



우리 국민의 철 섭취량 평가: 식품별 영양성분 함량자료와 한국형 총식이조사 기반 추정량 비교

이지연^{1),2)} · 권성옥³⁾ · 여운재⁴⁾ · 서민정^{2),5)} · 이계호⁶⁾ · 김초일^{7)†}

¹⁾한국보건산업진흥원 고령친화서비스단, 책임연구원, ²⁾공주대학교 대학원 보건행정학과, 대학원생, ³⁾서울대학교 생활과학연구소, 연구부교수, ⁴⁾한국보건산업진흥원 인력개발실, 연구원, ⁵⁾한국분석기술연구소, 분석팀장, ⁶⁾한국분석기술연구소, 대표이사, ⁷⁾서울대학교 생활과학대학 식품영양학과, 객원교수

Dietary Iron Intake of Koreans Estimated using 2 Different Sources of Iron Contents are Comparable: Food & Nutrient Database and Iron Contents of Cooked Foods in the Korean Total Diet Study

Jeeyeon Lee^{1),2)}, Sung Ok Kwon³⁾, Yoonjae Yeoh⁴⁾, Min Jeong Seo^{2),5)}, Gae Ho Lee⁶⁾, Cho-il Kim^{7)†}

¹⁾Principal researcher, Department of Senior-friendly Industry, Korea Health Industry Development Institute, Chungcheongbuk-do, Korea

²⁾Graduate student, Department of Health Administration, Kongju National University Graduate School, Kongju, Korea

³⁾Research associate professor, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea

⁴⁾Researcher, Human Resources Development Team, Department of Human resources Development, Korea Health Industry Development Institute, Chungcheongbuk-do, Korea

⁵⁾Team leader, Korea Research Institute of Analytical Technology, Daejeon, Korea

⁶⁾CEO, Korea Research Institute of Analytical Technology, Daejeon, Korea

⁷⁾Visiting professor, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

†Corresponding author

Cho-il Kim
Department of Food and Nutrition,
Seoul National University, 1
Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul,
08826, South Korea
Tel: +82-2-880-9098
Fax: +82-2-884-0305
E-mail: kimchoil@snu.ac.kr

Acknowledgments

This research was supported by a grant from the Ministry of Food and Drug Safety (20220204691-00, Korean Total Diet Study).

ORCID

Jeeyeon Lee:
<https://orcid.org/0000-0002-4017-6508>
Sung Ok Kwon:
<https://orcid.org/0000-0003-0527-1427>
Yoonjae Yeoh:
<https://orcid.org/0000-0003-2161-117X>
Min Jeong Seo:
<https://orcid.org/0000-0001-8999-7692>
Gae Ho Lee:
<https://orcid.org/0000-0003-1856-4288>
Cho-il Kim:
<https://orcid.org/0000-0002-6495-8483>

Received: June 17, 2022

Revised: June 27, 2022

Accepted: June 27, 2022

ABSTRACT

Objectives: This study was conducted to find out if the dietary iron intake of Koreans estimated by 2 different methods (iron content sources) using the food intake data from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) are comparable. One method was based on the KNHANES's Food & Nutrient Database (FND) derived mainly from the Korean Food Composition Table and the other used the iron content (IC) of food samples processed in the Korean Total Diet Study (KTDS).

Methods: Dietary intake data from the 2013-2016 KNHANES was used to select representative foods (RFs) in KTDS for iron analysis. Selection of the RFs and cooking methods for each RF (RF × cooking method pair) was performed according to the 'Guidebook for Korean Total Diet Studies' and resulted in a total of 132 RFs and 224 'RF × cooking method' pairs. RFs were collected in 9 metropolitan cities nationwide once or twice (for those with seasonality) in 2018 and made into 6 composites each, based on the origin and season prior to cooking. Then, the RF composites prepared to a 'table ready' state for KTDS were analyzed by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Dietary iron intake of the Korean population was estimated using only RFs' intake data based on the 2 sources of iron content, namely FND-KNHANES and IC-KTDS.

Results: RFs in KTDS covered 92.0% of total food intake of Koreans in the 2016-2018 KNHANES. Mean iron intake of Koreans was 7.77 mg/person/day by IC-KTDS vs 9.73 mg/person/day by FND-KNHANES. The major food groups contributing to iron intake were meats (21.7%), vegetables (20.5%), and grains & cereals (13.4%) as per IC-KTDS. On the other hand, the latter source (FND-KNHANES) resulted in a very different profile: grains & cereals (31.1%), vegetables (16.8%), and meats (15.3%). While the top iron source was beef, accounting for 8.6% in the former, it was polished rice (19.2%) in the latter. There was a 10-fold difference in the iron content of polished rice between 2 sources that iron intakes excluding the contribution by polished rice resulted in very similar values: 7.58 mg/person/day by IC-KTDS and 7.86 mg/person/day by FND-KNHANES.

