

Research Article



한국인 상용 식품의 요오드 데이터베이스 업데이트와 이를 활용한 한국 성인의 요오드 섭취량 및 배설량 평가: 2013-2015 국민건강영양조사자료를 이용하여

최지연 ¹, 주달래 ², 송윤주 ¹

¹가톨릭대학교 식품영양학과
²서울특별시보라매병원 영양실

OPEN ACCESS

Received: Apr 1, 2020
Revised: May 19, 2020
Accepted: May 20, 2020

Correspondence to

YoonJu Song

Department of Food Science and Nutrition,
The Catholic University of Korea, 43 Jibong-ro,
Wonmi-gu, Bucheon 14662, Korea.
Tel: +82-2-2164-4681
E-mail: yjsong@catholic.ac.kr

© 2020 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

Ji Yeon Choi
<https://orcid.org/0000-0001-9220-3339>
Dal Lae Ju
<https://orcid.org/0000-0002-3251-0932>
YoonJu Song
<https://orcid.org/0000-0002-4764-5864>

Funding

This work was supported by grants for the Catholic University of Korea, the Research Fund 2020.

Conflict of Interest

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

Revision of an iodine database for Korean foods and evaluation of dietary iodine and urinary iodine in Korean adults using 2013-2015 Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Ji Yeon Choi ¹, Dal Lae Ju ², and YoonJu Song ¹

¹Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Bucheon 14662, Korea
²Department of Nutrition, SMG-SNU Boramae Medical Center, Seoul 07061, Korea

ABSTRACT

Purpose: Variations in the iodine contents of foods is critical for estimating the iodine intake. This study aimed to update the iodine database of common Korean foods and evaluated the iodine intake in Korean adults.

Methods: A list of 855 Korean foods was selected for the updated iodine database. The updated database was established with Version 1 and 2 by applying an average or minimum value for the imputed values. The iodine intake was estimated in 5,927 Korean adults using the data from the 2013-2015 Korea National Health and Nutrition Examination Survey.

Results: The analytical values in the updated database were 166 (19.4%), followed in order by 318 (37.2%), 247 (28.9%), and 124 (14.5%) for the adapted, imputed, and missing values, respectively. The median of dietary iodine intake was 352.1 µg/day (± 2,166.1) and 343.4 µg/day (± 2,161.9) in Version 1 and 2 among the total population. The contribution rates of each food group to the iodine intake were 55.7% for seaweeds, which showed a similar trend in Version 2. When subjects were divided by consumption of seaweeds, the median iodine intake was 495.7 µg in the consumer group, which was almost double (241.2 µg) that of the non-consumer group. The proportion of subjects who consumed below the Estimated

Average Requirement of iodine was 11.0% in the non-consumer group. In contrast, 11.6% in the consumer group of seaweed consumed above the Upper Level of iodine. When the dietary iodine and urinary iodine were examined, the regression coefficient was 0.11718 in Version 1 and 0.11512 in Version 2 after adjusting for age and sex.

Conclusion: This study presented the variation of iodine intake in Korean adults by applying different versions of the iodine database. As the iodine intake can vary due to the highly variable concentrations in the major food sources, an iodine database is necessary to be monitored, and caution should be taken when the database is used in research.

Keywords: iodine intake, database, iodine, urine, Koreans

서론

영양소 데이터베이스는 국내의 식품 성분자료를 활용하여 식품 100 g당 영양소함량 자료를 데이터베이스화해 놓은 것을 지칭하며, 한국의 경우는 농촌진흥청에서 발간하는 국가표준 식품성분표를 기본으로 하여 국내외 연구기관이 각 필요에 맞게 영양소별 데이터베이스를 구축하여 활용하고 있다 [1].

요오드와 같은 미량영양소는 그동안 식품성분표에 일부 식품에만 수치가 수록되어 있어 국민건강영양조사 (이하 국건영)와 같은 한국인의 대표적인 식사섭취 자료에서 평가되지 못하는 영양소이다. 일부 연구자들이 식품성분표의 자료와 국내의 참고자료를 이용하여 요오드 데이터베이스를 개별로 구축하여 섭취량을 평가하였는데, Han 등 [2]은 제4기 국건영을 이용하여 상용 식품 667개에 대한 요오드 데이터베이스를 구축하여 한국인의 요오드 섭취량 수준을 평가하였고, 20세 이상 성인의 1일 요오드 평균 섭취량은 837.5 μg 으로 보고하였다 [2]. 한국인의 요오드 섭취수준을 평가한 논문은 공식적인 요오드 데이터베이스 부재로 극히 드물지만, 요오드는 한국인이 즐겨 섭취하는 해조류에 많이 들어있기 때문에 높은 것으로 추정된다. 한국과 비슷한 식습관을 가진 일본의 경우 성인의 요오드 평균섭취량이 남자 670 $\mu\text{g}/\text{일}$, 여자 539 $\mu\text{g}/\text{일}$ [3]인 반면, 프랑스의 코호트 자료를 사용하여 계산한 Mancini 등 [4]의 연구는 요오드 평균 섭취량을 155.6 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 보고하였다.

농촌진흥청은 최근 식품성분표 9차 개정을 발표하였는데 요오드 수치를 가진 식품의 수가 증가하였다 [5,6]. 국가표준식품성분표는 1970년에 최초로 발표된 이후 1981년부터 5년 단위로 개정되고 있는데, 식품성분표에서 다루고 있는 영양소는 총 43종으로 1편 수록 성분은 일반성분, 아미노산, 지방산 등이고 2편 수록 성분은 무기질, 비타민이 있다. 미량영양소인 요오드의 경우 제7차 식품성분표부터 2편에 수록되기 시작하였는데 총 2,505개의 식품 중에 불과 65개 식품 (2.6%)만 수치가 있다가 9차 개정에서야 총 3,000개의 식품 중 1,047개의 식품 (34.9%)에 수치가 수록되었다 [5,6]. 요오드와 같은 미량영양소들은 식품성분표에 수록된 수치로만은 한국 사람들의 요오드 섭취를 정확하게 추정하기 어렵다. 그러므로 한국 사람들의 요오드 섭취를 제대로 평가하기 위해서 식품성분표 자료와 함께 국내외 참고문헌을 사용하여 상용 식품에 대한 요오드 데이터베이스를 구축하여 활용하여야 한다.

영양소 데이터베이스 구축 시에는 여러 참고문헌에서 수치를 가져오므로 참고문헌에 대한 우선순위를 적용하게 된다. 요오드의 경우, 한국인 상용 식품에 대한 분석값을 우선으로 고

려하게 되고, 그 이외의 값들은 기존에 발표된 문헌들을 활용하거나 유사식품이나 레시피 등을 이용하여 대입 또는 대체를 통하여 데이터베이스를 구축하게 된다. 그러므로 영양소 데이터베이스는 새로운 분석방법이나 새로운 식품들의 값들을 꾸준히 관찰할 필요가 있고 주기적으로 데이터베이스를 관리하고 개정하는 것이 필요하다. 이는 데이터베이스 구축 시 선정하는 요오드 함량 값의 차이가 성인의 요오드 섭취수준의 차이를 가져올 수 있기 때문이다. 벨기에 미취학 아동을 대상으로 한 Vandevijvere 등 [7]의 연구에 따르면, 요오드 데이터베이스가 부재하여 인근 나라인 영국과 독일의 요오드 데이터베이스를 사용하여 요오드 섭취수준을 평가하였는데, 서구 사람들의 주된 요오드 섭취 기어식품인 우유 및 유제품의 경우 두 요오드 데이터베이스 간 8-30 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ 정도 값 차이가 있었고, 이에 따라 대상자의 섭취량도 약 55 $\mu\text{g}/\text{일}$ 의 차이가 났다. 또 다른 Carriquiry 등 [8]의 연구에서는 요오드 함량이 높은 8종 식품에 대해서 연도별, 지역별로 요오드 함량 값을 측정된 결과 12.9%, 19.2% 정도 차이가 있는 것으로 보고하였다. 특히 미량영양소인 요오드의 경우 식품별로 함유된 값이 매우 소량이므로 정확한 방법으로 분석해야 오차를 최소화할 수 있다. Ershow 등 [9]은 요오드 데이터베이스를 계획하는 단계에서 사용할 식품 표본의 다양성, 요오드 분석방법, 통계적 접근법이 중요하게 고려되어야 한다고 주장하였다. 식품의 요오드 분석방법으로 기존에 고주파 유도 결합 플라즈마-질량분석기 (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS), 이온선택전극법 (Iodine Specific ion Electrode, ISE), 중성자 방사화 분석 (Neutron Activation Analysis, NAA) 등이 사용되어 왔으나 [10], 2013년 국제분석화학회 (Association of Official Analytical Chemists)에서 ICP-MS 분석법을 요오드 표준분석법으로 확립하였다 [11]. ICP-MS 분석법은 약 알칼리를 사용하여 요오드를 안정화되도록 하며 저농도에서 고농도까지 다양한 농도에서 분석할 수 있다는 장점이 있다 [12].

