

Research Article



가임기 여성의 요오드 섭취 수준의 안전성 평가 연구: 2013–2015 국민건강영양조사 자료 활용

이정숙 

국민대학교 식품영양학과

A study to evaluate the safety of iodine intake levels in women of childbearing age: 2013–2015 Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Jung-Sug Lee 

Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

OPEN ACCESS

Received: Nov 11, 2021

Revised: Dec 9, 2021

Accepted: Dec 10, 2021

Correspondence to

Jung-Sug Lee

Department of Food and Nutrition, Kookmin
University, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu,
Seoul 02707, Korea.

Tel: +82-2-910-6438

E-mail: leejs1945@kookmin.ac.kr

© 2021 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/](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

Jung-Sug Lee 

<https://orcid.org/0000-0001-8738-6409>

Funding

This research was supported by grants from
the 2021 Amorepacific Foundation.

Conflict of Interest

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

ABSTRACT

Purpose: This study was conducted to evaluate the safety of iodine intake based on ingestion levels and urinary iodine excretion of women of childbearing age (15–45 years old) using data from the 2013–2015 Korea National Health and Nutrition Examination Survey.

Methods: Iodine intake was calculated using the 24 hours dietary recall method and urinary iodine excretion. The iodine nutrition database for the analysis of dietary iodine intake was constructed using the food composition database of the Rural Development Administration (RDA), the Korean Nutrition Society (KNS), the Ministries of Food and Drug Safety, China and, Japan. The World Health Organization (WHO) evaluation criteria and hazard quotient (HQ) calculated using biomonitoring equivalents (BE) were applied to evaluate the safety of the iodine intake.

Results: Of the study subjects, 15.22% had a urinary iodine concentration level of less than 100 µg/L, which was diagnosed as deficient, and 48.16% had an excessive iodine concentration of over 300 µg/L. Urinary iodine concentration was 878.71 µg/L, iodine/creatinine was 589.00 µg/g, and iodine/creatinine was significantly higher at the age of 30–45 years. The dietary iodine intake was 273.47 µg/day, and the iodine intake calculated from the urinary iodine excretion was 1,198.10 µg/day. Foods with a high contribution to iodine intake were vegetables, seafood, seaweed and processed foods. The HQ was 1.665 when the urinary iodine content was > 1,000 µg/L.

Conclusion: The results of this study implicate that the urinary iodine concentration, rather than the dietary iodine intake, is more appropriate to evaluate the iodine status under the current situation that a comprehensive iodine database for Koreans has not been established.

Keywords: iodine, urine, women, biomonitoring equivalents (BE)

서론

요오드는 신체 대사 과정과 성장발달에 관여하는 우리 몸의 필수적인 미량 무기질로서 갑상샘호르몬인 thyroxine (T4)과 triiodothyronine (T3)을 구성하며 [1], 식품과 물을 통해서 섭취된다. 요오드의 주요급원식품은 국가 및 지역에 따라 차이를 보여 우리나라와 일본의 경우 해조류, 생선, 어패류 및 소금을 통해, 미국, 캐나다, 유럽의 경우 우유와 유제품, 달걀 등의 낙농제품, 시리얼, 요오드화 소금, 제빵 제품 등과 같은 가공식품을 통해 주로 섭취하는 것으로 보고되고 있다 [2,3].

요오드 섭취 수준을 보면 국외의 경우, 독일인 (4-75세)은 64-118 $\mu\text{g}/\text{day}$ (평균 45.3 $\mu\text{g}/\text{day}$) [4], 영국인은 남자 226 $\mu\text{g}/\text{day}$, 여자 163 $\mu\text{g}/\text{day}$ [3], 미국 성인 남자 240-300 $\mu\text{g}/\text{day}$, 성인 여자 190-210 $\mu\text{g}/\text{day}$ 섭취하고 있으나 [1], 일본인은 평균 1,565 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로 보고하고 있어 미국을 비롯한 유럽 국가들에 비해 상당히 높은 수준이었다 [5]. 국내 요오드 섭취 수준은 2007-2009년 국민건강영양조사 자료를 활용한 Han 등 [6]의 연구에서 만 20세 이상 성인은 전체 평균 837.5 $\mu\text{g}/\text{day}$, 남자 943.1 $\mu\text{g}/\text{day}$, 여자 763.5 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로 유럽국가나 미국인의 요오드 섭취량보다 높았으나 일본인보다는 낮았고, 요오드 섭취량의 80% 이상을 해조류와 절임 채소를 통해 섭취하는 것으로 보고하였다. 또한, 만 19세 이상 성인을 대상으로 요오드 섭취량의 변화 트렌드를 분석한 Ko 등 [7]의 연구에서 1998년에 797.0 $\mu\text{g}/\text{day}$, 2014년에 291.6 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로 보고하였는데, 1998년에 비해 2014년도에 요오드 섭취량이 감소하는 추이를 보이며 미국이나 영국의 요오드 섭취수준과 유사하였다.

그러나, 식품 섭취량을 적용한 요오드 섭취량 산출은 다양한 문제로 인해 한계를 드러내고 있다. 즉, 식품 내 요오드 함량은 매우 낮으며, 시료의 연소 및 분리 과정 중 손실, 분석 시약의 오염 등 다양한 요인으로 인해 식품 내 요오드 함량의 정확한 측정에 어려움이 있다. 이러한 어려움은 식품영양성분 데이터베이스 내 요오드 영양정보의 정확도 문제와 요오드 영양 정보가 누락된 식품들의 존재로 인해 개인별로 정확한 요오드 섭취량의 산출은 현실적으로 쉽지 않다 [7].

식품으로 섭취한 요오드는 체내에서 대사된 후 90% 이상이 소변으로 배설되므로 식품을 통한 요오드 섭취량 산출의 문제를 해결하기 위한 방안으로 소변으로 배설된 요오드 함량을 적용하여 요오드 섭취량을 간접적으로 산출하는 방법이 활용되고 있다 [8,9]. 미국의 National Health and Nutrition Examination Survey 3기(1988-1994) 자료를 활용한 Soldin 등 [10]의 연구는 만 15-44세의 가임기 여성의 경우 소변 중 요오드/크레아티닌 비율 증가 시 갑상샘자극호르몬 (thyroid stimulating hormone, TSH) 농도가 유의적으로 높아지는 것으로 보고하고 있으며, 국내에서 수행된 다수의 연구 [11-14]에서도 갑상샘질환과 소변 중 요오드 함량이 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하고 있다. 특히, 갑상샘기능항진증 (hyperthyroidism)과 갑상샘암 (thyroid cancer)의 경우 정상인에 비해 소변 중 요오드 함량이 유의적으로 높은 것으로 보고되고 있고 [13], 갑상샘기능저하증 (hypothyroidism) 경우 소변 중 요오드 함량이 정상인에 비해 유의적으로 낮거나 높은 것으로 보고되고 있어 [12,13] 요오드 섭취량이 부족하거나 과잉 섭취 시 갑상샘질환과 관련이 있음을 시사한다.

최근에 수행된 메타연구에서도 소변 중 요오드 함량의 과잉은 갑상샘기능저하증의 위험을 2배 이상 높이는 것으로 보고하고 있어 소변 중 요오드 함량은 갑상샘질환과 밀접한 관련이

있고, World Health Organization (WHO)에서는 요오드 결핍과 과잉의 진단 기준을 소변 중 요오드 함량을 기준으로 설정하고 있다 [15,16]. 즉, 소변 중 요오드 함량이 20 $\mu\text{g/L}$ 미만이면 심각한 결핍으로, 20–49 $\mu\text{g/L}$ 이면 중등도 결핍, 50–99 $\mu\text{g/L}$ 이면 경미한 결핍, 100–199 $\mu\text{g/L}$ 이면 적정 수준, 200–299 $\mu\text{g/L}$ 이면 적정수준보다 다소 높은 위험, 300 $\mu\text{g/L}$ 이상이면 건강에 악 영향을 미칠 수 있는 과잉섭취 수준으로 분류하고 있다.

어린이의 갑상샘질환에 영향을 미치는 여러 요인들 중 하나로 어머니의 요오드 섭취량을 들 수 있다. 즉, 과량의 요오드를 섭취한 어머니가 모유 수유를 하는 경우 모유를 통한 과도한 요오드의 섭취에 의해 일시적으로 영유아의 갑상샘호르몬 생성을 저하시킬 수 있으며, 특히 미숙아들은 회복능력이 완전하지 않아 갑상샘기능저하증이 오랫동안 유지되는 문제가 발생할 수 있다 [17]. 또한, 어린이의 요오드 섭취 부족은 갑상샘질환만이 아니라 인지기능의 손상과 성장이 지연되는 증상이 나타날 수도 있다 [7]. 영유아기의 요오드 섭취는 모유 수유에 의해 영향을 받으며, 태아의 요오드 상태는 임신부의 요오드 섭취량에 영향을 받으므로 임신부나 수유부의 요오드 섭취가 부족한 일부의 국가에서는 요오드 보충제 섭취를 권장하고 있다 [18,19].

최근에는 가임기 여성을 대상으로 소변 중 요오드/크레아티닌 비율이 50 $\mu\text{g/g}$ 미만인 경우 정상인 집단에 비해 임신 능력이 46% 정도 감소한다는 연구가 발표 [20] 되면서 가임기 여성의 요오드 섭취에 관심이 집중되고 있다. 가임기 여성은 언제든지 임신이 가능한 연령으로 임신을 위한 충분한 영양성분을 체내 보유하고 있어야 한다. 특히 요오드의 요구량은 임신기간 동안 모체와 태아의 정상적인 갑상샘 기능 유지를 위해 증가한다. 모체 및 태아의 갑상샘의 정상적인 기능을 위해서는 임신 이전에 충분한 양의 요오드를 체내에 보유하고 있어야 할 뿐만 아니라 적절한 수준의 요오드 섭취가 요구된다.

그러나, 국내에서 수행된 다수의 연구를 보면 가임기 여성의 요오드 섭취 상태를 평가한 연구는 충분하지 않으며, 주로 만 19세 이상의 성인을 대상으로 소변 중 요오드 섭취 수준과 갑상샘질환 사이의 관련성을 파악한 연구들이 주를 이루고 있다. 그러므로 본 연구에서는 만 15–45세 가임기 여성의 요오드 섭취량 파악을 위해 식품을 통한 요오드 섭취 수준과 소변으로 배설된 요오드 함량을 통해 국내 가임기 여성의 요오드 섭취 수준을 평가하고자 하였다. 또한, 일본과 마찬가지로 해조류를 통한 요오드 섭취가 높을 것으로 판단되어 biomonitoring equivalents (BE)를 활용한 요오드 위해수준 (hazard quotient, HQ) 산출을 통해 가임기 여성의 요오드 섭취 수준의 안정성 평가를 수행하고자 하였고, 이를 통해 국내 가임기 여성의 적절한 요오드 섭취량 설정을 위한 가이드를 제안하고자 하였다.

연구방법

연구대상자 선정

본 연구는 국가단위의 조사인 국민건강영양조사 자료 중 갑상샘질환 관련 검진자료가 공개되고 있는 2013–2015년도 제6기 국민건강영양조사 자료를 활용하여 갑상샘질환 검진과 24시간 식이조사를 동시에 수행한 만 15–45세의 여성을 대상으로 하였다. 즉, 제6기 국민건강영양조사의 갑상샘질환 검진과 24시간 식이조사를 동시에 수행한 7,429명 중 남자 3,527명을 제외

하였고, 만 15세 미만이거나 만 46세 이상인 여자 2,241명을 제외한 1,661명 중 에너지 섭취량이 500 kcal 미만 또는 5,000 kcal 초과 섭취자 18명, 임신부 또는 수유부 84명을 제외한 1,559명의 자료를 분석 대상 자료로 선정하였다 (Fig. 1).