Conclusions: This study revealed that the dietary iron intake estimated by 2 different methods were quite comparable, excluding one RF, namely polished rice. KTDS was thus proven to be a useful tool in estimating a 'closer-to-real' dietary intake of nutrients for Koreans and further research on various nutrients is warranted.

KEY WORDS dietary iron intake, estimation, Korean Total Diet Study, Korean Food Composition Table, KNHANES

서 론

철은 혈액에서 산소를 운반하는 데 필요한 단백질인 헤모글로빈의 필수 성분으로 정상적인 세포의 기능에 필요한 다양한 비헴 효소의 조효소 역할을 한다[1, 2]. 철은 식품에 자연적으로 존재하며, 식품에 인위적으로 첨가한 강화식품이나 식이보충제의 형태로도 섭취된다[3]. 우리 몸에 쉽게 흡수되는 형태의 헴철은 육류, 어패류, 가공류 등에 함유되어 있다. 또한 곡류, 콩류, 녹색채소 등의 비헴철만을 함유하고 있는 식물성 식품에도 철이 풍부하며, 특히 섭취량이 많은 곡류는 종류에 따라 철의 함량에 차이가 크지만 주요 급원 식품군이다[1-3]. 2020년 국민건강영양조사 결과에서는 1세 이상 우리나라의 1인 1일 평균 철 섭취량이 권장섭취량 대비 103.4% 수준이었으며, 권장섭취량 기준 미만으로 섭취하는 사람의 비율은 41.8%로 보고되었다[4].

우리나라 식품의약품안전처에서는 2018년부터 국민이 일상적으로 많이 또는 자주 섭취하는 식품을 선정하여 섭취 직전의 상태로 조리한 후 여기에 함유되어 있는 중금속과 곰팡이독소 등의 유해물질 뿐만 아니라 나트륨, 칼륨, 망간, 칼슘, 인, 철, 아연 등의 영양성분 함량도 분석하여 노출량(또는 섭취량)을 추정하는 한국형 총식이조사(Korean Total Diet Study, KTDS)를 수행하고 있다[5]. 여기에서는 국내에서 생산 및/또는 유통되는 식품 중 유해물질의 함량을 분석하는 식품 안전관리 차원의 모니터링 사업과 달리, 실제 우리가 섭취하는 상태로 조리된 상태의 식품 중 유해물질 및 영양성분 함량을 분석하므로 조리방법에 의해 나타날 수 있는 유해물질이나 영양소 함량의 변화를 반영한 노출량 또는 섭취량에 대한 실제에 가장 근접한 추정(closer-to-real estimate)이 가능하다[6]. 현재 KTDS에서는 우리나라 전체 혹은 특정 연령층에서 섭취가 낮거나 높아서 지속적인 모니터링이 필요한 영양소 중 연도별로 각기 다른 영양성분을 선정해 분석하고 있으며 현재까지 칼슘, 철, 아연, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 셀레늄, 비타민 D, 요오드, 몰리브덴, 망간 등 11개 영양소의 함량이 확보되어 우리 국민의 섭취량 추정이 가능해졌다.

제외국의 경우, 호주의 총식이조사에서는 2002년까지는 주로 잔류농약과 유해물질만을 분석하였으나, 2003년부터는 식품첨가물과 필수 무기질(요오드, 셀레늄 포함)로 분석 대상물질을 확대하였다[7]. 독일의 연방위해평가원인 BfR (German Federal Institute for Risk Assessment)에서 2015년부터 수행하고 있는 독일형 총식이조사에서는 식품의 조리 과정 뿐만 아니라 포장재로부터도 유해물질이 식품에 이행될 수 있다는 점을 고려한 분석 대상물질 선정이 이루어졌다[8]. 즉, 중금속 및 환경 유래 오염물질, 과불화합물, 곰팡이독소, 가공 중 생성 유해물질, 식품첨가물, 농약, 약리학적 활성물질, 식품 접촉 포장재 이행물질 등에 더해 영양성분으로 비타민 A, 비타민 E, 비타민 K, 엽산, 칼슘, 아연, 요오드 등 19가지 성분을 분석하여 총식이조사로 평가된 독일 국민의 영양소 섭취 수준을 보고하였다[9].

질병관리청에서는 우리나라 국민의 건강 및 영양상태를 파악하고 그 결과를 관련 보건 정책 개발과 평가 등의 근거로 활용하기 위해 국민건강 영양조사를 매년 실시하고 있으며, 최근의 국민건강영양조사 영양조사부문에서는 에너지, 탄수화물, 단백질, 지방, 칼슘, 인, 나트륨 등을 포함하여 총 26종의 영양성분 데이터베이스를 농촌진흥청의 국가표준식품성분표[10]를 근간으로 구축하여 활용하고 있다[4].