한국인의 경우 요오드의 주요한 급원 식품이 해조류인데, Han 등 [2]의 연구에 따르면 한국 성인은 해조류에서 전체 요오드의 65.5%를 섭취하고 있다. 2017년 호주 뉴사우스웨일스주 보건부는 한국계 산모들이 미역국을 지나치게 많이 섭취하는 것은 위험하다는 경고문을 발표하기도 하였다 [13]. 이를 통해 한국인의 요오드 섭취수준을 평가하는데 해조류의 요오드 함량 값이 중요함을 알 수 있다. Ershow 등 [9]의 연구에서는 해조류의 경우 채취한 시기와 장소 등에 따라 요오드 함량에 차이가 크게 나타나기 때문에 하나의 식품에 대하여 다양하고 많은 수의 분석표본을 사용하는 것이 해조류의 요오드 함량을 더 정확하게 분석할 수 있다고 말하였다.

식품의약품안전처 (이하 식약처)에서 한국인의 상용 식품에 대해 요오드 분석을 꾸준히 해왔다. 2012년에는 가공식품, 농산물, 축산물, 수산물의 129건에 대한 요오드 함량을 분석한 보고서를 발표하였다. 이 중 해조류는 5건만 분석되었다. 이후 식약처는 수산물 중 요오드의 기준규격 국제화 연구목적으로 2015년에 해조류만 분석한 보고서를 발표하였다. 이 보고서의 해조류 요오드값 분석에 사용된 7종의 해조류에 대하여 분석표본의 수는 353건이었다. 한 가지 해조류 식품에 대하여 약 5-50개의 표본을 수집·분석한 것이며 특히 한국인이 주로 섭취하는 다시마, 미역, 김 등의 경우 표본 수가 30-50개로 다른 해조류에 비해서도 많은 수의 표본을 수집·분석한 보고서이다.

기존의 발표된 요오드 데이터베이스의 경우 Han 등 [2]은 ICP-MS 방법 이외의 모든 분석법의 분석값을 사용하였고, Ko 등 [14]은 농촌진흥청에서 발간한 식품성분표, 한국영양학회의 식

품 영양소함량 자료집 (식품 영양소함량 자료집 2009)만을 국내 요오드 식품 함량 데이터로 사용하였다. 따라서 최근에 발표된 해조류 식품의 요오드값과 분석방법 등을 고려하여 요오드 데이터베이스 개정을 하여 한국인의 요오드 섭취수준을 평가하는 것이 필요하다.

이에 본 연구는 최신 참고문헌들과 분석방법을 이용하여 기존의 요오드 데이터베이스를 개정하고자 하며, 데이터베이스의 변이 특성을 반영하여 버전을 나누어 한국 성인의 요오드 섭취 및 배설 수준을 평가하고자 한다.

연구방법

요오드 데이터베이스 업데이트

본 연구는 기존의 Han 등 [2]의 요오드 데이터베이스에 새로운 참고문헌을 적용하여 요오드 데이터베이스를 개정하였다. 기존의 Han 등 [2]의 요오드 데이터베이스는 구버전으로 명칭하였고, 개정된 데이터베이스의 경우 최신 버전으로 명칭 하되 버전을 달리하여 버전 1, 버전 2로 하였다. 버전 1과 버전 2의 차이점은 대체값 선정의 차이로, 해당하는 식품이 참고문헌에 정확하게 매칭되지 않을 때 대체값을 선정하게 되는데 유사한 값들로부터 값 선정 시 평균값을 사용한 것이 버전 1이고 최솟값을 사용한 것이 버전 2이다. 수분함량 값의 경우 버전 1은 농진청의 수분함량을 사용하여 계산한 값을 사용, 버전 2의 경우 수분함량을 계산하기 전인 생것의 값을 사용하였다. 그리고 추가로 해조류의 경우 분석값의 평균값을 사용하였는데 해조류 식품만을 많은 수의 표본으로 분석한 식품의약품안전처 보고서 [12]만을 적용한 세부 버전을 만들어 이를 버전 1_1, 2_1로 제시하였다.

요오드 데이터베이스 개정의 절차는 Fig. 1에 제시하였다. 우선 한국 성인의 식사자료에서 출현한 식품을 파악하여 상용 식품 목록을 작성하였다. 구버전은 667개 식품, 최신 버전은 총 855개 식품에 대한 요오드 함량을 구축하였고 식품 목록은 국건영 자료와 한국 성인을 대상으로 한 다른 연구의 식사자료를 활용하였다. 상용 식품 목록을 정한 후에는 구버전 이후에 새로 발표된 한국인 상용 식품의 요오드 함량에 대한 보고서와 최근 발표된 식품성분표 9차 개정판의 요오드 함량자료를 활용하여 식품별로 요오드 함량 값을 검토하여 데이터베이스를 개정하였다 (Fig. 1).

연구 대상자

본 연구의 요오드 섭취량 평가를 위한 연구 대상자는 제6기 국건영 (2013-2015)에 참여한 성인으로 하였다. 제6기 자료는 다른 시기의 국건영과 다르게 요오드 배설량을 조사하였다. 그에 따라 본 연구의 대상자는 만 20세 이상 성인 총 17,780명 중에서 소변 요오드 배설량이 부재한 사람 (n = 10,732), 24시간 회상조사 미참여자 (n = 807), 참여자 중 하루 섭취 에너지가 500 kcal 이하 또는 5,000 kcal 이상 섭취자 (n = 91), 추후 대사질환 지표 분석을 위해 체질량지수 (body mass index) 또는 혈액 자료가 없는 사람 (n = 139), 그리고 임신 중이거나 수유 중인 여성 (n = 84)을 제외하였고, 최종적으로 총 5,927명을 연구 대상으로 선정하였다 (Fig. 1). 자료는 2013-2014년에는 질병관리본부 연구윤리심의위원회의 승인을 받아 수집되었고 (승인번호: 2013-07CON-03-4C, 2013-12EXP-03-5C), 2015년에는 생명윤리법 제2조 제1호 및 동법 시행규칙 제2조 제2항 제1호에 따라 연구윤리심의위원회의 심의를 받지 않고 수집되었다.

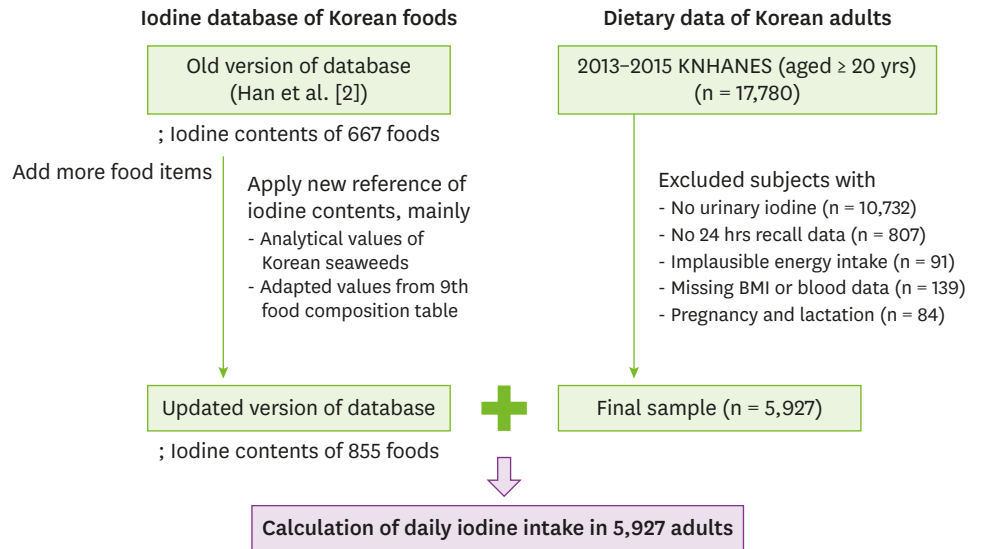


Fig. 1. Flowchart of procedure to update an iodine database for Korean foods and to calculate iodine intakes in Korean adults.

요오드 섭취량

연구 대상자들의 요오드 섭취량은 개개인의 24시간 회상법의 식사자료를 사용하여 산출하였다. 앞서 구축한 한국인 상용 식품에 대한 요오드 데이터베이스 자료를 24시간 회상자료의 식품 자료와 연동하였고, 연동 시 2차 식품코드를 사용하였으며 개인별로 합산하여 1일 요오드 섭취량을 산출하였다.

