIs, Dietary Reference Intakes for Koreans; EAR, estimated average requirement; RNI recommended nutrient intake; AI, adequate intake; UL tolerable upper intake level.

취량에 대한 통계가 가능하지 않아서 기존과 비슷한 수준으로 책정하게 되었다. 따라서 앞으로 국민건강영양조사에서 아연섭취량에 대한 평가와 분석은 꼭 필요하다. 둘째로는 아연 상한섭취량이 20여년 이상 35 mg/day로 제시되고 있는데, 근래에 와서는 식품으로부터의 아연 섭취량 향상과 더불어 영양보충제 등을 통한 아연 섭취량도 증가하는 바, 이에 대한 논의도 필요하다고 생각된다. 아연은 체내에서 체액, 세포 내외 간에 농도 항상성이 잘 유지되는 무기질이며, 식품으로 섭취한 경우에 유해한 수준까지 가기는 어려운 편이나, 장기간 강화 식품 또는 보충제 등으로 인한 과량 섭취에 대한 기준 제시는 필요한 시점이라고 생각된다.

## 2025 아연 섭취기준 설정을 위한 제안

위에서 언급된 내용을 종합하여 향후 2025년 한국인 아연 섭취기준량 설정을 위하여 다음과 같은 제언을 한다.

### 아연 필요량 유효숫자 자릿수

2020 한국인 아연 섭취기준의 수치는 소수점 첫째 자리에서 반올림되어 제시되고 있으며 아연 평균필요량과 권장섭취량은 6-10 mg/day이고, 상한섭취량은 35 mg/day로 제시되고 있다. 아연은 미량무기질이라 섭취량도 소량으로 정확하고 예민하게 설정되어야 하며 소수 둘째 자리에서 반올림하여 소수 첫째 자리까지 표시하는 것이 아연 섭취기준의 유효숫자 의미를 높일 수 있다.

### 아연 분석틀 강화

아연 섭취기준을 정확하게 산출하기 위해서는 아연 섭취에 영향을 미치는 다양한 요인들을 포함한 아연 분석틀의 작성이 필수적이다. 이 분석틀의 작성에는 아연 섭취 급원, 아연 체내손실량, 아연에 대한 노출지표 (indicator of exposure), 아연 건강판정지표 (surrogate/intermediate outcome), 아연 건강상태 또는 임상적 지표 (health outcome/clinical outcome)가 제시되어야 하며, 이러한 요인들에 관하여 보다 더 정확하고 심화된 분석 결과로 작성된 아연 분석틀이 요구된다.

### 요인가산법과 외삽법 활용

아연 섭취기준 산출을 위하여 현재 한국 (KDRIs)은 주로 요인가산법, 미국 (US-DRI)은 요인가산법과 요인에 근거한 외삽법 (extrapolation), 일본 (J-DRI)은 외삽법을 활용하고 있다. 요인가산법은 아연 필요량에 관한 요인들을 고려한 산출 방법이고 외삽법은 자료가 한정되어 있어서 그 이상의 한계를 넘는 값을 얻고자 할 때 쓰는 방법으로 현 시점에서 확장하여 이전의 경험이나 이전 실험에서 얻은 데이터들을 활용하여 아직 경험/실험하지 못한 경우를 예측해 보는 기법이다 [20]. 한국 아연 섭취기준도 특히, 영아와 노인에게는 필요한 경우에 외삽법을 고려하고 있다. 2025년 아연 필요량 개정에서는 요인가산법과 외삽법에 대한 심도 있는 논의와 분석을 통해 보다 더 정확한 아연 필요량이 제시되어야 한다.

### 아연 임상연구 및 인체평형연구에 대한 문헌

아연 분석틀 작성과 요인가산법은 아연 평균필요량 산출의 가장 기본적인 접근이다. 2020 아연 섭취기준 산정에서는 아연 필요량 산출을 위하여 활용할 수 있는 임상연구 및 인체평형

연구가 국내외적으로 충분히 보고되어 있지 않고, 특히 한국인을 대상으로 하는 아연의 섭취량, 흡수량, 배설량에 대한 평형연구가 매우 제한적이어서 이에 대한 추후 보강이 필요하다. 또한 한국인의 체위, 아연 영양상태, 아연 섭취에 영향을 미치는 식사형태 등에 대한 자료가 부족하고 국민건강영양조사에서도 아연섭취량은 아직 분석, 보고되지 않고 있다. 따라서 향후 아연 필요량 섭취기준 설정에는 이들 분야의 연구들이 보강됨이 요구된다. 이 외 상한섭취량 설정에 대한 근거자료의 부족 등도 제한점으로 제기되었는 바 [31], 이에 대한 보강의 필요하다. 건강기능식품 복용 증가에 따른 식품급원 이외 아연섭취량이 증가되었을 것으로 예상되나 영양보충제에 대한 아연 섭취량이 정확하게 보고되지 않아서 상한섭취량 산출이 제한적이다.