우리 국민의 영양상태 평가에 필수적인 식품별 영양성분데이터베이스에서는 농촌진흥청의 국가표준식품성분표를 기본으로 사용하며, 이는 1970년에 처음 구축되어 정기적으로 개정되어 왔다. 2016년 12월에 발표된 제9개정판인 ‘국가표준식품성분 DB 9.0’부터는 매년 내용을 조금씩 업데이트하여 공개하고 있다[10]. 그러나 국가표준식품성분표의 영양소 함량은 주로 원재료성 식품의 조리 전 상태에서 분석된 결과로서, 이를 활용해 우리 국민의 영양소 섭취량을 추정하는 국민건강영양조사 영양조사부문의 결과는 우리가 섭취하는 식품을 섭취 직전의 단계로 실제 조리해 분석한 영양소 함량을 적용해 추정한 섭취량과 다를 수 있다.

이에 본 연구에서는 우리 국민이 섭취하는 식품의 상태(조리 방법, 레시피 구성 등)를 반영한 한국형 총식이조사에서 분석한 식품 시료 중 철 함량을 활용하여 우리 국민의 철 섭취량을 추정하고, 이를 국가표준식품성분표를 적용해 산출한 국민건강영양조사 영양조사부문의 철 섭취량과 비교함으로써 그 차이의 존재 여부와 기원에 대해 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 총식이조사의 절차 및 방법

1) 대표 식품 및 조리법 선정

KTDS는 ‘한국형 총식이조사 수행 지침서’[11]에 명시된 “한국형 총식이조사의 대표 식품 선정 시 이용 가능한 최신의 섭취량 조사 자료를 활용한다.”는 원칙을 준용하여 진행하였다. 2013년 ~ 2016년 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취량 조사 원시자료를 통합하여 대표 식품 선정에 활용하였다. 3차 식품코드로 정리된 식품별로 우리 국민의 평균 섭취량과 섭취 빈도를 산출하고, 총 식품섭취량에 대한 누적 기여율 90%까지 포함되는 식품을 우선적으로 대표 식품으로 선정하였으며, 섭취량으로는 대표 식품에 포함되지 않은 식품 중 우리 국민의 섭취빈도가 상대적으로 높은 다빈도 식품을 추가하여 대표 식품을 확정하였다. 최종 선정된 대표 식품은 132종이었으며, 우리 국민이 평균적으로 섭취하는 총 식품 섭취량의 92.0% 이상을 포괄하는 수준이었다.

식품별 대표조리법을 선정하기 위해 여러 해의 국민건강영양조사 결과를 통합하여 구축한 식품섭취량 자료에서 대표 식품이 재료로 사용된 음식을 모두 추출하고 음식명에 근거해서 재료 별로 조리법을 매칭하였다. 예를 들어, 시금치의 경우에는 ‘시금치나물’, ‘시금치된장국’ 등의 음식이 추출되었으며, 이에 따라 시금치 조리법으로 각각 ‘데치기’, ‘끓이기’를 매칭시켰다. 대표조리법으로는 대표 식품이 재료로 사용되어 섭취된 양이 많은 경우와 자주 사용된 조리법을 선정하였고 그 결과로 확정된 ‘대표 식품 × 대표조리법’은 224건이었다(Table 1).

2) 시료 수집 및 조제

전국을 서울·경기권, 전라·충청권, 강원·경상권 등 총 3개의 권역으로 구분하고 권역별로 인구 규모가 큰 3개의 도시를 선정해 2018년 3월부터 11월까지 대표 식품 수집을 실시하였으며[12], 서울·경기권에서는 서울, 인천, 수원, 전라·충청권에서는 대전, 청주, 광주, 강원·경상권에서는 부산, 대구, 울산이 선정되었다. 총 9개의 도시에서 수집된 시료는 계절성 고려가 필요한 대표 식품의 경우에는 1년간 2회에 걸쳐 수집하여 3개의 권역 별로 통합하여 총 6개의 혼합 시

Table 1. Number of representative foods selected and collected for analysis by food group in the Korean Total Diet Study