한국 성인의 요오드 섭취수준은 한국인 영양소 섭취기준을 이용하여 평가하였다. 20세 이상 성인의 경우 요오드 평균필요량은 95 µg/일, 상한섭취량은 2,400 µg/일이었다. 이에 평균필요량보다 적게 섭취하는 비율과 상한섭취량을 초과하여 섭취하는 대상자의 비율을 평가하였다 [15]. 또한, 요오드 섭취에 기여하는 주요 식품군을 평가하기 위해 국건영에서 제공하고 있는 18개의 식품군(곡류, 감자·전분류, 당류, 두류, 견과·종실류, 채소류, 버섯류, 과일류, 육류, 난류, 어패류, 해조류, 우유류, 유지류, 음료류, 양념류, 가공식품류, 기타류)을 기본으로 사용하고 채소류를 생채소류와 절임 채소류로 세분화하여, 총 19개의 식품군을 사용하여 식품군별 요오드 섭취량을 평가하였다.

요오드 배설량

연구 대상자들의 요오드 배설량은 제6기 국건영의 소변 자료를 이용하였다. 소변 요오드 배설량 (Urinary iodine concentration, 이하 UIC)은 ICP-MS로 분석되었으며 요오드 배설량의 단위는 µg/L이었으며, 소변 크레아티닌은 Jaffe rate-blanked and compensated 분석법에 따라 분석되었고 단위는 mg/dL이었다 [16].

통계분석

자료의 처리 및 분석은 SAS (Statistical Analysis System version 9.4)를 이용하였다. 요오드 섭취의 평균과 분포를 파악하기 위해 기술 통계량을 사용하여 제시하였다. 사용한 기술 통계량은 평균값과 표준편차, 그 이외에 최솟값, 1백분위수, 1분위, 중앙값, 3분위, 90백분위수, 99

백분위수, 최댓값이었다. 요오드 섭취량과 배설량의 관련성을 평가하기 위해 회귀분석 (regression analysis)을 실시하였고 두 변수 모두 정규 분포를 따르지 않아 자연로그를 사용하여 변환하였으며, 연령, 성별, 소변 크레아티닌을 보정변수로 사용하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

결과

요오드 데이터베이스 업데이트

Table 1에는 개정된 요오드 데이터베이스의 구성을 제시하였다. 데이터베이스는 크게 분석값, 문헌값, 대체값, 결측값으로 구성되며, 본 연구에서 값을 부여한 우선순위는 다음과 같다. 1) 분석값이 있는 경우 가장 우선시 적용하였고, 적용 시 1개 값만 있으면 단독값을 사용하였고, 2개 이상이 있는 경우 평균값을 사용하였다. 2) 분석값이 없는 경우 문헌값을 사용하였고, 1개 값이 있는 경우 단독값을, 2개 이상 값이 있는 경우 평균값을 사용하였다. 3) 분석값과 문헌값이 없는 경우 유사식품의 값으로 대입하거나, 레시피를 사용하거나, 수분함량을 이용하여 계산한 값으로 대체하였다. 또한, 그 이외 식품 중 하나의 값으로 대입이나 대체가 안 되는 경우 주요 식품군의 일반값 (generic)을 산출해서 대체하였다. 일반값을 선정한 식품군은 생선류, 어패류 (생), 육류, 식물성 유지류, 채소류 (생), 과일류 (생), 과일주스류 등이다. 4) 위의 단계를 모두 적용해도 선정할 수 없는 경우 결측값으로 간주하였으며, 여기에는 미량의 값으로 표기되어 있는 경우도 포함한다. 결측값까지 포함하면 커버율은 100%로 본 연구대상자가 섭취한 모든 식품에 요오드 함량을 추정하였다.

Table 1. The composition of iodine database by versions

Category	Reference (Method ¹⁾)	Updated version ²⁾	Old version [2]
Analytical values	KFDA 2015 [12] (ICP-MS)	166 (19.4)	153 (22.9)
	KFDA 2012 [10] (ICP-MS)		
	KFDA 2006 [32] (ICP-MS)		
	KHIDI 2003 [33] (ISE)		
	Moon et al. [34] (NAA)		
Adapted values	RDA 2017 [5]	318 (37.2)	74 (11.1)
	RDA 2006 [35]		
	JNH 2009 [36]		
	Chang et al. 1994 [37]		
Imputed values	From analytical values	48 (5.6)	
	From adapted values	23 (2.7)	172 (25.8)
	Using generic values	114 (13.3)	
	Based on moisture contents	30 (3.5)	126 (18.9)
	Using recipe	32 (3.7)	
Missing values	Assigned as zero [5]	4 (0.5)	142 (21.3)
	No values	120 (14.0)	
Sum		855 (100.0)	667 (100.0)

Values are expressed as number (%).

KFDA, Korea Food and Drug Administration; ICP-MS, inductively coupled plasma mass spectrometry; KHIDI, Korea Health Industry Development Institute; ISE, ion selective electrode; NAA, neutron activation analysis; RDA, Rural Development Administration; JNH, Journal of Nutrition and Health.

¹⁾Method to analyze iodine contents. ²⁾The number of food items that were used for database (use the average for multiple values; otherwise use a single value).

분석값의 경우 개정 버전은 전체 855개 중 166개 (19.4%)인 반면 구버전은 전체 667개 중 153개 (22.9%)였다. 분석값의 비율에 차이가 나는 것은 개정 버전에서는 분석방법을 고려하여 분석방법 중 ICP-MS로 분석된 값만 사용한 반면, 구버전에서는 분석방법을 고려하지 않고 모든 사용 가능한 값을 사용하였기 때문이다. 문헌값은 구버전보다 개정 버전에서 비율이 11.1%에서 37.2%로 크게 증가하였는데 그것은 2017년에 새로 발표된 식품성분표의 값들이 많아졌기 때문이었다. 대체값의 경우는 구버전은 하나의 값으로 설정한 것에 비해 개정 버전에서는 버전 1은 일반값의 평균값을 사용, 버전 2의 경우 일반값을 구성하는 값들의 최솟값을 사용하여 두 가지 버전으로 제시하였다. 수분함량 값의 경우 버전 1은 농진청의 수분함량을 사용하여 계산한 값을 사용, 버전 2의 경우 수분함량을 계산하기 전인 생것의 값을 사용하였다. 결측값은 농진청의 값에서 0이라고 간주된 식품을 포함하여 총 14.5%로 구버전의 21.3%와 비교하였을 때 감소하였다.

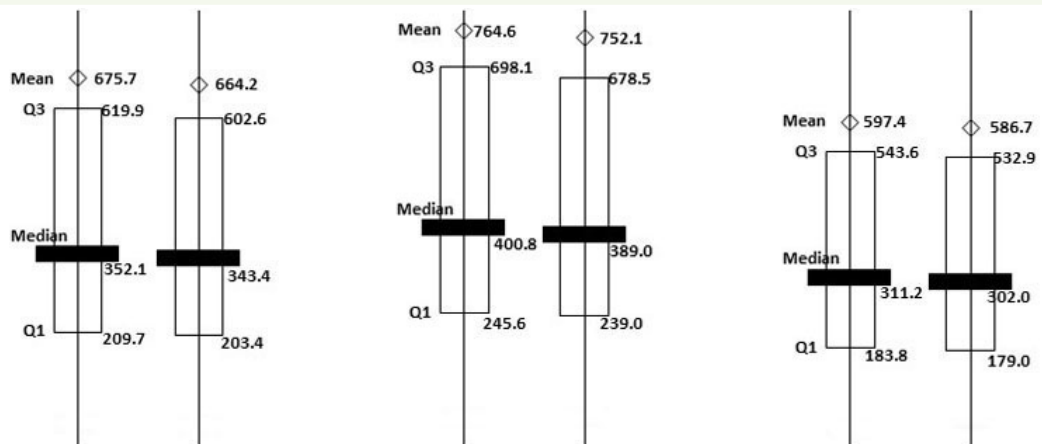
요오드 데이터베이스 버전에 따른 섭취량

Table 2에는 한국 성인의 요오드 섭취수준을 데이터베이스의 버전에 따라 산출하여 제시하였다. 버전 1을 이용하여 요오드 섭취량을 계산하였을 때 요오드 섭취량의 평균은 675.7 µg/일이었으나 표준편차는 2,166.1 µg으로 평균에 비해 표준편차가 매우 컸다. 이는 요오드가 해조류와 어패류 등에 고함량 존재하고 이들 식품의 섭취 유무에 따라 변이가 크게 발생하기 때문이다. 이런 경우 중앙값을 사용하는 것이 섭취수준을 파악하는데 더 유용하며, 중앙값은 전체는 352.1 µg/일이었고, 성별로는 남자는 400.8 µg/일이며, 여자는 311.2 µg/일이었다.