제6기 1차, 2차년도 국민건강영양조사 자료는 질병관리본부 연구윤리심의위원회 승인 (2013-07OCN-03-4C, 2013-12EXP-03-5C)을 받았으나, 제6기 3차년도는 생명윤리법과 그 시행규칙 제2조에 근거하여 연구윤리심의위원회의 심의를 면제받았다.

인구통계학적 지표 및 식생활 관련 지표

사회 경제적 요인 중 수입, 음주, 흡연, 신체활동 여부는 국민건강영양조사 원시 자료 이용지침서에 근거하였다. 즉, 가계소득은 사분위수로 분류된 ‘하’, ‘중하’, ‘중상’, ‘상’의 코드 값을 적용하였다. 흡연 여부는 평생 담배 5갑 (100개비) 이상을 피웠고, 현재도 담배를 피우는 경우를 ‘흡연자’로 분류하였고 평생 담배를 5갑 이하를 피웠거나 피워 본적이 없는 경우, 현재 담배를 피우지 않는 경우를 ‘비흡연자’로 분류하였다. 음주 여부는 최근 1년 동안 월 1회 이상 음주한다고 응답한 경우를 ‘음주자’로, 월 1회 미만 술을 마신다고 응답한 경우는 ‘비음주자’로 분류하였다. 신체활동 여부는 일주일에 중강도 신체활동을 2시간 30분 이상하거나 고강도 신체활동을 1시간 15분 이상 실천한 경우 ‘신체활동자’로, 그렇지 않은 경우는 ‘비신체활동자’로 분류하였다.

요오드 함량 데이터베이스 구축 및 식이를 통한 요오드 섭취량 산출

식품을 통한 요오드 섭취량 산출을 위해 2013–2015년 국민건강영양조사의 24시간 식사조사 자료에 활용되고 있는 5,120건의 식품코드를 중심으로 하여 요오드 함량 데이터베이스 (database, DB)를 구축하였다. 각 식품별 요오드 함량 자료는 농촌진흥청에서 발간한 ‘국가표준식품성분 9.2’ [21]를 기준으로 하였고, ‘국가표준식품성분 9.2’의 자료를 적용하지 못한 경우 한국영양학회의 Can Pro 5.0에서 제공하고 있는 각 식품별 요오드 함량 자료를 적용하였다 [22]. 즉,

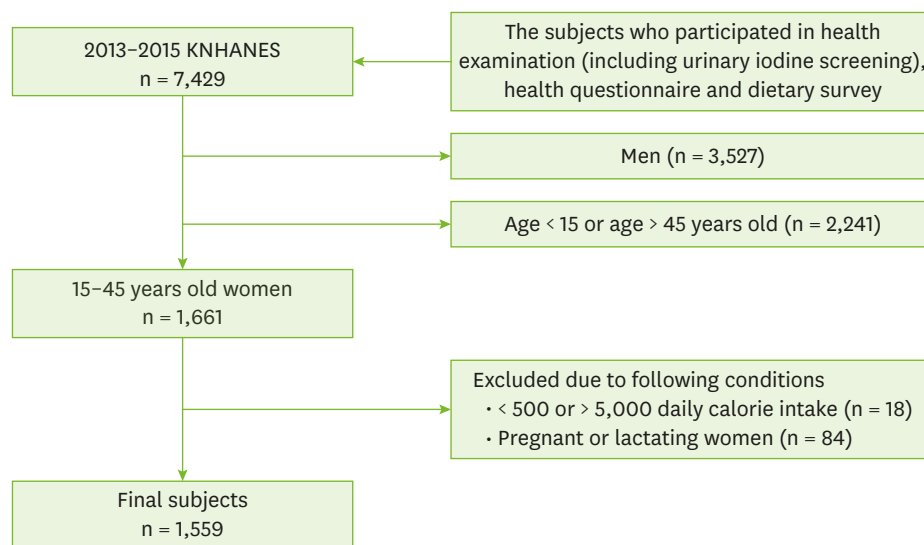


Fig. 1. The selection criteria of the subjects.
KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey.

‘국가표준식품성분 9.2’를 적용한 건수는 매칭 594건, 대체값 적용 535건으로 총 1,129건이었고, ‘Can Pro 5.0’ DB를 적용한 건수는 989건이었다. ‘국가표준식품성분 9.2’와 ‘Can Pro 5.0’를 통해서 매칭하지 못한 3,002건 중 28건은 식품의약품안전처의 식품영양성분 DB의 외식영양성분 DB 자료와 편이가공식품 DB 자료에 제공되고 있는 요오드 함량 자료 [23]를 적용하였고, 18건은 일본의 제7차 (2015년) 식품영양성분 DB [24]를, 8건은 2018년과 2019년에 식물성 식품과 동물성식품으로 나누어서 공개된 중국의 제6차 식품성분표 [25,26]를 적용하였다. 총 5,120건의 식품 중 2,172건의 식품에 대해 요오드 함량 자료 DB를 구축하여 42.42%의 구축율을 보였고, 요오드 자료를 적용하지 못한 2,948건은 ‘0’을 부여한 후 식이를 통한 하루 단위의 요오드 섭취량 분석에 활용하였다.

소변을 통한 요오드 섭취량 산출

본 연구진에 의해 구축된 요오드 함량 DB의 구축 현황을 보면 분석값을 매칭한 건수는 856건으로 16.72%에 불과하고, 유사한 식품이거나 환산율을 적용하여 대체값을 적용한 건수가 1,316건으로 25.70%로 코드 매칭 적용 식품 중 50% 미만의 식품만이 요오드 함량 정보를 적용하였고, 이외의 식품은 ‘0’의 값을 부여하여 실제 식품을 통한 요오드 섭취량은 과소 평가될 가능성이 매우 높다. 이에 본 연구에서 식이를 통한 요오드 섭취량을 간접적으로 평가하기 위해 소변으로 배설된 요오드 함량을 적용하여 요오드 섭취량을 산출하였다. 즉, 식이로 섭취한 요오드는 체내 대사 후 섭취한 요오드의 90% 이상이 소변을 통해 배설되고 있으므로 소변의 요오드 함량을 적용하여 식이를 통한 요오드 섭취량의 평가가 가능하다. 이에 제6기 국민건강영양조사 자료에서 공개하고 있는 소변 중 요오드 함량 자료를 적용하여 식이를 통해 섭취한 것으로 추정되는 요오드 섭취량을 산출하였다 [1].

요오드 섭취 수준의 안전성 평가

요오드 섭취 수준의 안전성 평가를 위해 소변을 통해 배출된 요오드 함량을 기준으로 하여 평가하였다. 즉, WHO에서 제시한 소변 중 요오드 함량을 기준으로 요오드 결핍 및 과잉을 진단하는 가이드 [16]를 적용하여 가임기 여성의 요오드 섭취 수준을 평가하였다. 즉, 소변 중 요오드 함량이 20 µg/L 미만인 경우 ‘severe iodine deficiency’, 20–49 µg/L는 ‘moderate iodine deficiency’, 50–99 µg/L는 ‘mild iodine deficiency’로 100 µg/L 미만은 요오드 섭취 수준이 충분하지 않은 것으로 판정할 수 있으며, 100–199 µg/L는 ‘adequate iodine nutrition’으로 요오드 섭취 수준이 적절한 것으로, 200–299 µg/L는 ‘slight risk of more than adequate intake’으로 요구량을 상회한 수준으로 섭취하는 것으로, 300 µg/L 이상이면 ‘risk for adverse health consequences’로 과잉 섭취한 것으로 평가하였다.

또한 2020년 한국인 영양소 섭취기준 중 요오드 상한 섭취량을 기준으로 가임기 여성의 연령별 BE를 산출 [16,27]한 후 소변을 통해 배설된 요오드 함량을 기준으로 HQ를 산출 [28]하였다.

갑상샘질환 분류 기준

갑상샘질환은 혈중 TSH와 유리티록신 (free T4) 농도를 활용하여 갑상샘기능저하증, 정상 및 갑상샘기능항진증으로 분류하였다. 즉, TSH가 > 6.84 mIU/L이고 free T4가 < 0.89 ng/dL이면 overt hypothyroidism으로 분류하였고, TSH가 > 6.84 mIU/L이고 free T4가 정상범위 (0.89–1.76 ng/dL) 이면 subclinical hypothyroidism으로 분류하여 TSH가 6.84 mIU/L를 초과할

경우 갑상샘기능저하증으로 진단하였다. 반면 TSH가 < 0.62 mIU/L이고 free T4가 > 1.76 ng/dL 이면 overt hyperthyroidism으로, TSH가 < 0.62 mIU/L이고 free T4가 정상범위이면 subclinical hyperthyroidism으로 분류하여 TSH가 0.62 mIU/L 미만일 경우 갑상샘기능항진증으로 진단하였고, 이외의 경우는 정상군으로 분류하였다 [29].

통계분석

모든 자료의 분석은 SAS 9.4를 활용하였고, 국민건강영양조사 원시 자료는 층화집락표본추출방법에 의해 추출된 표본을 대상으로 순환표본조사방법을 적용하여 조사된 자료이므로 모든 자료의 분석은 Survey Procedure를 이용하여 분석하였다. WHO 기준에 따른 요오드의 적정 섭취 수준 평가를 위해 소변 중 요오드 배설량의 분류 기준에 준하여 분류하였고, 극단 섭취자의 비율을 파악하기 위해 소변 중 요오드 배설량이 500 μ g/L 이상인 경우, 1,000 μ g/L 이상인 경우로 분류하여 연령별로 소변 중 요오드 함량에 따라 요오드 결핍자와 과잉자의 분포를 분석하였다.

연령과 소변 중 요오드 배설량을 기준으로 분류한 집단군별로 식이를 통한 요오드 섭취량, 소변 중 요오드 섭취량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량과 식이와 소변 중 요오드 함량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량 사이의 차이를 산출한 후 평균과 표준오차를 구하였다. 연령 및 소변 중 요오드 수준을 기준으로 한 분류군 사이의 유의성 검증은 $\alpha = 0.05$ 수준에서 ANOVA 실행 후 각 군간의 사후검증은 Tukey's test를 실시하였다. 요오드 섭취 수준의 안전성 평가를 위해 미국인을 위한 영양소섭취기준과 한국인을 위한 영양소섭취기준 중 상한섭취량에 준하여 계산된 BE를 적용하여 HQ를 산출하였다. 산출된 HQ는 연령별, 소변 중 요오드 수준군별로 기하평균과 사분위 분포를 분석하였고, 각 군간의 유의성 검증은 $\alpha = 0.05$ 수준에서 ANOVA 실시 후 Tukey's test로 검정하였다.

또한, 혈중 TSH와 free T4의 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인을 파악하기 위해 연령별, 소변 중 요오드 수준을 기준으로 한 분류군, 산출된 HQ값을 기준으로 0-0.49, 0.5-0.99, 1.0 이상군으로 분류한 군에 따른 혈중 TSH와 free T4의 농도는 기하평균, 사분위 분포 및 95백분위수를 분석하였다. 요오드 섭취 수준이 갑상샘질환에 미치는 영향력 파악을 위해 소변 중 요오드 수준에 따른 갑상샘질환 발생율을, 식이 요오드 섭취량과 소변 중 요오드 함량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량을 기준으로 4분위로 분류한 후 갑상샘질환자의 비율을 분석하였고, 각 군간의 유의성 검증은 χ^2 검증을 실시하였다.