Food group	No. of RFs ¹⁾ selected	No. of 'RF × cooking' pairs	Coverage of RFs in food group intake (%)	Coverage of RFs in total food intake (%)
Grains and cereals	18	24	94.3	18.0
Tubers and starch	3	6	92.4	2.5
Sugars and sweets	2	5	62.8	0.5
Pulses	3	4	94.3	2.3
Nuts and seeds	2	3	39.1	0.1
Vegetables	29	50	92.4	18.6
Mushrooms	3	7	79.1	0.4
Fruits	11	11	91.8	11.5
Meats and poultry	8	22	97.1	8.5
Eggs	1	3	98.1	2.1
Fishes and shellfishes	13	31	56.9	2.0
Seaweeds	2	4	54.1	0.1
Milk and dairy products	6	7	97.1	7.1
Oils and fats	4	7	81.9	0.4
Beverages and alcoholic drinks	14	14	96.8	15.6
Seasonings	11	22	77.9	1.8
Prepared foods	2	4	83.3	0.4
Total	132	224		92.0

RFs, Representative foods

1) RFs were selected at the 3rd food code level.

료를 만들고, 그 외의 식품들은 9개 지역을 도시가 속한 권역과 인구 규모를 고려한 통합 방법으로 6개의 혼합 시료를 만들어 선정된 대표조리법으로 조리해 철 함량 분석을 위한 1,344건의 시료를 조제하였다.

대표 식품 혼합 시료별로 조리된 시료를 균질화하여 분석용 시료통에 나눠 담은 후 냉동·밀봉된 상태에서 영양성분 분석담당기관으로 배송하였다. 시료 수집 및 조제는 이전 연구[13]와 동일한 원칙 및 방법으로 수행되었다.

2. 영양 성분 분석

식품의 철 함량 분석에 앞서 분석 방법에 따른 검출한계 (limit of detection, LOD)를 파악하기 위해, 다양한 조리 후 변화된 식품 시료의 수분 및 지방 함량에 따라 4개의 대표 매트릭스를 선정하였고, 식품공전(식약처고시 「식품의 기준 및 규격」)의 마이크로웨이브법에 따라 전처리를 수행하였다[14]. 분석기기로는 ICP-MS (icapQ, Thermo, Waltham, MA, USA)를 사용하였다. KTDS의 대표 식품에서의 철 검출율은 99.6%로서 조미료류, 과일류의 일부 식품을 제외하고 모든 식품에서 검출되었다.

분석법의 정확성 검증을 위해 인증표준물질 (Certified reference materials)의 회수율을 확인하였다. 분석 결과의 회수율은 국제식품규격위원회 CODEX 기준인 80~120% 이내였으며 직선성은 모두 R^2 0.99 이상이었고, ICP-MS의 검출한계는 0.02 mg/kg이었다. 또한, 외부 숙련도 평가로서 국제 비교숙련도 시험인 FAPAS (Food Analysis Performance Assessment Scheme)에 참여하여 z-Score 2 이하의 ‘만족’ 결과를 얻었다.

3. 철 섭취량 추정

우리국민의 철 섭취량 추정을 위해 제7기 (2016년 ~ 2018년) 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 원시자료를 이용하였다. KTDS의 1인 1일 철 섭취량은 개인별 식품섭취량 자료와 대표 식품별 조리법별로 구분된 시료 (대표 식품 × 대표조리법) 중 철 함량을 활용하여 추정하였고, KTDS에 선정·활용된 대표 식품 (총 식품 섭취량의 92.0% 수준)에 한하여 농촌진흥청 국가표준식품성분표를 기반으로 구축된 질병관리청의 식품별 영양성분 데이터베이스 (Food & Nutrient Database, FND)를 활용해 국민건강영양조사 방식으로 추정한 1인 1일 철 섭취량과 비교하였다. 철 섭취량은 연령과 성별에 따라 평균과 표준오차로 제시하였으며, 철 섭취량에 기여하는 주요 식품군과 식품은 철의 전체 섭취량에 대한 식품군 또는 식품의 기여비율에 근거해 도출하였다. 모든 통계분석은 SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA)의 survey procedure를 이용하여 국민건강영양조사의 연도별 통합가중치와 분산추정층, 집락추출을 고려하여 분석하였다.

결 과

1. 우리 국민의 철 섭취 수준

KTDS에서는 우리 국민이 많이 그리고 자주 섭취하는 3차 코드 수준의 식품 132종에 대해 식품별 조리법을 고려해 구성한 최종 224건의 시료 (대표 식품 × 대표조리법) 별로 철 함량 데이터베이스를 구축하였으며, 식품군별로는 채소류 50건, 어패류 31건, 곡류 24건, 육류 22건 등이 포함되었다 (Table 1).