2020 아연 평균필요량 (EAR)은 인체에 필요한 아연의 양을 정하기 위해서 아연 관련 문헌의 질 평가를 한 다음, 두 단계를 거쳐서 산출되었다: 1) 아연 필요량을 산출할 수 있는 아연 분석틀 작성과 2) 아연 필요량에 영향을 끼치는 요인들을 고려하여 산출하는 요인가산법에 의해서 아연 필요량을 설정하였다. 그런 다음에 2015 섭취기준 이후 변화된 국민의 기준체위를 고려하여 체중 변화에 따른 아연 필요량을 추가로 고려하여 산출하였다. 권장섭취량 (RNI)은 평균필요량에 변이계수 10–20%를 가산하여 산출하였다. 2020 한국인 아연 섭취기준 (KDRIs) 설정에 대한 한계점과 설정 과정에서 경험된 내용을 바탕으로 향후 아연 섭취기준 설정의 발전을 위해서 다음과 같은 제언을 하고자 한다. 첫째, 아연이 인체내 미량 무기질을 감안하여 현재 정수 표기 형태보다는 (예, 성인 필요량 기준 6–9 mg/day) 소수 첫째자리까지 표시될 수 있도록 유효숫자 표시 자리수를 높이는 것이 필요하다. 둘째, 아연 필요량을 보다 정확하게 산출하기 위해서는 아연 분석틀 작성에 대한 심도 있는 논의와 분석이 필요하다. 셋째, 아연 필요량 산출에 활용하는 요인가산법 내용과 실제 연구결과가 부족할 경우, 확대하여 적용하는 외삽법에 관하여 심도있는 분석 및 논의가 필요하다. 마지막으로 아연 임상연구 및 인체평형연구 (아연 섭취량, 배설량, 흡수율 등)에 대한 보강이 필요하다. 그 외 건강기능식품 섭취 증가로 인한 비식품 아연 섭취량을 고려한 상한섭취량 산출 등의 필요성을 제언하고자 한다.

## REFERENCES

1. Maret W. Zinc in cellular regulation: the nature and significance of “Zinc Signals”. *Int J Mol Sci* 2017; 18(11): 2285-2296.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
2. Sandstrom B, Lonnerdal B. Promoters and antagonists of zinc absorption. In: Mills CF, editor. *Zinc in Human Biology*. New York (NY): Springer-Verlag; 1989. p. 57-78.
3. Holt RR, Uriu-Adams JY, Keen CL. Zinc. Erdman JW Jr, MacDonald IA, Zeisel SH, editors. *Present Knowledge in Nutrition*, 10th ed. Washington, D.C.: International Life Science Institute-Nutrition Foundation; 2012. p.521-539.
4. Nimmanon T, Ziliotto S, Ogle O, Burt A, Gee JM, Andrews GK, et al. The ZIP6/ZIP10 heteromer is essential for the zinc-mediated trigger of mitosis. *Cell Mol Life Sci* 2021; 78(4): 1781-1798.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Hambidge KM. Mild zinc deficiency in human subjects. In: Mills CF, editor. *Zinc in Human Biology*. New York (NY): Springer-Verlag; 1989. p.281-296.
6. Gupta S, Brazier AK, Lowe NM. Zinc deficiency in low- and middle-income countries: prevalence and approaches for mitigation. *J Hum Nutr Diet* 2020; 33(5): 624-643.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