Table 2. Descriptive statistics of iodine intake by versions of the iodine database for Korean foods in Korean adults

Iodine intake	Total (n = 5,927)		Men (n = 2,777)		Women (n = 3,150)	
	Ver 1 ¹⁾	Ver 2 ¹⁾	Ver 1	Ver 2	Ver 1	Ver 2
Mean (SD) (µg)	675.7 (2,166.1)	664.2 (2,161.9)	764.6 (2,858.8)	752.1 (2,858.2)	597.4 (1,269.8)	586.7 (1,257.3)
Min	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0
P1	40.1	38.5	48.6	47.8	33.3	31.2
P10	120.4	117.8	150.5	146.3	106.6	104.8
Q1	209.7	203.4	245.6	239.0	183.8	179.0
Median	352.1	343.4	400.8	389.0	311.2	302.0
Q3	619.9	602.6	698.1	678.5	543.6	532.9
P90	1,292.7	1,268.8	1,361.3	1,346.1	1,193.3	1,185.2
P99	5,475.9	5,347.0	6,492.8	6,492.8	4,837.3	4,549.9
Max	99,017.2	99,017.2	99,017.2	99,017.2	31,715.9	31,715.8

Box-and-whisker plot of iodine intake



SD, standard deviation; Min, minimum; P1, 1 percentile; P10, 10 percentile; Q1, 25th percentile; Q3, 75th percentile; P90, 90 percentile; P99, 99 percentile; Max, maximum. ¹⁾Ver 1 used an average and Ver 2 used a minimum for imputed values.

Table 3. The contribution of iodine intake according to food groups in Korean adults (n = 5,927)

Food group	Frequency	Ver 1 ¹⁾			Ver 2 ¹⁾		
		Median (µg)	Sum (µg)	%	Median (µg)	Sum (µg)	%
Grains	40,991	0.8	134,405.0	3.4	0.8	134,405.0	3.4
Potatoes	4,864	0.6	6,907.6	0.2	0.6	6,891.5	0.2
Sugars & sweeteners	20,387	0.0	2,345.9	0.1	0.0	2,345.9	0.1
Legumes	10,056	0.7	29,259.8	0.7	0.7	29,105.1	0.7
Nuts & seeds	17,455	0.0	2,550.1	0.1	0.0	2,493.9	0.1
Fresh vegetables	104,871	0.0	35,751.1	0.9	0.0	35,401.9	0.9
Salted vegetable	16,508	23.1	639,577.0	16.0	23.1	639,577.0	16.2
Mushrooms	4,118	0.1	1,561.4	0.0	0.1	1,551.4	0.0
Fruits	9,995	2.9	72,297.1	1.8	2.8	71,819.1	1.8
Meat & its products	18,014	0.5	118,027.1	2.9	0.5	116,393.2	3.0
Eggs	5,699	10.0	110,266.2	2.8	10.0	110,266.2	2.8
Fishes & seashell	20,948	3.5	268,324.8	6.7	2.8	212,926.5	5.4
Seaweeds	6,147	67.1	2,229,186.6	55.7	67.1	2,220,173.1	56.4
Milk & dairy products	3,719	61.4	276,615.8	6.9	61.4	276,615.8	7.0
Oils	32,522	0.0	572.3	0.0	0.0	572.0	0.0
Beverages	13,211	0.1	16,356.1	0.4	0.1	16,356.1	0.4
Seasonings	81,091	0.0	60,037.8	1.5	0.0	59,976.8	1.5
Processed foods	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Others	270	0.0	11.1	0.0	0.0	11.1	0.0
Total	410,884		4,005,052.6	100.0		3,936,891.4	100.0

¹⁾Ver 1 used an average and Ver 2 used a minimum for imputed values.

요오드 섭취의 분포를 살펴보면 버전 1의 1분위 값은 209.7 µg/일, 3분위 값은 619.9 µg/일로, 사분위 범위는 약 410.2 µg/일이었고, 버전에 상관없이 3분위까지는 모두 비슷한 값을 나타내었다. 90백분위수는 1,292.7 µg/일이었고, 99백분위수는 5,475.9 µg/일이었으며 최댓값은 99,017.2 µg/일로 전체 집단의 상위 1%는 매우 극단적인 섭취량을 나타내었다.

요오드 데이터베이스 버전에 따른 급원 식품군별 요오드 섭취수준

Table 3에는 한국 성인의 요오드 섭취량에 기여한 식품군 현황을 제시하였다. 요오드 섭취량의 급원 식품을 살펴보면 버전 1은 해조류가 전체 요오드 섭취량의 55.7%를 차지하였고 다음으로 절임 채소류가 16.0%, 우유 및 유제품류가 6.9%이었다. 버전 2도 순서는 동일하였고 비율은 각각 56.4%, 16.2%, 7.0%였다. 해조류에서 섭취하는 개인별 요오드 섭취의 중앙값은 두 버전에서 모두 67.1 µg이었고, 절임 채소류는 23.1 µg이었다.

참고문헌별 해조류 요오드 함량값 차이

Fig. 2는 해조류 식품에 대한 요오드 함량값의 차이를 나타낸 그림이다. 해조류의 경우 식품의약품안전처에서 발표한 3개의 보고서 값이 존재하는데 모두 ICP-MS 분석법으로 요오드 함량을 분석하였다. 김 (말린 것)의 경우 2015년 식약처 보고서에서는 평균이 5,160 µg인데 비해 2012년 보고서는 9,156 µg이었으며 2006년 보고서에서는 527 µg으로 참고문헌에 따라 평균값이 약 4,000 µg 정도 차이가 났다. 또한, 이에 대한 분석표본의 수를 비교해보면 2015년 보고서는 30가지를 분석한 반면, 2012년 보고서는 3개, 2006년 보고서는 1개만 분석하였다. 다른 해조류의 식품들도, 참고문헌에 따라 약 1,000 µg에서 4,000 µg의 차이를 보였다.

해조류 섭취자의 요오드 섭취량

Table 4는 연구 대상자를 해조류 섭취 여부에 따라 섭취그룹과 미섭취그룹으로 나누어서 요오드 섭취수준을 제시하였다. 개인별 해조류 섭취량의 경우 중앙값이 5.7 g/일이었으며 1분

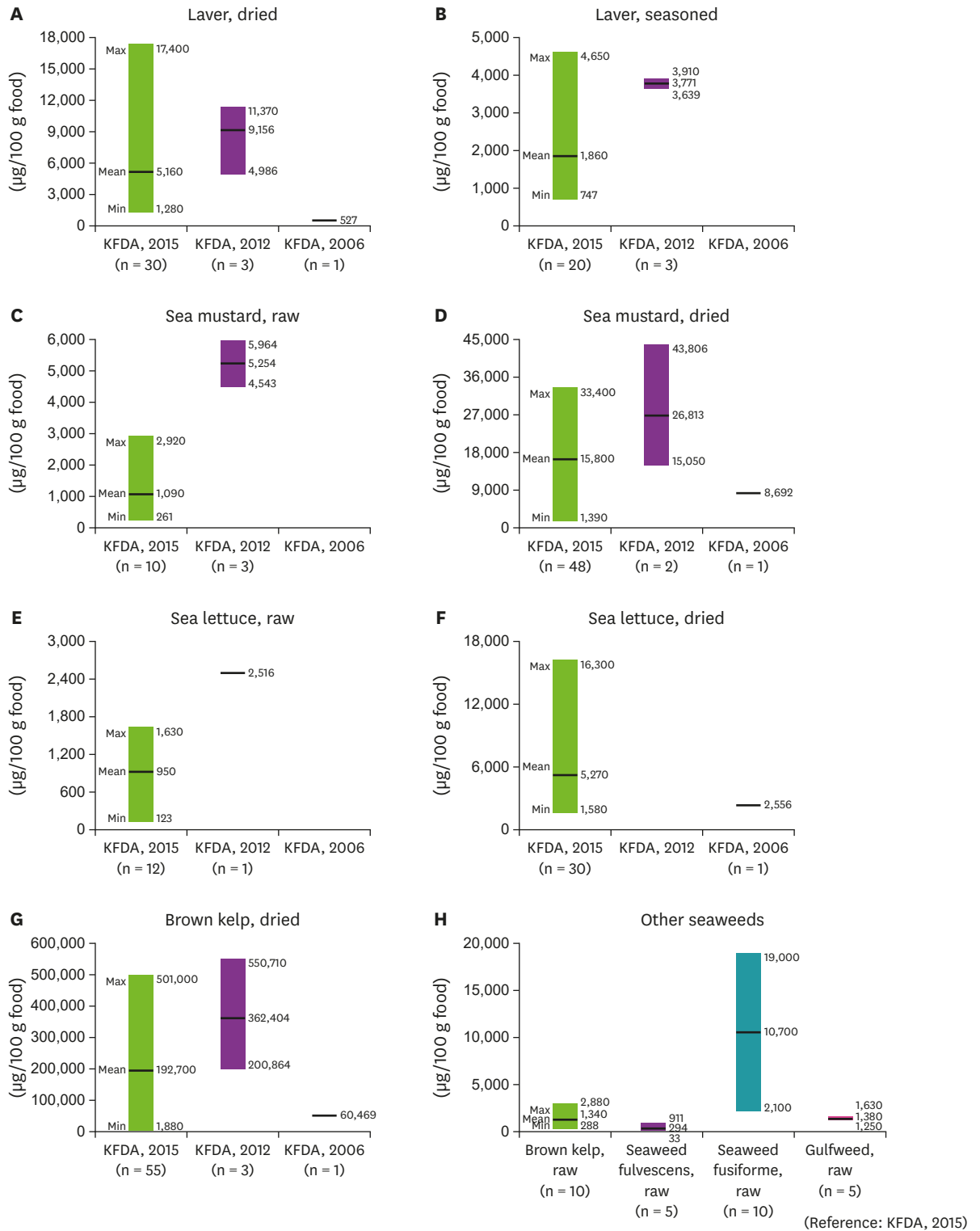


Fig. 2. Variation of analytical values in iodine contents for seaweeds by reference. All references were based on the report to analyze iodine contents for foods funded by KFDA. Max, maximum; Min, minimum; KFDA, Korea Food and Drug Administration.