우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량은 2016년부터 2018년까지의 제7기 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 결과 통합자료 중에서 KTDS에 대표 식품으로 포함된 식품들의 섭취량 자료만을 활용하여 추정하였으며, 이는 총 식품섭취량의 92.0%를 포괄하는 수준이었다. 우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량을 추정한 결과는 Table 2에 제시하였다. KTDS의 철 함량 데이터베이스를 활용하여 추정한 우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량은 7.77 ± 0.06 mg이었으며, 남성은 8.95 ± 0.08 mg, 여성은 6.59 ± 0.05 mg이었다. 연령층에 따른 철 섭취량은 만 1~2세 3.63 ± 0.13 mg, 만 3~5세 4.96 ± 0.13 mg, 만 6~11세는 6.20 ± 0.11 mg, 만 12~18세 7.52 ± 0.14 mg, 만 19~64세 8.34 ± 0.07 mg, 만 65세 이상 6.76 ± 0.09 mg으로 나타났다. 대표 식품과 동일한 종류의 식품만을 대상으로 하여 국민건강영양조사의 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용해 추정한 결과에서는 1인 1일 평균 철 섭취량이 9.73 ± 0.07 mg이었으며, 남녀 각각의 섭취량은 11.09 ± 0.09 mg과 8.36 ± 0.06 mg이었다. 연령층에 따른 철 섭취량은 만 1~2세 4.74 ± 0.11 mg, 만 3~5세 6.41 ± 0.13 mg, 만 6~11세 8.03 ± 0.13 mg, 만 12~18세 9.58 ± 0.18 mg, 만 19~64세 10.30 ± 0.08 mg, 만 65세 이상 8.89 ± 0.12 mg으로 나타났다.

Table 2. Dietary iron intake estimates based on the iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study and food & nutrient database from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey^{1,2)}

Variables	n	Iron intake distribution (mg/person/day)											
		IC-KTDS						FND-KNHANES					
		Mean	SE	25 th	50 th	75 th	95 th	Mean	SE	25 th	50 th	75 th	95 th
All	21,270	7.77	0.06	4.56	6.75	9.72	16.09	9.73	0.07	5.97	8.60	12.04	19.72
Gender													
Male	9,439	8.95	0.08	5.41	7.86	11.02	18.10	11.09	0.09	7.13	9.90	13.56	22.15
Female	11,831	6.59	0.05	3.95	5.76	8.28	13.51	8.36	0.06	5.23	7.45	10.43	16.81
Age													
1~2 yr	525	3.63	0.13	2.06	3.10	4.53	7.19	4.74	0.11	3.01	4.37	5.94	9.29
3~5 yr	855	4.96	0.13	3.20	4.40	6.01	9.72	6.41	0.13	4.34	5.72	7.81	11.79
6~11 yr	1,624	6.20	0.11	3.96	5.42	7.71	12.18	8.03	0.13	5.34	7.31	9.82	15.23
12~18 yr	1,412	7.52	0.14	4.51	6.70	9.49	15.51	9.58	0.18	5.87	8.54	11.99	19.33
19~64 yr	12,383	8.34	0.07	5.04	7.31	10.34	16.93	10.30	0.08	6.46	9.12	12.70	20.61
65 yr and over	4,471	6.76	0.09	3.77	5.80	8.44	14.68	8.89	0.12	5.61	7.85	10.90	18.09

IC-KTDS, Iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study; FND-KNHANES, Food & Nutrient Database used in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey

1) Data analysis used the complex sample module. All values are sample weighted.

2) The estimated dietary iron intake was based on representative food intake accounting for 92.0% of total food intake.

2. 우리 국민의 식품군별 철 섭취량

우리 국민의 철 섭취량에 대한 식품군 별 기여도는 Table 3과 같다. KTDS에서 추정된 결과에서는 철 섭취량에 대한 주요 식품군으로 육류의 기여도가 21.7% (1.56 mg)로 가장 높았으며, 그 다음으로 채소류 20.5% (1.47 mg), 곡류 13.4% (0.97 mg) 등의 순이었다. 반면, 국민건강영양조사의 식품별 영양성분데이터베이스를 활용해 추정된 결과에서는 곡류의

Table 3. Dietary iron intake estimates based on the iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study and food & nutrient database from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey by food group^{1,2)}