7. The Korean Nutrition Society. 2015 Dietary Reference Intakes for Koreans. 4th rev. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2015.
8. The Korean Nutrition Society. 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: Minerals. 5th rev. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2020.
9. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). The report for Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNAHANES). Cheongju: KDCA; 2019.
10. Fernández-Cao JC, Warthon-Medina M, H Moran V, Arija V, Doepking C, Serra-Majem L, et al. Zinc intake and status and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2019; 11(5): 1027.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Allen-Redpath K, Ou O, Beattie JH, Kwun IS, Feldmann J, Nixon GF. Marginal dietary zinc deficiency in vivo induces vascular smooth muscle cell apoptosis in large arteries. *Cardiovasc Res* 2013; 99(3): 525-534.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Alcantara EH, Lomeda RA, Feldmann J, Nixon GF, Beattie JH, Kwun IS. Zinc deprivation inhibits extracellular matrix calcification through decreased synthesis of matrix proteins in osteoblasts. *Mol Nutr Food Res* 2011; 55(10): 1552-1560.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. Cole TB, Wenzel HJ, Kafer KE, Schwartzkroin PA, Palmiter RD. Elimination of zinc from synaptic vesicles in the intact mouse brain by disruption of the ZnT3 gene. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1999; 96(4): 1716-1721.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. Skalny AV, Rink L, Ajsuvakova OP, Aschner M, Gritsenko VA, Alekseenko SI, et al. Zinc and respiratory tract infections: Perspectives for COVID-19 (review). *Int J Mol Med* 2020; 46(1): 17-26.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
15. Beattie JH, Malavolta M, Korichneva I. Zinc. In: Malavolta M, Mocchegiani E, editors. *Trace Elements and Minerals in Health and Longevity*. Cham: Springer; 2018. p.99-132.
16. Giedroc DP, Keating KM, Martin CT, Williams KR, Coleman JE. Zinc metalloproteins involved in replication and transcription. *J Inorg Biochem* 1986; 28(2-3): 155-169.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Gammoh NZ, Rink L. Zinc in infection and inflammation. *Nutrients* 2017; 9(6): 624.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
18. Kim YR, Kim YH. Therapeutic effects of zinc on patients who have sudden sensorineural hearing loss with normal serum zinc level. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2015; 58(12): 831-835.  
[CROSSREF](#)
19. The National Academy Press. Zn. In: *Dietary Reference Intakes*. Washing, D.C.: The National Academy Press; 2001. p.442-501.
20. National Institute of Health. Zinc - Health Professional Fact Sheet (nih.gov) [Internet]. Bethesda (MD): National Institute of Health; 2021 [cited 2021 Sep 26]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/#h2>.
21. Kumanyika S, Oria MP. Guiding principles for developing dietary reference intakes based on chronic disease. Washington, D.C.: The National Academies Press; 2017. p.89-107.
22. King JC, Brown KH, Gibson RS, Krebs NF, Lowe NM, Siekmann JH, et al. Biomarkers of nutrition for development (BOND)-zinc review. *J Nutr* 2015; 146(4): 858S-885S.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Gibson RS, King JC, Lowe N. A review of dietary zinc recommendations. *Food Nutr Bull* 2016; 37(4): 443-460.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on dietary reference values for zinc. FESA Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA J* 2014; 12(10): 3844.  
[CROSSREF](#)
25. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary reference values for nutrients summary report. *EFSA Support Publ* 2017; 14(12): e15121E.  
[CROSSREF](#)
26. Salmon J; Department of Health. *Dietary reference values: a guide*. London: HMSO; 1991. p.1-24.
27. Lowe NM, Dykes FC, Skinner AL, Patel S, Warthon-Medina M, Decsi T, et al. EURRECA-Estimating zinc requirements for deriving dietary reference values. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2013; 53(10): 1110-1123.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Bel-Serrat S, Stammers AL, Warthon-Medina M, Moran VH, Iglesia-Altaba I, Hermoso M, et al. Factors that affect zinc bioavailability and losses in adult and elderly populations. *Nutr Rev* 2014; 72(5): 334-352.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)



29. Statistics Korea. GDP per capita in South Koreans [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; c2022 [cited 2022 Jul 4]. Available from: <https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4221>.
30. National Institute of Agricultural Sciences. Korean food composition database 9.2 [Internet]. Wanju: National Institute of Agricultural Sciences; c2022 [cited 2020 Jul 7]. Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctIntro/list?menuId=PS03562#>.
31. Chung HY, Lee MK, Kim W, Choi MK, Kim SH, Kim E, et al. Issues pertaining to Mg, Zn and Cu in the 2020 dietary reference intakes for Koreans. *Nutr Res Pract* 2022; 16(Suppl 1): S113-S125.  
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)