소변 중 요오드 배설량에 영향을 미치는 식품군 파악을 위해 각 식품군별 섭취량을 기준으로 상위 50%에 해당하는 경우 고섭취군으로, 하위 50%에 해당하는 경우 저섭취군으로 분류한 후 소변 중 요오드 함량 사이의 관련성 파악을 위해 회귀분석을 수행하였다. 소변 중 요오드 함량은 크레아티닌 배설량에 보정하였고, 식이 요오드 섭취는 에너지 섭취량에 영향을 받을 수 있으므로 이에 따른 영향력을 배제하기 위해 회귀분석 시 식이 에너지 섭취량을 보정 변수로 활용하였다. 또한 사회경제적 요인이나 식행동에 따른 영향력을 배제하기 위해 연령, 교육수준, 수입, 음주, 흡연 및 신체활동 수준을 보정변수로 적용하여 각 식품군별 요오드 섭취량이 소변 중 요오드 배설량에 미치는 영향력을 분석하였다. 모든 자료 분석 시 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

결과

조사대상자의 일반적인 사항

조사대상자의 일반적인 사항은 **Table 1**과 같이 평균 체중은 57.79 kg, 평균 키는 160.91 cm, 체질량지수 (body mass index, BMI)는 22.32 kg/m²이었다. 연령별로 체중과 BMI는 30-45세에서 각각 58.50 kg, 22.72 kg/m², 19-29세 각각 56.54 kg, 21.63 kg/m²로 30-45세가 19-29세에 비해 유의적으로 높았다. 그러나, 키는 만 19-29세가 161.66 cm로 30-45세 160.58 cm에 비해 유의적으로 작았다 ($p < 0.01$).

수입은 전체적으로 ‘하’ 24.48%, ‘중하’ 25.53%, ‘중상’ 24.70%, ‘상’ 26.30%로 각 등급이 유사한 비율로 분포되었으며, 연령별로 보면 30-45세 연령군에 비해 15-18세 연령군에서 ‘상’에 해당하는 비율이 다소 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. 월 1회 이상 음주한 비율은 전체적으로 50.22% 이었고, 15-18세 13.40%, 19-29세 57.72%, 30-45세 53.17%로 만 19세 이상의 성인 연령군에서 53% 이상이 월 1회 이상 음주를 한 것으로 분석되어 연령에 따른 차이를 보였다 ($p < 0.001$). 흡연은 전체적으로 6.35%의 가임기 여성이 흡연을 한 것으로 조사되었고, 연령별로 보면 15-18세 6.17%, 19-29세 7.37%, 30-45세 5.86%로 모든 연령층에서 8% 미만이 흡연을 하는 것으로 분석되어 연령에 따른 차이를 보이지 않았다. 유산소 신체활동율은 15-18세 65.35%, 19-29세 59.90%, 30-45세 51.54%로 연령이 높아질수록 규칙적으로 유산소 신체활동을 실천하는 비율이 유의적으로 낮았다 ($p < 0.01$).

에너지를 비롯한 열량영양소의 섭취량을 보면 전체대상자의 경우 에너지 1,858.12 kcal/day, 탄수화물 274.48 g/day, 단백질 66.70 g/day, 지방 48.24 g/day이었고, 에너지, 탄수화물, 단백

Table 1. The general characteristics of the subjects

Variables	Total (n = 1,559)	15-18 years (n = 168)	19-29 years (n = 468)	30-45 years (n = 923)	p-value
Weight (kg)	57.79 ± 0.28	57.12 ± 1.09 ^{ab}	56.54 ± 0.57 ^b	58.56 ± 0.35 ^a	0.009
Height (cm)	160.91 ± 0.16	160.62 ± 0.61 ^{ab}	161.66 ± 0.28 ^b	160.58 ± 0.21 ^a	0.010
BMI (kg/m ²)	22.32 ± 0.11	22.08 ± 0.36 ^{ab}	21.63 ± 0.21 ^b	22.72 ± 0.13 ^a	< 0.001
Income					0.889
Low	375 (24.47)	39 (23.33)	113 (25.74)	223 (24.03)	
Middle-low	381 (25.53)	36 (23.25)	116 (24.23)	229 (24.91)	
Middle-high	386 (24.70)	42 (23.15)	110 (23.23)	234 (25.72)	
High	413 (26.30)	49 (30.27)	127 (26.80)	237 (25.34)	
Alcohol drinker ¹⁾					< 0.001
Non-drinker	749 (49.78)	147 (86.60)	188 (42.28)	414 (46.83)	
Drinker	777 (50.22)	19 (13.40)	270 (57.72)	488 (53.17)	
Smoking ²⁾					0.629
Non-smoker	1,409 (93.65)	142 (93.83)	424 (92.63)	843 (94.14)	
Smoker	102 (6.35)	9 (6.17)	34 (7.37)	59 (5.86)	
Aerobic activity ³⁾					0.004
Non-activity	660 (44.38)	55 (34.65)	186 (40.10)	419 (48.46)	
Activity	820 (55.62)	106 (65.35)	269 (59.90)	445 (51.54)	
Nutrient intake					
Energy (kcal)	1,858.15 ± 19.81	1,846.20 ± 67.03	1,875.63 ± 38.82	1,851.35 ± 24.58	0.860
Carbohydrate (g)	274.48 ± 2.96	275.68 ± 9.16	263.95 ± 5.27	279.66 ± 3.82	0.053
Protein (g)	66.70 ± 0.96	66.27 ± 3.47	66.37 ± 1.78	65.26 ± 1.16	0.847
Fat (g)	48.24 ± 0.88	49.43 ± 2.67 ^{ab}	52.55 ± 1.85 ^a	45.81 ± 1.03 ^b	0.005

Values are presented as mean ± SE or number (%).

¹⁾Drinker: people who drink more than once a month. ²⁾Smoker: people who had smoked more than 5 packs of cigarette (= 100 cigarettes) for lifetime or now smoking. ³⁾Activity: people who complete more than 2 hours 30 minutes of middle-intensity physical activity, or more than 1 hour 15 minutes of high-intensity physical activity in a week.

^{a,b}Significantly different at $\alpha = 0.05$ by Tukey's test after ANOVA.

질 섭취량은 연령에 따른 차이를 보이지 않았다. 그러나 지방 섭취량은 연령에 따라 유의적인 차이를 보여 만 15-18세 49.43 g/day, 19-29세 52.55 g/day, 30-45세 45.81 g/day로 19-29세가 30-45세에 비해 지방섭취량이 유의적으로 높았다 ($p < 0.01$).

소변 중 요오드 및 요오드/크레아티닌 함량

소변으로 배설된 요오드 함량을 WHO의 기준에 준하여 요오드 섭취 실태를 평가한 결과 **Table 2**와 같이 소변 중 요오드 함량이 50 µg/L 미만인 비율은 2.81%, 50-99 µg/L는 9.26%로 조사되어 국내 가임기 여성의 약 12% 정도는 요오드 결핍으로 진단되었고, 이들 중 20 µg/L 미만의 심각 수준의 요오드 결핍은 0.34%에 불과하였다 (자료 제시하지 않음). 소변 중 요오드 함량이 300 µg/L 이상으로 요오드를 과잉 섭취한 것으로 진단할 수 있는 대상자는 48.16%이었고, 이들 중 500 µg/L 이상인 비율은 33.1%로 가임기 여성의 1/3 정도로 높았다. 반면 요오드 섭취량이 적정수준으로 진단할 수 있는 소변 중 요오드 함량이 100-199 µg/L인 대상자는 24.61%로 국내 가임기 여성의 1/4 정도만이 요오드 섭취 수준이 적당한 것으로 평가되었다.

연령별, 소변 중 요오드 수준에 따른 군별로 소변 중 요오드 함량과 요오드/크레아티닌을 분석한 결과는 **Table 2**와 같다. 소변 중 요오드 함량을 보면 평균 878.71 µg/L이었고, 50백분위수 (2사분위, Q2) 280.95 µg/L, 75백분위수 (3사분위, Q3) 680.27 µg/L이었고, 95백분위수는 2,984.61 µg/L이었다. 연령별로 보면 소변 중 평균 요오드 함량은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았고, 15-18세에 비해 19-29세, 30-45세에서 25백분위수 (1사분위, Q1), 50백분위수 (2사분위, Q2), 75백분위수 (3사분위, Q3)에 해당하는 요오드 함량은 낮았다. 그러나, 95백분위수에 해당하는 소변 중 요오드 함량은 15-18세 2,662.12 µg/L, 19-24세 2,442.94 µg/L, 30-45세 3,323.12 µg/L으로 30-45세 연령층이 가장 높았고, 모든 연령층에서 Q2에 해당하는 소변 중 요오드 함량이 200 µg/L 이상이였다.

Table 2. Comparison of urine iodine and iodine/creatinine ratio by age and urinary iodine level

Variables	No (%)	Iodine (µg/L)						Iodine/creatinine (µg/g)			
		Mean ± SE ¹⁾	Percentile				Mean ± SE ¹⁾	Percentile			
			25	50	75	95		25	50	75	95
Total	1,559 (100.0)	878.71 ± 82.04	150.50	280.95	680.27	2,984.61	589.00 ± 54.16	103.22	186.45	458.69	2,194.09
Age (yrs)											
15-18	168 (10.69)	807.51 ± 100.96	215.22	376.71	826.83	2,662.12	426.71 ± 56.19 ^a	105.60	193.14	493.81	1,433.92
19-29	468 (30.26)	670.32 ± 80.16	141.89	236.34	574.93	2,442.94	371.71 ± 46.31 ^a	76.08	131.29	283.59	1,421.88
30-45	923 (59.05)	998.38 ± 129.80	140.70	283.28	739.24	3,323.12	729.73 ± 86.67 ^b	127.44	223.57	519.59	3,037.06
p-value		0.088					0.001				
Urine iodine level ¹⁾ (µg/L)											
< 50	37 (2.81)	36.88 ± 2.02 ^a	28.89	39.62	43.85	48.32	100.74 ± 15.02 ^a	46.30	64.26	153.31	190.29
50-99	145 (9.26)	75.34 ± 1.42 ^b	61.69	74.52	87.53	98.58	112.77 ± 7.81 ^a	57.42	84.91	144.60	265.16
100-199	375 (24.61)	148.82 ± 1.64 ^c	125.49	148.23	171.71	195.18	132.22 ± 6.71 ^a	70.86	105.10	160.26	307.33
200-299	245 (15.16)	244.64 ± 1.91 ^d	220.78	240.18	268.74	290.37	165.60 ± 8.30 ^b	91.78	132.47	186.62	458.17
300-499	243 (15.06)	385.65 ± 4.68 ^e	330.79	378.40	434.01	481.07	294.54 ± 32.23 ^c	152.71	201.79	310.75	634.13
500-999	259 (16.72)	721.25 ± 11.41 ^f	580.80	688.39	847.17	979.77	494.09 ± 25.49 ^d	286.40	397.90	580.09	1,151.67
≥ 1,000	255 (16.38)	3,776.14 ± 429.45 ^g	1,364.17	1,964.09	3,367.72	12,461.00	2,388.59 ± 288.74 ^e	740.76	1,177.87	2,413.92	7,076.77
p-value		< 0.001					< 0.001				

Values are presented as mean ± SE.

¹⁾Epidemiological criteria developed by the World Health Organization; severe deficiency: < 20 µg/L, moderate deficiency: 20 to 49 µg/L, mild deficiency: 50 to 99 µg/L, adequate: 100 to 199 µg/L, slight risk of more than adequate intake: 200 to 299 µg/L, risk of adverse health consequences.: ≥ 300 µg/L.

^{a,b,c,d,e,f,g}Significantly different at $\alpha = 0.05$ by Tukey's test after ANOVA.