Table 4. Dietary iodine intake by versions of iodine database according to seaweed consumption

Intake	Seaweed consumption	
	Consumer (0 > g/d) (n = 3,251)	Non-consumer (n = 2,676)
Seaweed (g/d)		
Median ± SD	5.7 ± 123.3	0.0 ± 0.0
IQR (Q1-Q3)	2.2-22.7	
Iodine (µg/d)		
Ver 1 ¹⁾		
Median ± SD	495.7 ± 2,879.5	241.2 ± 211.4
IQR (Q1-Q3)	312.1-963.3	147.0-369.9
Ver 1_1 ²⁾		
Median ± SD	478.1 ± 2,696.4	241.2 ± 211.4
IQR (Q1-Q3)	300.4-880.8	147.0-369.9
Ver 2 ¹⁾		
Median ± SD	485.4 ± 2,874.7	235.5 ± 206.4
IQR (Q1-Q3)	303.1-946.4	143.1-356.2
Ver 2_1 ²⁾		
Median ± SD	463.2 ± 2,691.0	235.5 ± 206.4
IQR (Q1-Q3)	291.6-864.3	143.1-356.2

IQR, interquartile range; Q1, 25th percentile; Q3, 75th percentile.

¹⁾Ver 1 used an average and Ver 2 used a minimum for imputed values. ²⁾Ver 1_1 and 2_1 used the iodine contents of seaweed foods from the 2015 KFDA report.

위와 3분위는 2.2 g/일, 22.7 g/일이었다. 해조류 섭취자의 경우 버전 1과 세부 버전 1_1을 비교해보면, 요오드 섭취량의 중앙값이 495.7 µg, 478.1 µg이었으며 미섭취그룹의 경우 241.2 µg, 241.2 µg으로 해조류에 요오드 분석값을 2015년 보고서 자료 수치만 이용한 버전 1_1을 사용하였을 때 요오드 섭취량이 더 적었다. 이는 다른 버전에서도 동일하게 나타났다.

요오드 데이터베이스 버전에 따른 요오드 섭취 평가

Fig. 3은 한국 성인의 요오드 섭취수준을 해조류 섭취그룹과 미섭취그룹으로 나누어 평가한 그림이다. 버전 1을 사용하였을 때 해조류 섭취자에서 요오드 평균필요량 (95 µg/일) 미만으로 섭취한 대상자 비율은 남자 1.1% (n = 16), 여자 1.8% (n = 32)이었고 미섭취그룹의 경우 남자 8.8% (n = 112), 여자 8.1% (n = 216)이었다. 상한섭취량 (2,400 µg/일)을 초과하여 섭취한 대상자 비율은 남자 8.0% (n = 120), 여자 6.3% (n = 111)이었고 미섭취그룹의 경우 남자 0% (n = 0), 여자 0% (n = 0)이었다.

요오드 섭취량과 배설량 간의 관련성

Fig. 4에는 버전에 따른 요오드 섭취량과 배설량의 상관성을 제시하였다. 요오드 배설량은 소변 요오드 수치에 소변 크레아티닌으로 나눈 비율을 사용하였다. 연령과 성별을 보정하여 요오드 섭취량과 배설량의 회귀 모형을 구축해본 결과 모든 버전에서 섭취량과 배설량은 유의적 상관성을 나타내었고 (p < 0.0001) 연령, 성별을 보정한 회귀계수는 버전 1은 0.11718, 버전 2는 0.11512이었다.

고찰

본 연구는 한국의 상용 식품에 대한 요오드 데이터베이스를 최신 참고문헌들과 분석방법을 고려하여 개정하였고, 데이터베이스 차이에 따른 요오드 섭취수준을 평가하기 위해 버전을

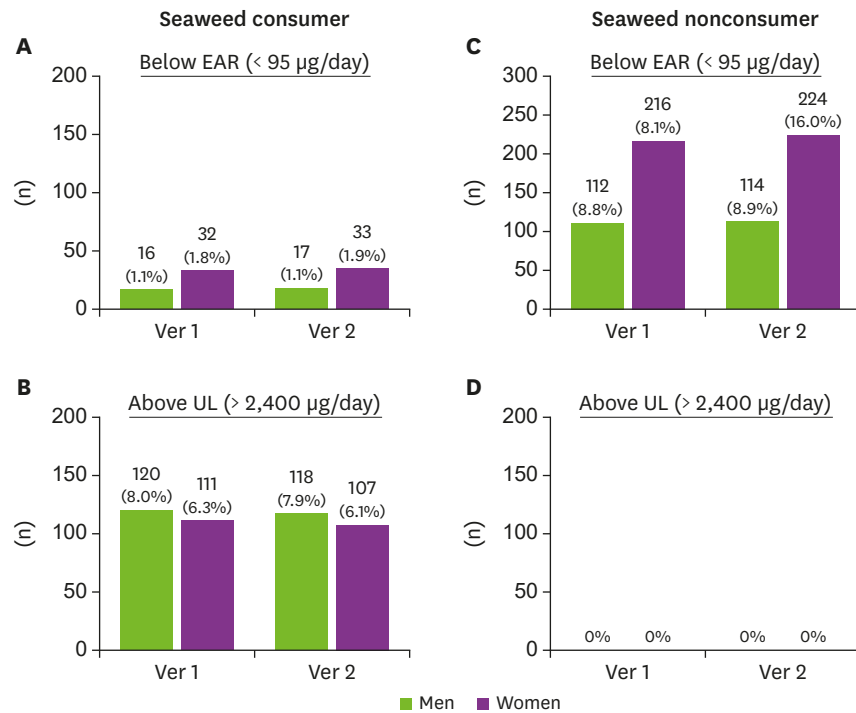


Fig. 3. The proportion of participants who consumed iodine intake below EAR and above UL for Koreans according to seaweed consumption.

Ver 1 used an average and Ver 2 used a minimum for imputed values.

EAR, estimated average requirement for iodine; UL, tolerable upper intake for iodine.

달리하여 한국 성인의 요오드 섭취수준을 평가하였다. 요오드는 주요 급원 식품이 제한적 이 어, 이러한 급원 식품의 요오드 함량을 제대로 파악하는 것이 중요하다. 특히 해조류는 우리 나라와 일본 등지에서만 섭취하는 식품으로 이들 식품의 요오드 함량을 제대로 파악하는 것 이 중요하다. 그동안 요오드 분석방법도 발전해왔고, 그에 따라 해조류 식품에 대한 분석 샘플 수도 많아졌다. 이러한 이유로 본 연구에서는 기존의 요오드 데이터베이스를 개정하였고, 영양소 데이터베이스는 이처럼 주기적으로 값들을 다시 검토해서 개정하는 것이 필요하다.

또한, 이번 개정에서는 버전을 달리하여 값들을 제시함으로써 추후 연구자들이 연구목적에 맞추어 요오드 데이터베이스를 사용할 수 있도록 하였다. 기존 데이터베이스는 사용 가능한 문헌들의 값을 일반적으로 평균을 내어 사용하였지만, 본 연구에서는 주요 급원식품인 해조 류의 경우 가장 최신의 문헌에 근거하여 세부버전을 만들어 제시하였고, 대체값의 경우도 문 헌값들 사이에 변이가 커서 평균값 이외에 최소값을 이용하여 두 가지 버전을 제시하였다. Katagiri 등 [17]도 일본 성인의 일상적인 요오드 섭취량 추정을 위해 요오드 데이터베이스를 새로 구축하였는데 이때 주요 급원식품인 다시마, 가다랑어를 사용한 육수 등에 대해 3가지 버전으로 요오드 섭취량을 제시하였다. 본 연구에서 한국 성인의 요오드 섭취량은 버전 1의 경우 중앙값이 352.1 µg/일이었으나 버전 2를 사용해서 계산하면 중앙값이 343.4 µg/일로 차 이가 있었다. 이는 영양소 데이터베이스에 사용한 영양소 함량의 차이가 개인별 영양소 섭취 수준에 영향을 주는 것을 보여준다. Vandevijvere 등 [7]도 유사한 내용을 보고하였는데, 벨기 에의 취학기 전 아동의 요오드 섭취량 평가 시 국가 요오드 데이터베이스가 없어 인근 나라인