Food group	IC-KTDS		FND-KNHANES	
	Iron intake (mg/person/day)	Proportion (%)	Iron intake (mg/person/day)	Proportion (%)
Grains and cereals	0.97 ± 0.01	13.4	2.88 ± 0.02	31.1
Tubers and starch	0.25 ± 0.01	3.5	0.26 ± 0.01	2.8
Sugars and sweets	0.00 ± 0.00	0.1	0.02 ± 0.00	0.3
Pulses	0.59 ± 0.01	8.3	0.51 ± 0.01	5.5
Nuts and seeds	0.06 ± 0.00	0.8	0.05 ± 0.00	0.6
Vegetables	1.47 ± 0.01	20.5	1.56 ± 0.01	16.8
Mushrooms	0.03 ± 0.00	0.4	0.03 ± 0.00	0.3
Fruits	0.26 ± 0.00	3.7	0.38 ± 0.02	4.1
Meats and poultry	1.56 ± 0.03	21.7	1.42 ± 0.03	15.3
Eggs	0.63 ± 0.01	8.8	0.55 ± 0.01	5.9
Fishes and shellfishes	0.55 ± 0.02	7.6	0.65 ± 0.02	7.1
Seaweeds	0.17 ± 0.00	2.4	0.15 ± 0.00	1.7
Milk and dairy products	0.03 ± 0.00	0.5	0.05 ± 0.00	0.5
Oils and fats	0.00 ± 0.00	0.0	0.04 ± 0.00	0.5
Beverages and alcoholic drinks	0.07 ± 0.00	0.9	0.04 ± 0.00	0.4
Seasonings	0.47 ± 0.01	6.5	0.40 ± 0.00	4.3
Prepared foods	0.07 ± 0.00	1.0	0.26 ± 0.01	2.8

Mean ± SE.

IC-KTDS, Iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study; FND-KNHANES, Food & Nutrient Database used in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey

1) Data analysis used the complex sample module. All values are sample weighted.

2) The estimated dietary iron intake was based on representative food intake accounting for 92.0% of total food intake.

기여도가 31.1% (2.88 mg)로 가장 높았으며, 그 다음으로 채소류 16.8% (1.56 mg), 육류 15.3% (1.42 mg)의 순이었고 이 3개 식품군의 기여도가 총 철 섭취량의 63%에 달했다.

3. 우리 국민의 철 섭취량에 대한 주요 급원 식품

우리 국민의 철 섭취량에 기여하는 주요 급원 식품은 Table 4에 제시하였다. KTDS에서 추정된 철 섭취량에서는 쇠고기의 기여도가 8.6%로 가장 높았고, 달걀 8.1%, 배추김치 5.2%, 두부 4.2%, 돼지고기 3.9% 등의 순이었다. 국민건강영양조사의 식품별 영양성분 데이터베이스 기반으로 추정된 철 섭취량에서는 백미가 약 20% (1.87 mg)를 기여한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 달걀 5.6%, 쇠고기 5.4%, 배추김치 5.2%, 두부 3.0% 등의 순이었다. 이러한 백미의 기여량은 KTDS에서 추정된 섭취량 0.19 mg에 비해 약 10배에 달하는 수치이며, 백미에 기인하는 철 섭취량을 제외하고 평가한 우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량은 KTDS에서는 7.58 mg, 국민건강영양조사 식품별 영양성분 데이터베이스 기반 추정 결과는 7.86 mg으로 나타나 상당히 유사하였다.

Table 4. Top 10 food sources of dietary iron intake estimated by the iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study and food & nutrient database from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey using 2016-2018 Korea National Health and Nutrition Examination Survey data^{1,2)}

Rank	IC-KTDS				FND-KNHANES			
	Food ³⁾	Iron intake (mg/day)	Proportion in total intake (%)	Cumulative intake (%)	Food ³⁾	Iron intake (mg/day)	Proportion in total intake (%)	Cumulative intake (%)
1	Beef	0.67	8.6	8.6	Polished rice	1.87	19.2	19.2
2	Egg	0.63	8.1	16.7	Egg	0.55	5.6	24.8
3	<i>Kimchi</i> , Chinese cabbage	0.41	5.2	22.0	Beef	0.52	5.4	30.2
4	Tofu	0.33	4.2	26.2	<i>Kimchi</i> , Chinese cabbage	0.51	5.2	35.4
5	Pork	0.30	3.9	30.0	Tofu	0.30	3.0	38.5
6	Beef, edible offal	0.22	2.9	32.9	Chicken	0.29	3.0	41.5
7	Soybean	0.22	2.8	35.7	Breads, rolls, buns and others	0.26	2.6	44.1
8	Chicken	0.21	2.7	38.4	Pork	0.24	2.4	46.6
9	Polished rice	0.19	2.4	40.8	Beef, edible offal	0.23	2.4	48.9
10	Barley	0.18	2.3	43.1	Lettuce	0.22	2.3	51.2

IC-KTDS, Iron content of food samples processed in the Korean Total Diet Study, FND-KNHANES: Food & Nutrient Database used in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey

1) Data analysis used the complex sample module. All values are sample weighted.

2) The estimated dietary iron intake was based on representative food intake accounting for 92.0% of total food intake.

3) Foods are presented at the 3rd food code level.