소변 중 요오드/크레아티닌 함량은 가임기 여성 전체 589.00 $\mu\text{g/g}$ 이었고, Q1, Q2, Q3에 해당하는 요오드/크레아티닌 함량은 각각 103.22 $\mu\text{g/g}$, 186.45 $\mu\text{g/g}$, 458.69 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, 95백분위수는 2,194.09 $\mu\text{g/g}$ 로 2,000 $\mu\text{g/g}$ 이상의 높은 수준이었다. 연령별로 보았을 때 15-18세 428.71 $\mu\text{g/g}$, 19-29세 371.71 $\mu\text{g/g}$, 30-45세 729.73 $\mu\text{g/g}$ 으로 15-18세와 19-29세에 비해 30-45세가 유의적으로 높았다 ($p < 0.01$). 15-18세와 30-45세에 비해 19-29세에서 Q1, Q2, Q3에 해당하는 소변 중 요오드/크레아티닌 함량이 낮았으며, 95백분위수에 해당하는 소변 중 요오드/크레아티닌 함량은 15-18세와 19-29세는 각각 1,433.92 $\mu\text{g/g}$, 1,421.88 $\mu\text{g/g}$ 으로 유사한 값을 보였으나, 30-45세는 3,037.06 $\mu\text{g/g}$ 으로 2배 정도 높은 수준이었다. 소변 중 요오드 수준에 따른 요오드/크레아티닌 함량은 소변 중 요오드 수준 군간에 차이를 보여 요오드 섭취 수준이 높을수록 요오드/크레아티닌 함량이 유의적으로 높았으며, Q1, Q2, Q3 및 95백분위수에 해당하는 값 역시 소변 중 요오드 함량이 높은 군에서 높아지는 추이를 보였다 ($p < 0.001$).

식이 및 소변을 통한 요오드 섭취량 산출

식을 통한 요오드 섭취량과 소변을 통해 산출된 요오드 섭취량을 분석한 결과는 **Table 3**과 같다. 가임기 전체 대상자의 식이를 통한 요오드 섭취량은 273.47 μg 이었고, 소변 중 요오드 함량을 통해 산출된 요오드 섭취량은 1,198.10 μg 으로 식이를 통한 요오드 섭취량보다 소변으로 배설된 요오드 함량을 적용하여 산출된 요오드 섭취량이 4배 이상 높았다. 또한 요오드 섭취량의 백분위수를 보면 식이를 통한 Q3에 해당하는 섭취량은 144.61 μg 이었고, 95백분위수에 해당하는 섭취량은 1,005.84 μg 이었으나, 소변을 통한 요오드 배설량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량의 경우 Q2는 383.84 μg , Q3는 942.51 μg 로 Q3에 해당하는 섭취량이 식이를 통한 요오드 섭취량 95백분위수에 해당하는 섭취량과 유사한 수준이었다. 연령별로 식이를 통한 요오드 섭취량, 소변 중 요오드 함량을 통해 산출된 요오드 섭취량 및 식이를 통한 요오드 섭취량과 소변을 통해 배설된 요오드 함량을 통해 산출된 요오드 섭취량의 차이는 연령에 따라 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

소변을 통한 요오드 수준에 따른 식이 요오드 섭취량은 각 군 간에 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 소변을 통한 요오드 함량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량은 소변을 통한 요오드 함량을 기준으로 한 각 군 간에 차이를 보여 소변 중 요오드 함량이 높을수록 산출된 요오드 섭취량이 유의적으로 높았다. 소변을 통한 요오드 함량을 기준으로 식이 섭취량과 산출된 요오드 섭취량의 차이를 보면 50 $\mu\text{g/L}$ 미만군, 50-99 $\mu\text{g/L}$ 군, 100-199 $\mu\text{g/L}$ 군의 경우 각각 126.45 μg , 70.51 μg , 49.80 μg 으로 산출된 요오드 함량보다 식이를 통한 요오드 섭취량이 높았으며, 이외 200 $\mu\text{g/L}$ 이상 배설된 군의 경우 음의 값을 보였다.

각 식품군별 요오드 섭취량을 소변 중 크레아티닌 함량에 보정한 후 요오드 함량에 영향을 미치는 주요 급원식품을 파악한 결과는 **Table 4**와 같다. 즉, 각 식품군별 섭취량을 기준으로 50 백분위수 이상 섭취 시 상위군, 50백분위수 미만 섭취 시 하위군으로 분류한 후 로지스틱 회귀분석을 통해 소변 중 요오드 함량에 미치는 영향력을 분석하였다. 그 결과 에너지 섭취량에만 보정 시 채소류, 해조류, 어패류, 가공식품 섭취가 소변 중 요오드 함량에 양의 영향력을 미치는 것으로 분석되었고, 에너지, 연령, 교육수준, 수입, 음주, 흡연 및 신체활동에 보정 시 채소류와 가공식품 섭취량만이 소변 중 요오드 함량을 증가시키는 식품군으로 분석되었다.

Table 3. Comparison of dietary iodine intake by 24 hours recall method and iodine intake calculated by urinary iodine excretion

Variables	Dietary iodine intake by 24 hrs recall (µg/day)					Iodine intake calculated by urinary iodine excretion (µg/day)					Difference (µg/day) ¹⁾							
	Mean ± SE	Percentile	25	50	75	95	Mean ± SE	Percentile	25	50	75	95	Mean ± SE	Percentile	25	50	75	95
Total	1,559	273.47 ± 30.26	29.37	62.12	144.61	1,005.84	1,198.10 ± 117.84	195.90	383.84	942.51	3,831.61	-924.63 ± 121.18	-755.54	-268.00	-87.33	501.66		
Age (yrs)																		
15-18	168	210.92 ± 33.89	23.08	62.47	123.28	1,048.10	1,094.82 ± 145.52	285.00	513.45	1,103.03	3,340.80	-883.90 ± 147.29	-976.98	-388.00	-157.09	496.26		
19-29	468	212.95 ± 48.07	25.98	53.36	125.38	786.28	877.06 ± 105.66	180.66	331.79	774.29	3,156.57	-664.81 ± 112.30	-656.42	-230.40	-81.52	239.15		
30-45	923	316.16 ± 44.89	31.08	67.12	164.63	1,114.47	1,381.31 ± 188.35	192.77	393.48	1,031.42	4,715.75	-1,065.15 ± 193.62	-771.94	-266.99	-78.37	645.60		
p-value		0.136					0.052					0.165						
Urine iodine level ²⁾ (µg/L)																		
< 50	37	176.75 ± 90.40	28.48	64.59	93.67	424.02	50.30 ± 2.84 ^a	38.40	51.23	60.75	76.86	126.45 ± 90.27 ^{ab}	-20.26	12.78	49.90	379.85		
50-99	145	174.01 ± 25.96	22.00	56.54	129.09	785.83	103.50 ± 2.28 ^b	82.80	103.35	120.81	143.63	70.51 ± 26.29 ^a	-78.10	-36.76	37.61	711.81		
100-199	375	251.02 ± 53.40	28.24	58.96	129.69	775.46	201.22 ± 3.07 ^c	163.54	191.96	232.84	298.55	49.80 ± 53.37 ^{ab}	-175.39	-125.38	-49.50	575.69		
200-299	245	218.05 ± 40.51	26.25	63.97	146.17	916.11	333.96 ± 5.02 ^d	285.78	334.12	376.14	452.21	-115.91 ± 40.74 ^b	-320.27	-239.13	-164.36	627.06		
300-499	243	372.43 ± 136.64	26.78	57.65	119.81	674.53	532.66 ± 10.48 ^e	437.90	513.29	595.48	796.20	-160.22 ± 138.48 ^{ab}	-545.61	-424.04	-333.94	221.83		
500-999	259	262.30 ± 34.05	31.76	67.73	192.73	1,363.69	982.74 ± 21.27 ^f	748.23	947.67	1,133.26	1,462.07	-720.44 ± 37.18 ^c	-1,030.59	-769.59	-580.12	138.00		
≥ 1,000	255	351.75 ± 90.80	34.46	63.87	151.42	1,133.84	5,144.81 ± 623.92 ^g	1,737.33	2,703.22	4,750.06	18,011.00	-4,793.05 ± 635.44 ^d	-4,573.87	-2,597.80	-1,590.01	-663.78		
p-value		0.170					< 0.001					< 0.001						

Values are presented as mean ± SE.

¹⁾Difference (µg/day) = dietary iodine intake by 24 hours recall - iodine intake calculated by urinary excretion. ²⁾Epidemiological criteria were developed by the WHO: severe deficiency: < 20 µg/L, moderate deficiency: 20 to 49 µg/L, mild deficiency: 50 to 99 µg/L, adequate: 100 to 199 µg/L, slight risk of more than adequate intake: 200 to 299 µg/L, risk of adverse health consequences: ≥ 300 µg/L. ^{a,b,c,d,e,f,g}Significantly different at α = 0.05 by Tukey's test after ANOVA.

Table 4. Regression coefficients for the association between food group intake and creatinine-adjusted urinary iodine excretion level

Food group	Prevalence of intake (%) ¹⁾		Creatinine adjusted urinary iodine excretion level (µg/g)			p-value
	β ²⁾	95% CI	β ³⁾	p-value	95% CI	
Grains and their products	50.0	(-0.694, 0.032)	0.066	0.536	(-0.063, 0.194)	0.318
Potatoes and their products	18.5	(-0.154, 0.146)	0.009	0.959	(-0.155, 0.173)	0.914
Sugars & sweets	9.4	(-0.298, 0.124)	-0.105	0.417	(-0.330, 0.119)	0.357
Legumes and their products	35.5	(-0.054, 0.193)	0.299	0.299	(-0.112, 0.153)	0.760
Nuts and seeds	17.5	(-0.053, 0.257)	0.196	0.196	(-0.110, 0.231)	0.484
Vegetables and their products	50.0	(0.110, 0.335)	0.223	< 0.001	(0.049, 0.294)	0.006
Mushrooms	18.7	(-0.101, 0.208)	0.053	0.499	(-0.114, 0.205)	0.577
Fruits and their products	36.4	(-0.078, 0.158)	0.040	0.509	(-0.117, 0.138)	0.871
Meats and their products	50.0	(-0.043, 0.191)	0.074	0.214	(-0.071, 0.180)	0.394
Eggs	50.0	(-0.058, 0.179)	0.061	0.316	(-0.066, 0.189)	0.346
Fishes and shellfishes	45.8	(0.003, 0.239)	0.121	0.044	(-0.100, 0.151)	0.687
Seaweeds and their products	40.2	(0.014, 0.238)	0.125	0.027	(-0.016, 0.220)	0.089
Brown seaweed	14.0	(-0.050, 0.293)	0.122	0.165	(-0.117, 0.260)	0.458
Laver	27.3	(-0.021, 0.221)	0.100	0.104	(-0.048, 0.209)	0.217
Sea tangle	6.6	(-0.016, 0.428)	0.206	0.069	(-0.046, 0.406)	0.119
Milk and dairy products	48.4	(-0.075, 0.157)	0.041	0.488	(-0.086, 0.157)	0.568
Oils	50.0	(-0.068, 0.177)	0.054	0.385	(-0.089, 0.172)	0.531
Beverages	50.1	(-0.125, 0.112)	-0.006	0.916	(-0.190, 0.059)	0.303
Processed foods	50.0	(0.115, 0.348)	0.231	< 0.001	(0.116, 0.363)	< 0.001

The p-value was calculated by logistic regression analysis.

CI, confidence interval.

¹⁾Percent of subjects who consumed more than the median value amount for each food group. ²⁾Intake high vs. low, adjusted for caloric intake. ³⁾Intake high vs. low, adjusted for caloric intake, education (elementary or less, middle, high, college or more), income (low, medium-low, medium-high, high), drinking (yes/no), current smoking (yes/no), physical activity (yes/no), and caloric intake.

요오드 섭취 수준의 안전성 평가

미국인 영양소 섭취기준과 한국인 영양소 섭취기준 중 연령별 요오드의 상한섭취량을 기준으로 BE를 산출한 결과는 Table 5와 같이 미국인의 영양소 섭취기준 적용 시 산출된 BE는 모든 연령층에서 730 µg/L이었으나, 한국인 영양소 섭취기준 적용 시 BE는 15-18세 연령군은 1,400 µg/L, 19세 이상 연령군은 1,500 µg/L로 한국인의 영양소 섭취기준을 적용하여 산출한 BE가 미국인의 영양소 섭취기준을 적용하여 산출된 BE보다 2배 정도 더 높았다.