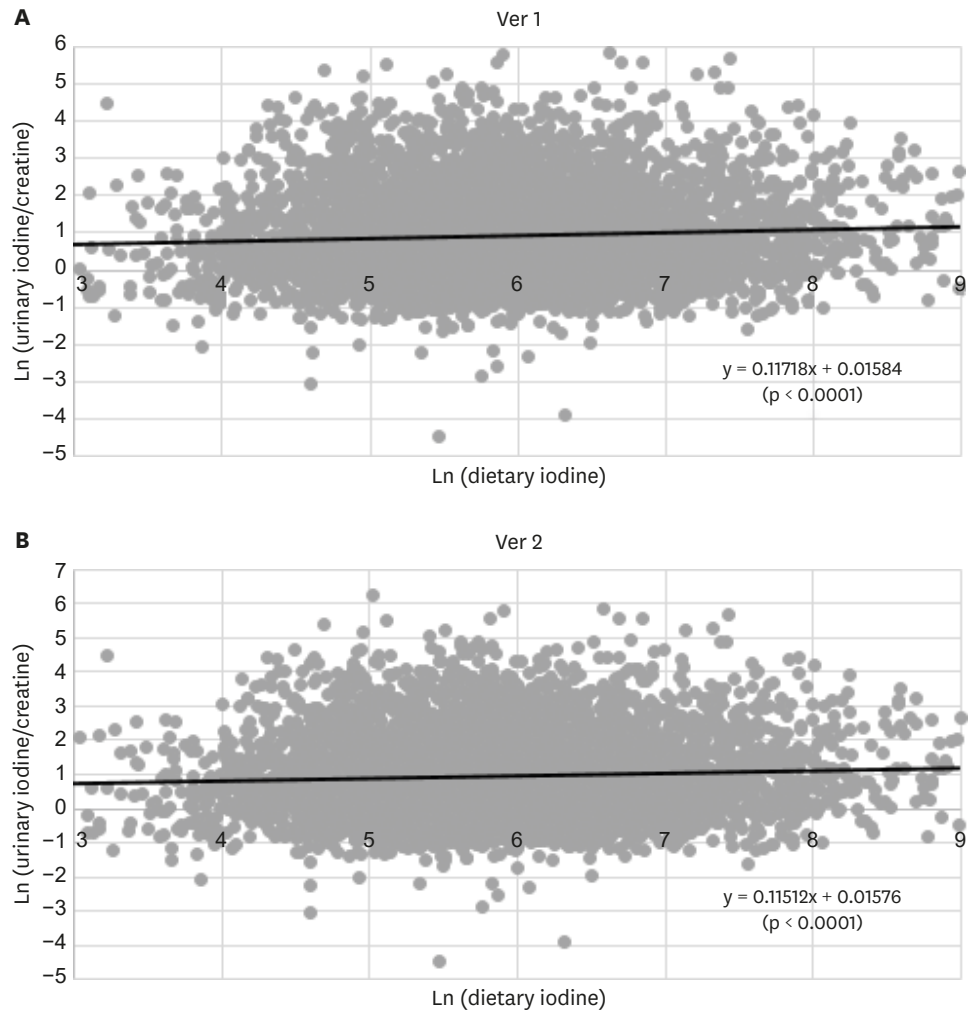


Fig. 4. Regression analysis between dietary iodine and urinary iodine in Korean adults by versions of the iodine database. Ver 1 used an average and Ver 2 used a minimum for imputed values. Adjusted for age and sex.

영국과 독일의 요오드 데이터베이스를 이용하여 분석한 결과를 보고하였다. 그 결과 평균 요오드 섭취량이 영국의 요오드 데이터베이스를 사용하면 독일의 것보다 약 54.5 µg/일 높게 나타났다. 그리고 요오드 섭취수준을 벨기에 평균필요량 (65 µg/일) 미만 섭취자를 평가해보면 독일 데이터베이스를 사용하면 11.6% 인 것이, 영국 데이터베이스를 사용하면 4.57%로 차이가 있었음이 보고되었다 [7]. 이처럼 영양소 평가에는 분석에 사용되는 데이터베이스의 값이 중요하며, 특히 요오드와 같이 미량영양소의 경우 데이터베이스의 값들을 꾸준히 모니터링하여 주기적으로 최신을 값으로 개정하여 사용하는 것이 중요함을 시사한다.

본 연구에서 요오드 섭취량의 중앙값은 버전 1의 경우 남자 여자 각각 400.8 µg/일, 311.2 µg/일이 있고 평균값은 764.6 µg/일, 597.4 µg/일로 나타났는데 한국인을 대상으로 한 선행연구보다 높은 수치이다. Kim 등 [18]은 식사기록법을 통하여 한국 성인의 요오드 섭취량을 조사하였는데 요오드 평균 섭취량이 전체 551.0 µg/일, 남자 592.4 µg/일, 여자 507.3 µg/일로 보고하였고, Kim 등 [19]은 식품섭취빈도법을 이용하여 207명의 한국 성인을 대상으로 요오드 평균 섭취

량을 조사한 결과 468.9 $\mu\text{g}/\text{일}$ 이었다. 식품섭취빈도법을 이용하여 한국 성인의 요오드 섭취량을 조사한 또 다른 연구로 Kim 등 [20]이 있다. 이 연구는 278명을 대상으로 진행하여 요오드 평균 섭취량이 전체 478.6 $\mu\text{g}/\text{일}$, 남자 450.9 $\mu\text{g}/\text{일}$, 여자 504.6 $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 나타내었다.

한국과 비슷한 식생활을 하는 일본의 경우 식사기록법을 이용하여 미량영양소의 일상적 섭취량을 평가하기 위해 계절마다 일주일씩 총 28일 치의 식사자료를 분석한 연구에서 요오드 평균 섭취량이 남자 670 $\mu\text{g}/\text{일}$, 여자 359 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 나타났다. 이 연구는 중앙값도 제시하고 있는데 각각 남자 312 $\mu\text{g}/\text{일}$, 여자 413 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 남자 중앙값에서 본 연구의 값과 차이가 있었다 [3].

이와 반대로 유럽과 아프리카의 경우는 요오드 섭취의 과잉보다는 결핍이 보고되고 있다. 식품섭취빈도법을 사용한 유럽지역의 연구들의 결과로 아이슬란드의 여자아이의 요오드 섭취량의 평균값은 170 $\mu\text{g}/\text{일}$, 중앙값은 148 $\mu\text{g}/\text{일}$ 이었다 [21]. 프랑스의 여성을 대상으로 한 연구에서는 요오드 섭취량의 평균값이 155.6 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 나타났다 [4]. 영국에서 임산부의 요오드 섭취량을 평가한 연구에서는 중앙값이 190 $\mu\text{g}/\text{일}$ [22]로 나타났고, 영국 여성을 대상으로 식품섭취빈도법, 4일간의 식사기록법을 이용한 연구에서는 식품섭취빈도법을 이용하였을 때는 요오드 섭취량 중앙값이 110 $\mu\text{g}/\text{일}$, 식사기록을 이용할 때는 103 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 보고되었다 [23]. 아프리카에서 5살 어린이를 대상으로 식사기록법을 이용하여 진행된 연구 결과 요오드 섭취량 평균값이 59.38 $\mu\text{g}/\text{일}$ 로 보고되었다 [24]. 이상의 유럽지역 및 아프리카 연구 결과들과 본 연구의 한국 성인 전체의 평균값 675.7 $\mu\text{g}/\text{일}$, 해조류 미섭취그룹의 중앙값 241.2 $\mu\text{g}/\text{일}$ 과 비교해보았을 때 섭취수준이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다.

본 연구 결과 한국인의 요오드 섭취에 기여하는 주된 식품군은 해조류로 약 55.7%의 기여도를 보였고 다음으로 절임 채소류, 우유 및 유제품 순이었다. 이는 앞서 보고된 65.5%의 결과와 유사하였다 [2]. 해조류를 거의 섭취하지 않는 유럽과 아프리카의 경우는 요오드 섭취의 주요 급원 식품은 우유 및 유제품, 어류, 빵류, 달걀류였다. 노르웨이 성인을 대상으로 한 연구에서 요오드 섭취의 주요 급원 식품으로 우유 및 유제품, 어류가 높은 기여도를 보였고 [25], 프랑스 성인을 대상으로 한 Mancini 등 [4]의 연구에서는 요오드 섭취의 주요 급원 식품은 우유 및 유제품, 어패류, 물, 곡물류, 달걀류 순이었다. 아이슬란드와 동아프리카의 경우 우유 및 유제품이 가장 높은 기여도를 보였고 아이슬란드에서는 어류, 동아프리카에서는 곡류(시리얼류), 달걀류가 요오드 섭취량에 대한 기여도가 높게 나타났다 [21,24]. 이상의 연구 결과들은 본 연구의 해조류, 절임 채소를 제외한 주요한 급원 식품과 유사하였다.