Table 5. Comparison of dietary iron intake estimated in Total Diet Studies in some countries

Country	Estimated dietary iron intake (mg/person/day)	Reference
Korea ¹⁾	7.77	This study
Hong Kong	8.0	The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014
Brazil ²⁾	5.70	Aveglianon RP et al., 2011
New Zealand	9.1 ~ 12.8	Thomson BM et al., 2008
Australia	8.7 ~ 15.3	Food Standards Australia New Zealand, 2011
France	7.7	French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, 2011
USA	7.9 ~ 14.8	Egan SK et al., 2002
	8.6 ~ 13.0	Hunt CD et al., 2001
Italy	12.7	Lombardi-Boccia G et al., 2003
UK	15.0	Ysart G et al., 1999

1) The estimated dietary iron intake was based on representative food intake accounting for 92.0% of total food intake.

2) The estimated dietary iron intake was based on representative food intake accounting for 72.0% of total food intake.

고 찰

본 연구에서는 제7기(2016 ~ 2018년) 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 결과 자료를 이용하여 우리 국민이 섭취하는 식품의 상태 등을 고려해 KTDS에서 분석한 철 함량에 근거해 추정된 철 섭취량과 국가표준식품성분표 기반의 국민건강영양조사의 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용해 추정된 철 섭취량을 비교하였다. KTDS에서는 대표 식품 별로 그대로, 끓이기, 볶기 등 한국인이 주로 섭취하는 음식의 조리법에 근거한 대표조리법을 적용하여 조제한 시료를 분석한 결과로 시료(대표 식품 × 대표조리법) 별로 철 함량 DB를 구축하였는데, 대표 식품 별로 조리 방법에 따른 철 함량 변화는 미미했다. KTDS를 통해 추정된 1인 1일 평균 철 섭취량 7.77 mg에 기여한 급원식품으로는 쇠고기(8.6%)의 기여율이 가장 높았으며, 달걀(8.1%), 배추김치(5.2%), 두부(4.2%), 돼지고기(3.9%), 쇠고기부산물(2.9%), 대두(2.8%), 닭고기(2.7%), 백미(2.4%), 보리(2.3%) 등 10개 식품이 전체 철 섭취량의 약 43.1%에 기여한 것으로 나타났다. 반면 국민건강영양조사의 식품별 영양성분 데이터베이스에 근거해 추정된 1인 1일 평균 철 섭취량은 9.73 mg으로 KTDS의 철 섭취량에 비해 25% 정도 높았다.

이러한 차이는 상기 결과에서 철의 주요 급원식품 중 1순위로 나타난 백미(19.9%)에 의한 기여량이 크게 영향을 미친 결과라고 사료된다. 백미에 기인한 철 섭취량을 제외하고 평가한 KTDS의 1인 1일 평균 철 섭취량은 7.58 mg, 국민건강영양조사 식품별 영양성분데이터베이스에 기반한 1인 1일 평균 철 섭취량은 7.86 mg으로 나타나 두 자료 간 결과치의 차이가 4% 미만으로서 상당히 유사하였다. KTDS의 백미 중 철 함량 값은 전국 9개 도시에서 수집한 백미를 혼합하여 제조한 6개의 백미 혼합 시료로 밥을 지어 분석한 후, 쌀에서 밥으로의 조리 희석비를 적용해 백미 원상태의 철 함량으로 환산한 값으로서 KTDS에서의 백미 중 철 함량은 0.13 mg/100 g이었고, 국가표준식품성분표 제9.3개정판(2021년)에 수록된 백미의 철 함량은 1.3 mg/100 g으로 10배에 달하는 차원이 다른 수준의 값이었다[10]. KTDS의 경우 식품 조리로 인한 영양소 손실의 가능성은 있지만 그것을 감안하더라도 KTDS의 백미의 철 함량과 국가표준식품성분표 상 백미의 철 함량 간에 존재하는 큰 차이는 사실상 설명이 불가능하며, 위에서 언급한 우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량 추정치 차이의 상당 부분이 여기에서 비롯된 것으로 나타났다.

최근 공개된 「2020 국민건강통계」에 발표된 우리 국민의 영양소 섭취량은 국가표준식품성분표 제9.3개정판을 기반으로 구축된 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용하여 추정된 결과이다[4]. 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용해 평가한 우리 국민의 철 섭취량에 대한 급원식품은 백미 다음으로 달걀(5.6%), 쇠고기(5.4%), 배추김치(5.2%), 두부(3.0%), 닭고기(3.0%), 빵류(2.6%), 돼지고기(2.4%), 쇠고기 부산물(2.4%), 상추(2.3%)의 순으로 나타나 10개 식품으로부터 전체 철 섭취량의 절반 정도가 섭취되었다. 두 가지 방법으로 비교한 결과에서 철의 주요 급원식품 10순위 안에 동일한 8종의 식품이 순위를 달리하여 포함되었고, KTDS에서 추정된 결과에는 대두와 보리가, 그리고 국민건강영양조사 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용해 추정된 결과에는 빵류와 상추가 포함되었다.