미국인 영양소 섭취기준과 한국인 영양소 섭취기준 중 요오드 상한섭취량을 적용하여 산출된 BE를 적용하여 HQ를 산출한 결과는 Table 5와 같이 가임기 여성 전체 대상자의 경우 미국인 기준의 BE 산출 결과 적용 시 HQ는 평균 0.466 이었고, Q1은 0.206, Q2는 0.385, Q3는 0.932 이었고, 95백분위수는 4.089의 높은 값을 보였다. 한국인 기준의 BE 산출 결과를 적용 시 평균 HQ는 0.212 이었고, Q1은 0.101, Q2는 0.188, Q3는 0.459 이었으며, 95백분위수는 1.990으로 미국인의 BE를 적용시에 비해 50%정도 낮은 수준이었다. 미국인 BE 적용 시 Q3에 해당하는 값이 0.932로 위험하다고 판단할 수 있는 1의 값에 근접하였고, 한국인 영양소 섭취기준을 적용하여 산출한 BE 적용 시 Q3에 해당하는 HQ는 0.5 이었으나 95백분위수에 해당하는 값은 1.99로 2에 가까운 값을 보여 상위 95백분위수에 해당하는 대상자들의 요오드 섭취 수준은 건강에 위험하다고 판정될 수 있는 위험한 수준으로 과다하게 섭취하는 것으로 나타났다.

연령별로 보면 미국인의 영양소 섭취기준을 적용하여 산출된 BE를 기준으로 계산된 HQ는 15-18세 0.609, 19-29세 0.414, 30-45세 0.472로 15-18세에 비해 19-29세, 30-45세에서 유의적으로 낮은 HQ 값을 보였고, 15-18세와 30-45세의 경우 Q3에 해당하는 HQ 값이 각각 1.133, 1.013으로 1 이상의 HQ를 보였다. 한국인의 영양소 섭취기준을 적용하여 산출된 BE를 적용한

Table 5. Comparison of HQ¹⁾ according to USA and Korean DRI by BE, age and urinary iodine excretion level

Variables	No.	USA DRI								Korean DRI							
		Mean ³⁾	95% CI ⁴⁾	Percentile				Mean ³⁾	95% CI ⁴⁾	Percentile							
				25	50	75	95			25	50	75	95				
BE value ²⁾																	
15-18 yrs		730							1,400								
≥ 19 yrs		730							1,500								
Total	1,559	0.466 ± 0.011	0.432, 0.503	0.206	0.385	0.932	4.089	0.228 ± 0.009	0.212, 0.247	0.101	0.188	0.459	1.990				
Age (yrs)																	
15-18	168	0.609 ± 0.052 ^a	0.516, 0.720	0.295	0.516	1.133	3.647	0.318 ± 0.027 ^a	0.269, 0.376	0.154	0.269	0.591	1.902				
19-29	468	0.414 ± 0.025 ^b	0.368, 0.465	0.194	0.324	0.788	3.347	0.201 ± 0.012 ^b	0.179, 0.226	0.095	0.158	0.383	1.629				
30-45	923	0.472 ± 0.025 ^b	0.426, 0.523	0.193	0.388	1.013	4.552	0.230 ± 0.012 ^b	0.207, 0.255	0.094	0.189	0.493	2.215				
p-value		< 0.001						< 0.001									
Urinary iodine excretion level ⁵⁾ (µg/L)																	
< 50	37	0.048 ± 0.003 ^a	0.042, 0.055	0.040	0.054	0.060	0.066	0.023 ± 0.002 ^a	0.021, 0.027	0.019	0.026	0.029	0.032				
50-99	145	0.101 ± 0.002 ^b	0.097, 0.105	0.085	0.102	0.120	0.135	0.049 ± 0.001 ^b	0.048, 0.051	0.042	0.050	0.058	0.066				
100-199	375	0.200 ± 0.002 ^c	0.196, 0.205	0.172	0.203	0.235	0.267	0.098 ± 0.001 ^d	0.096, 0.100	0.084	0.099	0.116	0.130				
200-299	245	0.333 ± 0.003 ^d	0.328, 0.338	0.302	0.329	0.368	0.398	0.163 ± 0.001 ^d	0.161, 0.166	0.147	0.162	0.179	0.197				
300-499	243	0.522 ± 0.006 ^e	0.510, 0.535	0.453	0.518	0.595	0.659	0.257 ± 0.003 ^e	0.251, 0.263	0.222	0.258	0.294	0.325				
500-999	259	0.965 ± 0.015 ^f	0.936, 0.996	0.796	0.943	1.161	1.342	0.475 ± 0.008 ^f	0.460, 0.490	0.388	0.463	0.575	0.658				
≥ 1,000	255	3.396 ± 0.207 ^g	3.012, 3.828	1.869	2.691	4.613	17.070	1.665 ± 0.102 ^g	1.477, 1.877	0.914	1.315	2.396	8.307				
p-value		< 0.001						< 0.001									

HQ, hazard quotient; DRI, dietary reference intake; BE, biomonitoring equivalents; CI, confidence interval.

¹⁾HQ = urinary iodine excretion (µg/L)/BE. ²⁾BE values were calculated using equation, an F_{ue} of 0.9, and a daily urinary volume of 20 mL/kg or daily creatinine excretion rate of 20 mg/kg (Aylward et al. [27]). ³⁾Geometric mean ± SE. ⁴⁾95% CI of geometric mean. ⁵⁾Epidemiological criteria were developed by the World Health Organization; severe deficiency: < 20 µg/L, moderate deficiency: 20 to 49 µg/L, mild deficiency: 50 to 99 µg/L, adequate: 100 to 199 µg/L, slight risk of more than adequate intake: 200 to 299 µg/L, risk of adverse health consequences: ≥ 300 µg/L.

^{a,b,c,d,e,f,g}Tukey's test results show significant difference at α = 0.05 level.

HQ를 보면 15-18세 0.313, 19-29세 0.201, 30-45세 0.230으로 모든 연령층에서 0.32 이하의 낮은 HQ 값을 보였고, Q3에 해당하는 연령별 HQ는 0.6 이하의 값을 보여 HQ값이 1 이하로 안전한 수준이었으나 95백분위수에 해당하는 HQ는 1 이상이었다.

소변을 통한 요오드 함량을 기준으로 분류한 각 군의 HQ는 미국인과 한국인 영양소 섭취기준 적용 시 소변 중 요오드 함량이 500 µg/L 미만인 경우 평균 HQ 값이 미국 기준 적용 시 0.55 이하의 값을, 한국 기준 적용 시 0.26 이하의 값을 보였을 뿐 아니라 95백분위수에 해당하는 HQ 역시 1 이하이었다. 500-999 µg/L 사이의 경우 평균 HQ는 미국인 기준 적용 시 0.965, 한국인 기준 적용 시 0.460으로 1 이하였으나, 미국인 기준 적용 시 Q3에서 1.161으로 1 이상의 HQ를 보인 반면, 한국인 기준 적용 시 95백분위수에서 0.658로 1 이하의 HQ를 보였다. 소변 중 요오드 함량이 1,000 µg/L 이상인 경우 미국인 기준 적용 시 3.396, 한국인 기준 적용 시 1.665로 1 이상의 HQ값을 보여 소변을 통해 1,000 µg/L 이상의 요오드를 배출할 경우 요오드 과잉섭취로 인해 건강에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

혈중 갑상샘호르몬 및 갑상샘질환 발생률

혈중 갑상샘호르몬인 TSH와 유리티록신 (free T4)의 농도는 Table 6과 같이 가임기 여성의 TSH는 2.14 mIU/L이었고, free T4는 1.20 ng/dL이었으며, TSH가 5 mIU/L 이상인 대상자는 8.16% 이었다. 연령별로 보았을 때 혈중 TSH 농도는 연령군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, TSH가 5 mIU/L 이상인 대상자의 비율은 15-18세 6.48%, 19-29세 7.88%, 30-45세 8.61%로 연령이 높아질수록 5 mIU/L 이상인 대상자의 비율이 증가하는 추이를 보였다. Free T4의 농도는 15-18세, 19-29세 각각 1.23 ng/dL, 30-45세 연령군 1.19 ng/dL로 15-18세, 19-29세 연령군에 비해 30-45세 연령군의 free T4 농도가 유의적으로 낮았다 (p<0.001).

Table 6. Analysis of serum TSH and free T4 according age, urinary iodine excretion level, and HQ

Variables	No.	TSH (mIU/L)						Free T4 (ng/dL)				
		Mean ¹⁾	Percentile			> 5 mIU/L (%)	Mean	Percentile				
			25	50	75			95	25	50	75	95
Total	1,315	2.14 ± 0.07	1.52	2.25	3.47	6.22	8.16	1.20 ± 0.01	1.10	1.20	1.31	1.49
Age (yrs)												
15-18	152	2.01 ± 0.16	1.42	2.04	3.15	5.32	6.48	1.23 ± 0.02 ^a	1.11	1.22	1.33	1.57
19-29	428	2.20 ± 0.09	1.59	2.31	3.39	5.75	7.88	1.23 ± 0.01 ^a	1.12	1.23	1.32	1.49
30-45	735	2.12 ± 0.10	1.52	2.24	3.58	6.48	8.61	1.19 ± 0.01 ^b	1.08	1.18	1.29	1.48
p-value		0.549						< 0.001				
Urinary iodine excretion level (µg/L)												
< 50	28	2.13 ± 0.34	1.30	2.07	3.35	4.93	5.27	1.20 ± 0.03 ^{ab}	1.15	1.20	1.31	1.41
50-99	118	1.55 ± 0.28	1.25	2.12	3.03	4.83	3.71	1.23 ± 0.03 ^{ab}	1.11	1.19	1.31	1.63
100-199	323	2.03 ± 0.09	1.47	2.17	3.17	5.36	5.71	1.22 ± 0.01 ^a	1.13	1.23	1.31	1.48
200-299	211	2.39 ± 0.12	1.69	2.32	3.66	6.54	7.89	1.22 ± 0.01 ^a	1.13	1.23	1.32	1.50
300-499	208	2.11 ± 0.18	1.51	2.10	3.12	6.03	7.86	1.20 ± 0.02 ^{ab}	1.09	1.20	1.31	1.52
500-999	216	2.25 ± 0.12	1.54	2.21	3.45	6.17	8.47	1.18 ± 0.01 ^b	1.06	1.17	1.29	1.45
≥ 1,000	211	2.39 ± 0.20	1.81	2.54	4.12	7.64	15.10	1.17 ± 0.02 ^b	1.07	1.16	1.27	1.46
p-value		0.061						0.010				
HQ												
0.00-0.49	1,017	2.09 ± 0.07	1.49	2.19	3.34	5.92	7.10	1.21 ± 0.01 ^a	1.11	1.21	1.31	1.49
0.50-0.99	158	2.35 ± 0.15	1.78	2.35	3.57	6.01	7.07	1.15 ± 0.02 ^b	1.04	1.16	1.25	1.42
≥ 1.00	140	2.26 ± 0.27	1.69	2.55	4.12	7.72	17.05	1.19 ± 0.02 ^{ab}	1.07	1.16	1.29	1.47
p-value		0.216						0.001				

TSH, thyroid stimulating hormone; HQ, hazard quotient.

¹⁾Geometric mean ± SE.

^{a,b}Significantly different at α = 0.05 by Tukey's test after ANOVA.