한국과 유사한 식생활을 하는 일본에서 계절별로 3일간의 식사기록법을 통해 총 12일 치 자료를 이용하여 연구의 결과로 요오드 섭취의 주요 급원 식품은 해조류, 우유 및 유제품, 어패류, 두부순이었다. 특히 평균 2,355 $\mu\text{g}/\text{일}$ 의 요오드 섭취량의 96%에 해당하는 2,267.7 $\mu\text{g}/\text{일}$ 을 해조류를 통하여 섭취하고 있었다 [26]. 이는 본 연구에서 해조류가 요오드 섭취량에 가장 크게 기여하는 것은 동일하지만 본 연구에서의 기여도는 약 55.7%였던 것과 비교하면 차이가 있었다. 두 연구 간의 결과 차이가 나타난 이유로 두 연구의 식사조사 기간이 1일, 12일로 달랐던 점뿐 아니라 각 연구에서 사용한 요오드 데이터베이스의 차이가 영향을 주었을 것으로 사료된다.

이처럼 해조류 섭취가 요오드 섭취에 큰 영향을 미치므로 해조류 식품들의 요오드 함량을 정확하게 측정하는 것이 중요하다. 또한 해조류 미섭취군의 요오드 섭취량에 크게 기여하는 절

임 채소류, 우유 및 유제품류, 생선류에 대한 요오드 함량 분석도 이루어져야 한다. 특히 절임 채소류와 우유 및 유제품의 경우 분석값과 문헌값의 차이가 크므로 다양한 종류에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 사료된다. Carriquiry 등 [8]은 식품 내 요오드 함량은 지역이나 분석한 연도에 따라 차이가 있음을 제시하며, 이러한 측면에서 요오드의 데이터베이스를 제공함에 있어 평균값, 중앙값 등 값의 변동성에 대한 값을 모두 제공하는 것이 바람직하다고 주장하였다. 이에 본 연구도 요오드 데이터베이스를 개정함에 있어 여러 버전을 설정하여 한국 성인의 요오드 섭취를 비교 분석하였고, 이는 향후 요오드 등의 미량영양소의 데이터베이스를 구축하고 관리하는데 중요한 기초자료가 될 것으로 사료된다.

세계보건기구는 소변 요오드 배설량 (UIC)을 요오드 섭취수준을 평가하는 지표로 권장하였고 [27], 요오드 데이터베이스의 부재 시 많은 연구에서 배설량을 이용하여 섭취량의 간접지표로 사용하였다. Baldini 등 [28]의 연구는 소변 요오드 배설량을 사용하여 이탈리아의 아동과 여성을 대상으로 요오드 섭취수준을 평가하였다. 세계보건기구에서 제시하고 있는 소변 요오드 배설량 기준을 사용하여 평가한 결과 아동 134 $\mu\text{g/L}$, 임신부 110 $\mu\text{g/L}$ 로 각각 적정수준, 불충분상태를 나타내었다. Kim 등 [29]의 연구는 한국인을 대상으로 소변 요오드 배설량을 이용하여 요오드 섭취량을 계산하여 한국인의 요오드 섭취수준을 평가하였다. 소변 요오드 중앙값은 293.9 $\mu\text{g/L}$ 이었고 계산된 요오드 섭취량은 249.3 $\mu\text{g/일}$ 이었다 [29].

본 연구에서는 소변 요오드 배설량을 사용하여 요오드 섭취량과 배설량의 상관성을 평가하였고 유의적이었으며 ($p < 0.0001$) 회귀계수는 0.1이었다. 앞서 보고된 Kim 등 [19]의 연구는 식품섭취빈도법을 사용하여 연구 대상자의 요오드 섭취량을 계산하였으며 소변 요오드 배설량의 분석에 ISE를 사용하였다. 그 결과 요오드 섭취량과 배설량 간의 유의적 상관성이 나타났으며 ($p < 0.01$) 회귀계수는 0.6으로 본 연구와 값에 차이가 나타났다 [18]. 일본 성인을 대상으로 한 Katagiri 등 [30]의 연구는 4일간의 식사기록법을 사용하여 연구 대상자의 요오드 섭취량을 계산하였으며 소변 요오드 배설량의 분석에 ICP-MS를 사용하였다. 요오드 배설량으로 소변 요오드 수치에 소변 크레아티닌으로 나눈 비율을 사용하여 요오드 섭취량과의 상관성을 평가한 결과 유의적 상관성을 나타냈으며 ($p < 0.007$) 회귀계수는 0.14로 나타났다 [30]. 이는 본 연구의 회귀계수와 유사한 값이었다. Nerhus 등 [31]의 연구는 소변 요오드 배설량을 이용하여 노르웨이 취학 전 아동의 요오드 수준을 확인하고 요오드 함량이 높은 식품군과의 연관성을 본 결과 소변 요오드 중앙값은 132 $\mu\text{g/L}$ 이었고 소변 요오드 배설량이 100 $\mu\text{g/L}$ 미만일 경우와 가당 우유의 섭취가 하루 2번 미만인 것과 유의미한 관련성이 있음을 보고하였다 ($p = 0.031$) [31]. 이는 유럽의 주된 요오드 섭취원인 우유 및 유제품을 적게 섭취할 경우 요오드 섭취수준이 불충분하다는 것을 의미하고 있다.

본 연구는 여러 제한점을 가지고 있다. 첫 번째는 개인별 식사자료로 24시간 회상법 1일 치를 사용하였기 때문에 대상자들의 일상적인 식사를 평가하지 못하였다. 요오드의 경우 특히 급원 식품이 국한되어 있어 해당일의 섭취 여부에 따라 요오드 섭취량의 값이 크게 달라질 수 있다. 그러나 국건영은 한국인을 대표하는 식사섭취조사자료로, 집단의 요오드 섭취수준을 평가하기에는 적합하므로 요오드의 전체수준을 평가하였다.

두 번째로는 데이터베이스의 불완전성이다. 본 연구에서의 데이터베이스를 최신의 참고문헌들을 이용하여 개정하였으나 사용한 상용 식품 목록은 855개로 이전의 데이터베이스에 비

하여 증가한 수이지만 여전히 제한적인 개수이다. 또한 값들을 적용해서 대체값 비율이 높으므로 앞으로도 데이터베이스의 모니터링과 업데이트가 필요하다.

결론적으로 본 연구는 요오드 데이터베이스를 최신의 분석방법과 참고문헌을 이용하여 개정하였고 버전을 달리하여 섭취량의 차이를 제시하였고, 해조류 섭취 유무에 따라 요오드 섭취수준을 평가하였다. 본 연구를 통해 데이터베이스의 차이가 섭취량 차이로 이어질 수 있음을 제시하였고, 이에 따라 영양소 데이터베이스의 효율적인 관리 및 지속적인 유지가 매우 중요함을 시사하였다. 또한 본 연구는 향후 한국 성인의 요오드 섭취량과 관련 질환의 연관성을 살펴보는 연구에 활용될 수 있을 것이다.