소변 중 요오드 수준을 기준으로 한 혈중 TSH 농도는 1.55–2.40 mIU/L 사이로 소변 중 요오드 수준에 따른 차이를 보이지 않았으나, 혈중 TSH 농도가 5 mIU/L 이상인 대상자의 비율을 보면 50 µg/L 미만인 군 5.27%, 50–99 µg/L군 3.71%, 100–199 µg/L군 5.71%, 200–299 µg/L군 7.89%, 300–499 µg/L군 7.86%, 500–999 µg/L군 8.47%, 1,000 µg/L 이상군 15.10%로 소변 중 요오드 함량이 증가할수록 5 mIU/L 이상인 대상자의 비율이 증가하는 추이를 보였다. Free T4의 혈중 농도는 소변 중 요오드 함량이 500 µg/L 미만인 경우 1.20 ng/dL 이상의 값을, 소변 중 요오드 함량이 500 µg/L 이상인 경우 1.20 ng/dL 이하의 값을 보였으며, 소변 중 요오드 함량이 100–199 µg/L군과 200–299 µg/L 군이 500–999 µg/L군과 1,000 µg/L 군에 비해 유의적으로 높은 free T4값을 보였다 (p<0.05).

HQ를 기준으로 0–0.49, 0.50–0.99, 1.0로 분류한 후 TSH와 free T4함량을 분석한 결과 TSH농도는 2.09–2.35 mIU/L 사이의 값을 보여 HQ군에 따른 차이를 보이지 않았고, free T4의 농도는 0–0.49군 1.21 ng/dL, 0.50–0.99군 1.15 ng/dL로 두 군 간에 유의적 차이를 보였다 (p<0.01).

소변 중 요오드 함량, 식이 요오드 섭취량, 소변 중 요오드 함량으로 계산된 요오드 섭취량을 기준으로 갑상샘질환 유병율을 산출한 결과는 **Table 7**과 같이 가임기 여성 전체 대상자의 갑상샘기능저하증은 3.81%, 갑상샘기능항진증 3.73%로 갑상샘기능저하증과 갑상샘기능항진증 유병율은 유사한 수준이었고, 조사대상자의 93% 정도는 정상이었다. 소변 중 요오드 함량을 기준으로 분류한 군 간의 갑상샘질환 유병율은 200–299 µg/L일 때 갑상샘기능항진증의 비율이 가장 낮았고, 200 µg/L 미만일 때 갑상샘기능저하증의 비율이 2.5% 미만이었으나,

Table 7. Prevalence of thyroid dysfunction according to urinary iodine excretion level and dietary iodine intake

Variables	Hypothyroidism		Normal	Hyperthyroidism		p-value
	Overt ¹⁾	Subclinical ²⁾		Overt ³⁾	Subclinical ⁴⁾	
Total	8 (0.70)	43 (3.11)	1,463 (92.45)	10 (0.97)	35 (2.76)	
Urinary iodine excretion level (µg/L)						0.225
< 100	1 (0.65)	4 (1.82)	170 (92.94)	3 (3.16)	4 (1.42)	
100–199	0 (0.00)	6 (2.20)	356 (93.57)	2 (0.41)	11 (3.82)	
200–299	1 (0.99)	8 (3.23)	233 (95.11)	0 (0.00)	3 (0.66)	
300–499	3 (1.83)	4 (2.03)	230 (92.12)	2 (1.44)	4 (2.57)	
500–999	1 (0.25)	8 (3.82)	242 (91.65)	0 (0.00)	8 (4.28)	
≥ 1,000	2 (0.95)	13 (5.61)	232 (89.08)	3 (1.66)	5 (2.69)	
HQ						0.055
0.00–0.49	6 (0.72)	29 (2.79)	1,125 (92.78)	7 (0.92)	28 (2.80)	
0.50–0.99	0 (0.00)	4 (3.00)	188 (95.03)	0 (0.00)	3 (1.97)	
≥ 1.00	2 (1.45)	10 (5.55)	150 (87.06)	3 (2.53)	4 (3.41)	
Dietary iodine intake calculated by 24 hrs recall (%)						0.070
Q1 (< 28.11)	2 (0.78)	4 (0.90)	377 (96.92)	0 (0.00)	6 (1.41)	
Q2 (20.11–< 60.79)	0 (0.00)	11 (3.68)	366 (91.67)	4 (1.46)	9 (3.19)	
Q3 (60.79–< 141.30)	2 (0.52)	10 (2.66)	367 (93.80)	2 (0.77)	9 (2.24)	
Q4 (≥ 141.30)	4 (1.52)	18 (5.08)	353 (87.70)	4 (1.59)	11 (4.11)	
≥ 95 percentiles (≥ 892.64)	1 (0.73)	4 (4.45)	84 (89.92)	1 (0.64)	3 (4.26)	0.680
Iodine intake calculated by urinary iodine excretion (%)						0.313
Q1 (< 199.97)	1 (0.31)	8 (2.19)	367 (93.48)	5 (1.88)	8 (2.14)	
Q2 (199.97–< 385.71)	1 (0.61)	11 (3.24)	370 (93.78)	0 (0.00)	8 (2.37)	
Q3 (385.71–< 937.87)	3 (1.14)	7 (1.84)	367 (92.30)	2 (0.90)	11 (3.83)	
Q4 (≥ 937.87)	3 (0.78)	17 (5.15)	359 (90.26)	3 (1.08)	8 (2.74)	
≥ 95 percentiles (≥ 3,270.99)	0 (0.00)	6 (6.71)	83 (87.26)	0 (0.00)	4 (6.03)	0.087

Values are presented as number (%).

HQ, hazard quotient.

¹⁾Overt hypothyroidism: thyrotropin > 6.84 mIU/L, free T4 < 0.89 ng/dL. ²⁾Subclinical hypothyroidism: thyrotropin > 6.84 mIU/L, free T4 in normal range. ³⁾Overt hyperthyroidism: thyrotropin < 0.62 mIU/L, free T4 > 1.76ng/dL. ⁴⁾Subclinical hyperthyroidism: thyrotropin < 0.62 mIU/L, free T4 in normal range.

1,000 µg/L 이상일 때 6.56%로 갑상샘기능저하증의 비율이 다른 군에 비해 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.

HQ를 기준으로 0.00-0.49, 0.50-0.99, 1 이상으로 분류한 후 갑상샘질환 유병률을 보면 0.50-0.99 사이일 때 정상군이 95.03%로 가장 높았고, 1 이상일 때 87.06%로 정상군으로 분류되는 비율이 8% 정도 낮았고, 갑상샘기능저하증과 갑상샘기능항진증은 HQ1 미만일 때 4% 미만이었으나, HQ1 이상일 때 6-7%로 증가하였다. 즉, 소변 중 요오드 함량을 기준으로 산출된 HQ가 1 이상인 경우는 요오드 섭취량이 상한 섭취량을 상회하는 수준으로 요오드 섭취량 증가는 갑상샘질환의 유병률을 증가시키는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.

식을 통한 요오드 섭취량의 사분위 수 기준으로 분류한 후 (Q1-Q4) 갑상샘질환 유병률을 보면 Q1일 때 갑상샘기능저하증 1.68%, 갑상샘기능항진증 1.41%, Q2 일 때 갑상샘기능저하증 3.68%, 갑상샘기능항진증 4.65%, Q3 일 때 갑상샘기능저하증 3.18%, 갑상샘기능항진증 3.01%, Q4일 때 갑상샘기능저하증 6.60%, 갑상샘기능항진증 5.70%로 식이를 통한 요오드 함량이 Q1일 때 갑상샘기능저하증과 갑상샘기능항진증의 유병률이 가장 낮은 반면, Q4의 갑상샘기능저하증과 갑상샘기능항진증의 유병률이 가장 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다. 소변 중 요오드 함량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량을 기준으로 한 갑상샘질환 유병률 역시 Q1일 때 갑상샘질환 유병률이 가장 낮았고, Q4일 때 갑상샘질환 유병률이 가장 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다.

고찰

본 연구는 가임기 여성의 요오드 섭취 실태 및 갑상샘질환 유병률을 파악하기 위해 제6기 (2013-2015년) 국민건강영양조사 자료를 활용하여 만 15-45세 여자를 대상으로 식이를 통한 요오드 섭취량과 소변을 통한 요오드 배설량을 기준으로 계산한 요오드 섭취량을 기준으로 가임기 여성의 요오드 섭취 수준과 갑상샘질환 유병률을 분석하였다.

소변 중 요오드 함량을 WHO기준 [15]에 준하여 요오드 결핍 및 과잉의 상태를 평가한 결과 본 연구대상자의 12.07%는 100 µg/L 미만으로 요오드 섭취가 부적절하여 요오드 결핍의 상태인 것으로 판정할 수 있으며, 이들 중 0.5% 정도는 20 µg/L 미만으로 심각한 요오드 결핍으로 판정되었다. 연령별로 보았을 때 15-18세 청소년 연령군보다 19세 이상 성인 연령군에서 100 µg/L 미만인 대상자의 비율이 2배 정도 더 높은 것으로 나타나 청소년 연령층보다 성인 연령층에서 요오드 섭취가 불충분하여 결핍으로 판정되는 비율이 다소 높았다 (자료 제시하지 않음). WHO의 2007년 보고서 [30]에 따르면 소변 중 요오드 함량이 100 µg/L 미만의 요오드 결핍으로 판정되는 비율은 전세계적으로 30.6%로 보고하고 있으며, 유럽과 지중해 지역이 49% 이상으로 요오드를 부족하게 섭취한 대상자의 비율이 가장 높았고, 아메리카지역 11.6%로 가장 낮은 비율을 보이는 것으로 보고하고 있다. 본 연구의 경우 100 µg/L 미만이 12% 정도로 아메리카 지역과 유사하였고, 동남아시아지역 (30.0%)이나 서태평양지역 (21.2%)보다도 낮은 수준이었다. 미국의 가임기 여성을 대상으로 한 연구 [31]에서 소변 중 요오드 함량이 50 µg/L 미만인 경우 15.4%, 100 µg/L 미만인 경우 36.9%로 본 연구에 비해 높은 수준이었다. 반면, 소변 중 요오드 함량이 300 µg/L 이상인 경우 요오드 과잉섭취로 건강에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판정

하고 있다. 본 연구 대상자에서 소변 중 요오드 함량이 300 $\mu\text{g/L}$ 이상인 비율은 48.16%로 과반수 정도였고, 정상으로 판정할 수 있는 100–200 $\mu\text{g/L}$ 에 해당하는 비율은 25% 정도에 불과하여 국내 가임기 여성의 과반수 정도는 요오드를 과잉 섭취하는 것으로 평가되었다.

소변 중 요오드 함량은 평균 878.71 $\mu\text{g/L}$, 요오드/크레아티닌 함량은 평균 589.00 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 소변 중 요오드 함량은 연령에 따른 차이를 보이지 않았지만, 소변 중 요오드/크레아티닌 비는 30–45세 연령군이 729.73 $\mu\text{g/g}$ 으로 15–18세, 19–29세 연령군에 비해 유의적으로 높았다. 이로 보아 30대 이상의 가임기 여성이 청소년이나 20대 가임기 여성에 비해 요오드 섭취량이 더 많은 것으로 유추할 수 있다. Caldwell 등 [31]의 연구에서 가임기 여성의 소변 중 요오드 함량의 중앙값은 133 $\mu\text{g/L}$, 임신부 135 $\mu\text{g/L}$, 비임산부 133 $\mu\text{g/L}$ 이었고, 연령별로 소변 중 요오드 함량의 중앙값은 6–11세 198 $\mu\text{g/L}$, 12–19세 150 $\mu\text{g/L}$, 20세 이상 137 $\mu\text{g/L}$ 이었으며, 요오드/크레아티닌의 중앙값은 6–11세 238 $\mu\text{g/g}$, 12–19세 132 $\mu\text{g/g}$, 20세 이상 137 $\mu\text{g/g}$ 으로 연령이 증가할수록 소변을 통한 요오드 함량이 낮아지는 것으로 보고하고 있다. 본 연구대상자의 소변 중 요오드 함량의 중앙값은 280.95 $\mu\text{g/L}$ 로 선행연구에 비해 2배 정도 높았으며, 가임기 여성 전체대상자의 요오드/크레아티닌의 중앙값은 186 $\mu\text{g/g}$ 으로 선행연구에 비해 높은 수준이었다. 이는 국내 가임기 여성의 요오드 섭취량이 미국 가임기 여성에 비해 상당히 높은 수준임을 유추할 수 있다. 연령별로 15–18세의 소변 중 요오드/크레아티닌 중앙값은 193.14 $\mu\text{g/g}$, 19–29세의 경우 131.29 $\mu\text{g/g}$, 30–45세의 경우 223.57 $\mu\text{g/g}$ 으로 선행연구의 20세 이상 가임기 여성의 요오드/크레아티닌 중앙값은 본 연구대상자의 19–29세와 유사한 수준이었다. Kim 등 [32]이 국내 만 10세 이상 연령층의 요오드 섭취실태를 분석한 연구에서 소변 중 요오드 함량의 중앙값은 293.9 $\mu\text{g/L}$ 이었고, 사분위 범위는 116.5–683.6 $\mu\text{g/L}$ 로 본 연구대상자의 중앙값과 유사하였으나, 15–18세의 중앙값 376.71 $\mu\text{g/L}$ 보다는 낮은 수준이었다. Kim 등 [14]이 한국 성인을 대상으로 요오드 섭취량을 평가한 연구에서 소변 중 요오드/크레아티닌 함량이 남자 653.8 $\mu\text{g/g}$, 여자 691.6 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고하고 있으며, 연령별로 20–29세 여자는 666.7 $\mu\text{g/g}$, 30–39세 여자는 614.5 $\mu\text{g/g}$, 40–49세 여자는 718.8 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고하고 있어 본 연구대상자의 소변 중 요오드/크레아티닌은 선행연구 보다 낮은 수준이었다.

식이를 통해 섭취한 요오드는 체내 대사 후 대부분이 소변으로 배설되고 있으므로 소변 중 요오드 함량을 활용하여 식이를 통한 요오드 섭취량 산출이 가능하다. 본 연구에서 구축된 요오드 DB를 적용하여 식이를 통한 요오드 섭취량을 산출한 결과 평균 273.47 $\mu\text{g/day}$ 이었고, 소변으로 배출된 요오드 함량을 통해 계산된 요오드 섭취량은 평균 1,198.10 $\mu\text{g/day}$ 으로 평균 924.63 $\mu\text{g/day}$ 의 큰 차이를 보이고 있다. 이는 식품섭취량 자료를 활용한 요오드 섭취량보다 더 많은 양의 요오드를 식품을 통해 섭취하고 있다는 의미를 내포하고 있다. 즉, 본 연구에서 구축한 요오드 영양성분 DB의 구축율은 43% 정도로 낮은 수준이었으므로 실제 식품을 통한 요오드 섭취량보다 과소평가될 가능성이 있다. 식이를 통한 연령별 요오드 섭취량을 보면 15–18세, 19–29세에 비해 30–45세가 평균 100 $\mu\text{g/day}$ 더 섭취하는 것으로 분석되었고, 소변 중 요오드 함량을 기준으로 계산된 요오드 섭취량 역시 30–45세가 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 또한 소변 중 요오드 함량을 기준으로 분류한 각 군 간에 식이를 통한 요오드 섭취량은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 소변 중 요오드 함량을 기준으로 산출된 요오드 섭취량은 소변 중 요오드 함량이 높아질수록 유의적으로 높았다. 또한 식품 중 채소류, 어패류, 해조류, 가공식품을 통한 요오드 섭취량이 소변 중 요오드 함량에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 본 연구대상자의 요오드 섭취량에 기여도가 높은 식품군은 채소류, 가공식품, 해조류,

어패류 순이었고, 연령, 사회경제적 요인, 음주, 흡연 및 신체활동에 보정한 후에도 채소류와 가공식품의 섭취량이 소변 중 요오드 함량에 영향을 미치는 식이 요인이었다. 1998년에 정상 성인을 대상으로 요오드 섭취량을 분석한 연구 [14]에서 만 20세 이상 여자 성인의 요오드 섭취량은 504.6 $\mu\text{g/day}$ 이었고, 연령별로 20-29세 574.9 $\mu\text{g/day}$, 30-39세 341.1 $\mu\text{g/day}$, 40-49세 574.6 $\mu\text{g/day}$ 로 보고하고 있으며, 주로 김, 미역, 다시마와 같은 해조류를 통해 60% 이상의 요오드를 섭취하는 것으로 보고하고 있다. 2007-2009년 국민건강영양조사 자료를 활용한 Han 등 [6]의 연구에서 만 20세 이상 성인의 요오드 섭취량은 375.4 $\mu\text{g/day}$ 이었고, 해조류와 절임채소를 통해 80% 이상의 요오드를 섭취하는 것으로 보고하고 있다. 미국내 가임기 여성을 대상으로 요오드 섭취에 영향을 미치는 주요 급원식품을 조사한 연구 [33]에서 인종에 따라 요오드 섭취에 기여하는 식품의 종류에 차이를 보이기는 하나 가임기 여성의 요오드 섭취에 영향을 미치는 주요 급원식품으로 우유 및 유제품, 곡류, 생선 및 콩제품을 들고 있으며, 이외 소금의 사용 여부가 소변 중 요오드 함량에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다. 우리의 식생활과 가장 유사한 일본인의 경우 식이를 통한 평균 요오드 섭취량은 남자 670 $\mu\text{g/day}$, 여자 539 $\mu\text{g/day}$ 이었고, 요오드 섭취량의 88% 정도는 미역, 다시마, 김과 같은 해조류를 통해 섭취하는 것으로 보고 [34]하고 있어 국가에 따라 요오드 섭취에 기여하는 주요 급원식품에는 차이를 보이나, 본 연구 및 선행 연구 결과로 보아 국내 가임기 여성에서 요오드 섭취의 주요 급원식품은 해조류, 어패류이었고, 김치류와 같은 염저장 채소류 역시 요오드 섭취에 기여도가 높은 식품이었다.

또한, Ko 등 [7]이 1998-2014년 국민건강영양조사 자료를 활용하여 만 18세 이상 성인의 요오드 섭취량의 변화 추이를 분석한 연구를 보면 1998년 797.0 $\mu\text{g/day}$ 에서 2014년 291.6 $\mu\text{g/day}$ 으로 1998년에 비해 요오드 섭취량이 감소하는 추이를 보이는 것으로 보고하였다. 본 연구대상자인 가임기 여성의 식이를 통한 요오드 섭취량은 273.47 $\mu\text{g/day}$ 으로 선행연구의 2014년도 요오드 섭취량과 유사한 수준이었다. 국외의 일반인을 대상으로 요오드 섭취 실태를 평가한 연구를 보면 독일인 (4-75세)은 평균 45.3 $\mu\text{g/day}$ [4], 영국인은 남자 226 $\mu\text{g/day}$, 여자 163 $\mu\text{g/day}$ [3], 미국인은 성인 남자 240-300 $\mu\text{g/day}$, 성인 여자 190-210 $\mu\text{g/day}$ 섭취하고 있으나 [1], 일본인은 1985년도 연구 [5]에서 평균 1,565 $\mu\text{g/day}$ 의 요오드를 섭취하는 것으로 보고하고 있으나 2013년도 Imaeda 등 [34]의 연구에서 평상시 평균 요오드 섭취량은 539-670 $\mu\text{g/day}$ 이었고, 중앙값은 남자 312 $\mu\text{g/day}$, 여자 413 $\mu\text{g/day}$ 로 보고하고 있어 일본인의 요오드 섭취량 역시 감소하는 추이를 보이고 있다. 본 연구에서 식이를 통한 요오드 섭취량은 미국이나 영국의 요오드 섭취량과 유사한 수준이었으나, 소변 중 요오드 함량을 적용하여 계산된 요오드 섭취량의 중앙값은 일본인의 식이 섭취량과 유사한 수준이었다. 한국인의 식생활은 해조류와 어패류를 주로 섭취하는 일본인의 식생활과 유사하므로 소변 중 요오드 함량을 적용하여 계산된 요오드 섭취량이 한국인의 요오드 섭취 수준을 더 잘 반영하고 있는 것으로 사료된다.

요오드 섭취의 안전성 평가를 위해 한국인과 미국인의 영양소섭취기준 중 상한섭취량을 기준으로 BE를 계산한 후 HQ를 산출한 결과 미국인의 영양소섭취기준 시 가임기 여성 전체 평균 0.466, 한국인 영양소섭취기준 적용 시 평균 0.228로 안전한 수준이었고, Q3 해당하는 HQ는 1 미만이었으나 상위 95백분위수에 해당하는 경우는 1 이상이었다. 즉, HQ가 1 이상으로 요오드 섭취가 위험한 수준으로 평가되는 대상자는 미국인 기준 적용 시 24% 정도였고, 한국인 기준 적용 시 10% 정도이었다 (자료 제시하지 않음). 또한 소변 중 요오드 함량을 기준으로 1,000 $\mu\text{g/L}$ 이상 시 평균 HQ는 1 이상이었고, 한국인 영양소섭취기준 적용 시 95백분위수에 해당하는 값이 8.3 이상의 높은 값을 보였다. 소변 중 요오드 함량이 1,000 $\mu\text{g/L}$ 이상인 대상자

들의 소변 중 요오드 함량을 적용하여 계산된 요오드 섭취량은 1,000 $\mu\text{g/day}$ 이상의 높은 값을 보여 한국인의 요오드 권장섭취량 150 $\mu\text{g/day}$ 를 상회하는 수준이었고, 이들 집단의 중앙값은 2,703.22 $\mu\text{g/day}$ 로 상한섭취량 2,400 $\mu\text{g/day}$ 보다도 높은 수준이었다.

선행연구에서 소변 중 요오드 함량은 혈중 티록신, 갑상샘자극호르몬과 관련성을 보여 소변 중 요오드/크레아티닌 증가 시 TSH 농도가 유의적으로 높아지는 것으로 보고하고 있으며 [10], 이외 다수의 선행연구에서도 갑상샘질환과 소변 중 요오드 함량 사이에 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하고 있다 [11-14,32,35]. 본 연구에서 소변 중 요오드 함량에 따라 혈중 TSH 함량에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 혈중 TSH가 5 mIU/L 이상인 비율은 소변 중 요오드 함량이 증가함에 따라 높아지는 추이를 보였다. 또한 free T4의 농도는 소변 중 요오드 함량이 적절한 수준으로 판정된 100-199 $\mu\text{g/L}$ 에 비해 500 $\mu\text{g/L}$ 이상일 때 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. HQ 수준은 혈중 TSH가 5 mIU/L 이상인 대상자의 비율은 HQ가 1 미만인 경우 7% 정도였으나, HQ가 1 이상인 경우에 17.05%로 10% 이상 더 높았고, free T4의 농도 역시 HQ가 0.5-0.99일 때 가장 낮은 수치를 보였다. 본 연구결과를 종합하면, 소변 중 요오드 함량은 혈중 TSH 농도보다는 free T4의 혈중 농도에 영향을 미치는 것으로 보인다.