요약

본 연구는 한국인의 상용 식품에 대한 요오드 데이터베이스를 개정하고, 버전을 달리하여 한국인의 요오드 섭취수준을 평가하였으며, 배설량을 이용하여 섭취량과의 상관성을 살펴보았다. 요오드 데이터베이스는 기존의 Han 등 [2]의 데이터베이스를 기초로 최신의 참고문헌들을 활용하여 개정하였다. 요오드 데이터베이스 구축은 상용 식품 목록에 분석값, 문헌값, 대체값, 결측값 등의 우선순위 순서로 요오드값을 적용하였고, 분석값은 총 166개 (19.4%), 문헌값 318개 (37.2%), 대체값 총 247개 (28.9%), 결측값 124개 (14.5%)이었다. 대체값은 레시피나 수분함량을 고려하여 계산하거나 유사식품들의 일반값을 생성하여 사용하였고, 일반값 생성 시 평균값과 최솟값을 선정하여 버전 1과 2로 구분하였다. 한국 성인의 요오드 섭취수준 평가는 제6기 국건영을 활용하였고, 요오드 섭취량의 중앙값은 전체의 경우 352.1 µg/일이었고 남자는 400.8 µg/일이며, 여자는 389.0 µg/일이었다. 이는 버전 2과 비교하여 조금 높았지만 큰 차이는 보이지 않았다. 전체 요오드 섭취량에 대한 식품군별 기여도의 경우 해조류 55.7%, 절임 채소류 16.0%, 우유 및 유제품류 6.9%이었고 버전 2에서도 순서는 동일하였다. 해조류 섭취 여부에 따라 해조류 섭취군과 미섭취군으로 나누어 평가한 결과, 해조류 섭취군의 요오드 섭취량의 중앙값은 495.7 µg으로 미섭취군의 241.2 µg보다 약 2배 이상 높았다. 해조류의 분석값 차이에 따른 요오드 섭취량의 차이를 살펴보기 위해 세부 버전을 사용하였고, 버전 1_1을 이용하였을 때의 요오드 섭취량의 중앙값은 478.1 µg으로 버전 1의 요오드 섭취량의 중앙값은 495.7 µg에 비해 낮았다. 요오드 섭취수준 평가는 해조류 미섭취군에서는 평균 필요량 (95 µg/일) 미만으로 섭취하는 비율이 남자 8.8%, 여자 8.1%로 높게 나왔고, 해조류 섭취군에서는 상한섭취량 (2,400 µg/일) 초과하여 섭취하는 비율이 남자 8.0%, 여자 6.3%로 높게 나타났다. 요오드 섭취량과 배설량 간의 상관성을 소변 요오드 배설량과 소변 속 크레아티닌의 비율을 이용하였고 섭취량과의 회귀계수는 버전 1은 0.11718, 버전 2는 0.11512이었고 모두 유의적 상관성을 나타내었다 ($p < 0.0001$). 이상의 결과에서 요오드 데이터베이스를 개정하고 데이터베이스 버전에 따라 한국의 요오드 섭취수준을 파악하였고, 해조류 섭취가 한국인의 주요한 급원 식품이었으며, 해조류 섭취 시 요오드 섭취의 과잉이, 해조류 미섭취 시 요오드 섭취의 부족이 나타날 수 있음을 제시하였다. 본 연구는 향후 요오드 데이터베이스의 지속적인 개정과 관리에 기초자료가 될 것으로 사료되고, 해조류 섭취 유무에 따른 요오드 섭취의 교육자료나 영양 프로그램 자료에 활용될 수 있을 것이며, 요오드 섭취와 연관성이 높은 갑상선 관련 질환과의 연구에도 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Jeong HJ, Kim BH, Song YJ, Lee JE. Nutrition in public health. Paju: Yangseowon; 2013.
2. Han MR, Ju DL, Park YJ, Paik HY, Song YJ. An iodine database for common Korean foods and the association between iodine intake and thyroid disease in Korean adults. *Int J Thyroidol* 2015; 8(2): 170-182.
[CROSSREF](#)
3. Imaeda N, Kuriki K, Fujiwara N, Goto C, Tokudome Y, Tokudome S. Usual dietary intakes of selected trace elements (Zn, Cu, Mn, I, Se, Cr, and Mo) and biotin revealed by a survey of four-season 7-consecutive day weighed dietary records in middle-aged Japanese dietitians. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2013; 59(4): 281-288.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
4. Mancini FR, Rajaobelina K, Dow C, Habbal T, Affret A, Balkau B, et al. High iodine dietary intake is associated with type 2 diabetes among women of the E3N-EPIC cohort study. *Clin Nutr* 2019; 38(4): 1651-1656.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Rural Development Administration (KR). Korean food composition table. 9th ed. Jeonju: Rural Development Administration; 2017.
6. Rural Development Administration (KR). Korean food composition table. 9.1th ed. Jeonju: Rural Development Administration; 2019.
7. Vandevijvere S, Lin Y, Moreno-Reyes R, Huybrechts I. Simulation of total dietary iodine intake in Flemish preschool children. *Br J Nutr* 2012; 108(3): 527-535.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
8. Carriquiry AL, Spungen JH, Murphy SP, Pehrsson PR, Dwyer JT, Juan W, et al. Variation in the iodine concentrations of foods: considerations for dietary assessment. *Am J Clin Nutr* 2016; 104 Suppl 3: 877S-887S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. Ershow AG, Skeaff SA, Merkel JM, Pehrsson PR. Development of databases on iodine in foods and dietary supplements. *Nutrients* 2018; 10(1): 100.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Kang TS, Lee JH, Leem DG, Seo IW, Lee YJ, Yoon TH, Lee JH, Lee YJ, Kim YJ, Kim SG. Monitoring of iodine in foods for estimation of dietary intake. Cheongwon: National Institute of Food and Drug Safety Evaluation; 2012.
11. Zywicki RS, Sullivan DM, Bao L, Bolong W, Boyd M Jr, Chen SY, et al. Determination of total iodine in infant formula and adult/pediatric nutritional formula by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS): collaborative study, final action 2012.15. *J AOAC Int* 2015; 98(5): 1407-1416.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Park KS, Yang JY, Kim SH, Lee JY. Study of international standards for iodine in seaweed. Seoul: Korea Institute of Science and Technology; 2015.
13. NSW Multicultural Health Communication Service. Warning to Pregnant and Breastfeeding Women: Seaweed Soup [Internet]. Gladesville: NSW Multicultural Health Communication Service; 2012 Nov 12 [cited 2020 Jan 4]. Available from: <https://www.mhcs.health.nsw.gov.au/publications/9120>.
14. Ko YM, Kwon YS, Park YK. An iodine database establishment and iodine intake in Korean adults: based on the 1998–2014 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Health* 2017; 50(6): 624-644.
[CROSSREF](#)
15. Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2015.
16. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guideline for sixth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-3). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2015.
17. Katagiri R, Asakura K, Sasaki S, Hirota N, Notsu A, Miura A, et al. Estimation of habitual iodine intake in Japanese adults using 16 d diet records over four seasons with a newly developed food composition database for iodine. *Br J Nutr* 2015; 114(4): 624-634.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
18. Kim S, Kwon YS, Kim JY, Hong KH, Park YK. Association between iodine nutrition status and thyroid disease-related hormone in Korean adults: Korean National Health and Nutrition Examination Survey VI (2013–2015). *Nutrients* 2019; 11(11): 2757.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Kim JY, Kim KR. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in patients with thyroid diseases. *Yonsei Med J* 2000; 41(1): 22-28.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

20. Kim JY, Moon SJ, Kim KR, Sohn CY, Oh JJ. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Med J* 1998; 39(4): 355-362.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. Gunnarsdottir I, Gunnarsdottir BE, Steingrimsdottir L, Maage A, Johannesson AJ, Thorsdottir I. Iodine status of adolescent girls in a population changing from high to lower fish consumption. *Eur J Clin Nutr* 2010; 64(9): 958-964.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Combet E, Bouga M, Pan B, Lean ME, Christopher CO. Iodine and pregnancy - a UK cross-sectional survey of dietary intake, knowledge and awareness. *Br J Nutr* 2015; 114(1): 108-117.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Combet E, Lean ME. Validation of a short food frequency questionnaire specific for iodine in U.K. females of childbearing age. *J Hum Nutr Diet* 2014; 27(6): 599-605.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. McAfee AJ, Mulhern MS, McSorley EM, Wallace JM, Bonham MP, Faure J, et al. Intakes and adequacy of potentially important nutrients for cognitive development among 5-year-old children in the Seychelles Child Development and Nutrition Study. *Public Health Nutr* 2012; 15(9): 1670-1677.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Dahl L, Johansson L, Julshamn K, Meltzer HM. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutr* 2004; 7(4): 569-576.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
26. Tsubota-Utsugi M, Imai E, Nakade M, Matsumoto T, Tsuboyama-Kasaoka N, Nishi N, et al. Evaluation of the prevalence of iodine intakes above the tolerable upper intake level from four 3-day dietary records in a Japanese population. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2013; 59(4): 310-316.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
27. Zimmermann MB, Andersson M. Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future. *Nutr Rev* 2012; 70(10): 553-570.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Baldini E, Virili C, D'Armiento E, Centanni M, Ulisse S. Iodine status in schoolchildren and pregnant women of Lazio, a central region of Italy. *Nutrients* 2019; 11(7): 1647.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
29. Kim HI, Oh HK, Park SY, Jang HW, Shin MH, Kim SW, et al. Urinary iodine concentration and thyroid hormones: Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2013–2015. *Eur J Nutr* 2019; 58(1): 233-240.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
30. Katagiri R, Asakura K, Uechi K, Masayasu S, Sasaki S. Iodine excretion in 24-hour urine collection and its dietary determinants in healthy Japanese adults. *J Epidemiol* 2016; 26(12): 613-621.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Nerhus I, Odland M, Kjellevoid M, Midtbø LK, Markhus MW, Graff IE, et al. Iodine status in Norwegian preschool children and associations with dietary iodine sources: the FINS-KIDS study. *Eur J Nutr* 2019; 58(6): 2219-2227.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. Lee JY. Iodine analysis method establishment and content monitoring of food. Seoul: Global Health Care, Korea Food & Drug Administration; 2006.
33. Kim BH, Kim CI, Choi SH. Development of nutrient database - 3. Mineral composition of foods -. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute; 2003.
34. Moon SJ, Kim JY, Chung YJ, Chung YS. The iodine content in common Korean foods. *Korean J Nutr* 1998; 31(2): 206-212.
35. Rural Development Administration. Korean food composition table. 7th ed. Jeonju: Rural Development Administration; 2006.
36. The Korean Nutrition Society. Food values. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2009.
37. Chang NS, Cho YW, Kim WJ. Iodine intake and excretion of the patients with thyroid disease. *Korean J Nutr* 1994; 27(10): 1037-1047.