혈중 TSH와 free T4의 농도를 적용하여 갑상샘질환을 진단한 결과 소변 중 요오드 함량이 높아질수록 정상으로 진단되는 비율은 감소하는 추이를 보였고, 소변 중 요오드 함량이 200 $\mu\text{g/L}$ 미만 시 갑상샘기능저하증의 유병율은 2.5% 미만이었으나, 소변 중 요오드 함량이 1,000 $\mu\text{g/L}$ 이상일 경우 갑상샘기능저하증의 유병율은 6% 이상으로 높았다. 반면 갑상샘기능항진증은 200-299 $\mu\text{g/L}$ 일 때 1% 미만으로 가장 낮았고, 소변 중 요오드 함량이 200 $\mu\text{g/L}$ 미만이거나 300 $\mu\text{g/L}$ 이상일 때 4% 정도가 갑상샘기능항진증으로 진단되었다. 식이를 통한 요오드 섭취량 뿐만 아니라 소변 중 요오드 함량을 적용하여 계산한 요오드 섭취량이 증가할 경우 정상으로 진단된 비율은 감소한 반면, 갑상샘기능항진증 또는 갑상샘기능저하증으로 진단되는 비율은 증가하는 추이를 보였다. 또한, HQ가 1 이상일 경우 갑상샘기능저하증과 갑상샘기능항진증의 비율이 HQ 1 미만일 때보다 높은 추이를 보여 소변 중 요오드 함량이 갑상샘호르몬의 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

선행연구에서도 갑상샘기능항진증의 경우 정상인에 비해 소변 중 요오드 함량이 높은 것으로, 갑상샘기능저하증의 경우 소변 중 요오드 함량이 정상인에 비해 유의적으로 낮거나 높은 것으로 보고하고 있다 [12,13]. 최근의 메타연구에서 소변 중 요오드 함량 증가 시 갑상샘기능저하증의 위험을 2배 이상 높여 소변 중 요오드 수준은 갑상샘질환과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하고 있다. 본 연구에서도 통계적으로 유의적인 차이는 아니었지만 선행연구와 유사하게 소변 중 요오드 함량 및 식이 요오드 섭취량은 혈중 TSH와 free T4 농도 뿐만 아니라 갑상샘질환 발생에 영향을 미치는 것으로 나타나 요오드 섭취량의 결핍과 과잉 섭취 시 갑상샘질환의 위험도를 증가시키는 식이 요인이었다.

이와 같이 본 연구에서 국내 가임기 여성의 요오드 섭취 상태를 평가하기 위해 식이와 소변 중 요오드 함량을 적용하여 요오드 섭취량을 분석하였고, 요오드 섭취 수준의 안전성 평가를 위해 WHO의 요오드 결핍 및 과잉 판정 기준과 HQ를 적용하였다. 그 결과 국내 가임기 여성의 50% 정도는 요오드를 과잉으로 섭취하였고, 특히 상위 10% 정도는 HQ 1 이상으로 건강에 위협할 정도의 극단적인 섭취량을 보였다. 또한 식이를 통한 요오드 섭취량과 소변으로 배출된

요오드 함량을 적용하여 산출된 요오드 섭취량 사이의 차이가 상당히 큰 것으로 보아 국내 가임기 여성의 요오드 섭취량은 식품의 요오드 영양성분 DB를 적용하여 산출하는 것보다는 소변으로 배출된 요오드 함량을 적용하여 섭취량을 유추하는 것이 더 적절할 것으로 판단되었다. 현재 국내에서 구축된 요오드 DB는 우리 국민의 요오드 섭취량을 평가할 수 있는 충분한 수준으로 구축된 것은 아니고, 가공식품 중 요오드의 영양정보 역시 표시하고 있지 않은 상황이다. 이러한 현실에서 우리 국민의 요오드 섭취 실태 평가 및 지속적인 모니터링을 위한 국가 단위의 조사 시 식사조사와 함께 소변 중 요오드 함량 분석이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

요약

본 연구는 제6기 (2013-2015년) 국민건강영양조사 자료를 활용하여 만 15-45세의 가임기 여성 1,559명을 대상으로 요오드 섭취 및 소변 중 요오드 함량을 기준으로 요오드 섭취의 안전성을 평가하였다. 요오드 섭취량 분석을 위해 요오드 영양성분 DB를 구축한 후 24시간 식사조사자료와 매칭하여 식이를 통한 요오드 섭취량을 분석하였고, 소변 중 요오드 함량을 적용하여 하루 단위의 요오드 섭취량을 산출하였다. 또한 요오드 섭취의 안전성 평가를 위해 WHO의 평가기준을 적용하였고, 요오드의 영양소 섭취기준 중 상한섭취량을 기준으로 하여 BE를 산출한 후 소변 중 요오드 함량을 적용하여 HQ를 계산하였다. 그 결과 소변 중 요오드 함량이 100 µg/L 미만이어서 요오드 결핍으로 진단되는 비율은 15.22%이었고, 요오드 섭취 과잉으로 진단되는 300 µg/L 이상인 대상자는 48.16%이었다. 소변 중 요오드 함량은 평균 878.71 µg/L이었고, 요오드/크레아티닌은 589.00 µg/g이었으며, 요오드/크레아티닌은 30-45세 연령군이 15-18세, 19-29세 연령군에 비해 유의적으로 높았다. 식이를 통한 요오드 섭취량은 273.47 µg/day, 소변 중 요오드 함량을 통해 산출된 요오드 섭취량은 1,198.10 µg/day로, 두 조사방법에 의한 차이는 924.63 µg/day로 식이를 통한 요오드 섭취량보다 소변을 통해 산출된 요오드 섭취량이 더 높았다. 요오드 섭취량에 기여도가 높은 식품은 채소류, 어패류, 해조류 및 가공식품이었고, 요오드 섭취의 위험도를 평가하는 HQ는 한국인 영양소섭취기준 적용 시 0.228이었고, 소변 중 요오드 함량이 1,000 µg/L 이상 시 평균 1.665로 1 이상의 높은 수준이었다. 혈중 TSH는 2.14 mIU/L, free T4는 1.10 ng/L이었으며, 소변 중 요오드 수준과 HQ는 혈중 TSH 농도에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 혈중 free T4 농도는 연령과 소변 중 요오드 수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 본 연구결과 국내 가임기 여성의 과반수는 요오드를 과잉 섭취하였고, 특히 상위 10% 정도는 HQ 1 이상으로 건강에 위험할 정도의 극단적인 섭취량을 보였다. 또한, 식이와 소변을 통해 산출된 요오드 섭취량 사이에 차이가 상당히 큰 것으로 보아 충분한 요오드 DB가 구축되지 않은 현 상황에서 식이를 통한 요오드 영양상태를 평가하기보다는 소변으로 배출된 요오드 함량을 적용하여 요오드 영양상태를 평가하는 것이 더 적절할 것으로 사료되며, 과잉의 요오드 섭취가 갑상샘질환 뿐만 아니라 관련 질환의 유병율에 미치는 다양한 연구가 수행될 필요가 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, D.C.: National Academy Press; 2001.

2. Fisher DA, Oddie TH. Thyroid iodine content and turnover in euthyroid subjects: validity of estimation of thyroid iodine accumulation from short-term clearance studies. *J Clin Endocrinol Metab* 1969; 29(5): 721-727.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Expert Group on Vitamins and Minerals. Safe upper levels for vitamins and minerals. London: Food Standards Agency; 2003.
4. Scientific Committee on Food. Opinion of the scientific committee on food on the tolerable upper level of iodine. Brussels: European Commission; 2002.
5. Suzuki M, Tamura T. Iodine intake of Japanese male university students: urinary iodine excretion of sedentary and physically active students and sweat iodine excretion during exercise. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 1985; 31(4): 409-415.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Han MR, Ju DL, Park YJ, Paik HY, Song Y. 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](#)
7. 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](#)
8. Jolin T, Escobardelrey F. Evaluation of iodine/creatinine ratios of casual samples as indices of daily urinary iodine output during field studies. *J Clin Endocrinol Metab* 1965; 25(4): 540-542.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. Nath SK, Moinier B, Thuillier F, Rongier M, Desjeux JF. Urinary excretion of iodide and fluoride from supplemented food grade salt. *Int J Vitam Nutr Res* 1992; 62(1): 66-72.
[PUBMED](#)
10. Soldin OP, Tractenberg RE, Pezzullo JC. Do thyroxine and thyroid-stimulating hormone levels reflect urinary iodine concentrations? *Ther Drug Monit* 2005; 27(2): 178-185.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Cho YW, Kim YS, Baick SH, Oh DY, Kim WJ, Chang NS, et al. Analysis of daily intake and urinary excretion of iodine in normal control and patient with thyroid disease. *J Korean Soc Endocrinol* 1994; 9: 307-317.
12. Kim HM, Lee HC, Park KS, Joo HY, Kim KR, Hong CS, et al. A study on the urinary iodide excretion in normal subjects and patients with thyroid disease. *Korean J Intern Med* 1985; 29: 625-631.
13. 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](#)
14. 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](#)
15. World Health Organization. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers, 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2007.
16. Hays SM, Poddalgora D, Macey K, Aylward L, Nong A. Biomonitoring Equivalents for interpretation of urinary iodine. *Regul Toxicol Pharmacol* 2018; 94: 40-46.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Shin YL. Pediatric thyroid disorders. *J Korean Med Assoc* 2018; 61(10): 607-615.
[CROSSREF](#)
18. Ershow AG, Goodman G, Coates PM, Swanson CA. Assessing iodine intake, iodine status, and the effects of maternal iodine supplementation: introduction to articles arising from 3 workshops held by the NIH Office of Dietary Supplements. *Am J Clin Nutr* 2016; 104 Suppl 3(Suppl 3): 859S-863S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Ershow AG, Goodman G, Coates PM, Swanson CA. Research needs for assessing iodine intake, iodine status, and the effects of maternal iodine supplementation. *Am J Clin Nutr* 2016; 104 Suppl 3(Suppl 3): 941S-949S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Mills JL, Buck Louis GM, Kannan K, Weck J, Wan Y, Maisog J, et al. Delayed conception in women with low-urinary iodine concentrations: a population-based prospective cohort study. *Hum Reprod* 2018; 33(3): 426-433.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. National Institute of Agricultural Sciences. Food composition database [Internet]. Wanju: National Institute of Agricultural Sciences; 2021 [cited 2021 Mar 1]. Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctIntro/list?menuId=PS03562>.

22. The Korean Nutrition Society. CAN Pro 5.0 DB [Internet]. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2019 [cited 2021 Jul 10]. Available from: <http://canpro5.kns.or.kr/>.
23. Ministry of Food and Drug Safety. Food nutrition composition database [Internet]. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2021 [cited 2021 Jul 20]. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/fcdb/>.
24. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). Standard tables of food composition in Japan- 2015 - (seventh revised version) [Internet]. Tokyo: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology; 2021 [cited 2021 Jun 20]. Available from: https://www.mext.go.jp/en/policy/science_technology/policy/title01/detail01/1374030.htm.
25. Chinese Center for Disease Control and Prevention. China food composition tables standard edition, 6th ed - vegetable food. Beijing: Peking University Press; 2018.
26. Chinese Center for Disease Control and Prevention. China food composition tables standard edition, 6th ed - animal food. Beijing: Peking University Press; 2019.
27. Aylward LL, Hays SM, Vezina A, Deveau M, St-Amand A, Nong A. Biomonitoring equivalents for interpretation of urinary fluoride. *Regul Toxicol Pharmacol* 2015; 72(1): 158-167.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. St-Amand A, Werry K, Aylward LL, Hays SM, Nong A. Screening of population level biomonitoring data from the Canadian Health Measures Survey in a risk-based context. *Toxicol Lett* 2014; 231(2): 126-134.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
29. Teng W, Shan Z, Teng X, Guan H, Li Y, Teng D, et al. Effect of iodine intake on thyroid diseases in China. *N Engl J Med* 2006; 354(26): 2783-2793.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
30. de Benoist B, McLean E, Andersson M, Rogers L. Iodine deficiency in 2007: global progress since 2003. *Food Nutr Bull* 2008; 29(3): 195-202.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Caldwell KL, Pan Y, Mortensen ME, Makhmudov A, Merrill L, Moye J. Iodine status in pregnant women in the National Children's Study and in U.S. women (15–44 years), National Health and Nutrition Examination Survey 2005–2010. *Thyroid* 2013; 23(8): 927-937.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. 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](#)
33. Herrick KA, Perrine CG, Aoki Y, Caldwell KL. Iodine status and consumption of key iodine sources in the U.S. population with special attention to reproductive age women. *Nutrients* 2018; 10(7): E874.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
34. 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](#)
35. Jeon MJ, Kim WG, Kwon H, Kim M, Park S, Oh HS, et al. Excessive iodine intake and thyrotropin reference interval: data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Thyroid* 2017; 27(7): 967-972.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)