총식이조사에서 추정된 철 섭취량은 인종이나 식생활, 그리고 나이에 따라 다를 수 있으나, 프랑스에서는 7.7 mg[15], 홍콩에서는 8.0 mg[16]으로 발표되어 우리나라와 유사한 수준을 보였으며, 영국에서는 15.0 mg[17]으로 나타나 다른 나라에 비해 높게 보고되었다(Table 5). KTDS에 근거해 추정된 철 섭취량에 기여한 주요 식품군은 육류(21.7%), 채소류(20.5%), 곡류(13.4%)였다. 전체 국민의 평균 철 섭취량이 우리나라와 가장 유사했던 프랑스의 경우, 빵류(케이크 포함)에서 철 섭취량의 약 20%가 비롯되어 가장 기여도가 높은 식품군이었고, 다음이 육류(14%), 채소류(7%) 순이었다[15]. 한편, 홍콩 총식이조사에서의 철 섭취의 주요 식품군은 곡류(31%), 육류(22%), 채소류(15%)이었고[16], 이탈리아에서 수행된 총식이조사에서는 곡류(30%), 채소류(25%), 육류(20%)가 철 섭취의 주요 기여식품군이었다[18]. 동서양의 식생활 차이에도 불구하고 생체 이용률이 높은 헴철이 존재하는 육류의 철 섭취량에 대한 기여도는 15~21% 수준으로 유사하였다.

본 연구의 결과를 살펴보면, KTDS의 특성 상 대표 식품이 3차 식품코드 수준에서 선정되어 1차 식품코드 수준의 다양한 식품들이 통합되어 조리되고 유해물질이나 영양소 함량이 분석된 결과이므로 대표 식품 별 영양소 함량을 국가표준식품성분표의 식품과 1:1로 비교하기에는 한계가 존재한다. 그러나 실제 우리 국민이 식품을 섭취하는 상태가 반영되어 도출된 KTDS의 결과와 식품의 원상태에 근거한 국가표준식품성분표 기반의 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용하여 추정

된 영양소 섭취량이 상당히 유사한 것으로 드러남으로서, 국가표준식품성분표 기반의 국민건강영양조사 결과의 신뢰도와 대표성이 더욱 공고해졌다고 할 수 있겠다. 다만 우리 국민의 식생활에서 양적 질적으로 큰 비중을 차지하는 특정 식품(백미)의 철 함량이 크게 다름으로 인해 나타난 섭취량 추정치의 차이는 영양소 별 주요 기여식품에 대한 분석 및 정보의 개정을 다른 식품들보다 짧은 주기로 빈번하게 실시해야 할 수도 있음을 시사한다. 실제로, 최근 발표된 제10차 개정 국가표준식품성분표에는 백미의 철 함량이 품종에 따라 0.07 ~ 0.38 mg/100 g으로 수록되어 있다. 또한, 이와 같은 한국형 총식이조사를 통해 추정된 결과와 데이터베이스 기반으로 추정된 결과의 비교가 향후 다양한 영양소로 확대·평가될 필요성이 부각된다고 하겠다.

요약 및 결론

본 연구에서는 제7기(2016 ~ 2018년) 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 결과 자료를 이용하여 우리 국민의 철 섭취 수준을 두 가지 방법으로 추정해 비교하였다. 우선 대상 집단의 식생활 양상을 반영하여 섭취 직전 단계로 조리된 식품에 대한 영양성분 함량을 분석함으로써 가장 실제 상황에 가까운 영양소 섭취량 추정을 가능하게 하는 한국형 총식이조사에서 구축한 식품 혼합 시료 224종에 대한 함량 데이터베이스를 활용하여 우리 국민의 철 섭취량을 추정하였고, 이를 국민건강영양조사의 국가표준식품성분표 기반의 식품별 영양성분 데이터베이스를 적용해 추정된 철 섭취량과 비교하였다. KTDS에서 추정된 우리 국민의 1인 1일 평균 철 섭취량은 7.77 mg이었으며, 남성은 8.95 mg, 여성은 6.59 mg이었다. 국민건강영양조사의 식품별 영양성분데이터베이스를 이용한 결과에서는 1인 1일 평균 철 섭취량이 9.73 mg이었으며, 남녀 각각의 섭취량은 11.09 mg와 8.36 mg이었다. 우리 국민의 철 섭취량에 대한 식품군별 기여도를 살펴보면, KTDS 결과에서는 육류(21.7%), 채소류(20.5%), 곡류(13.4%)의 순이었던 반면에, 국민건강영양조사의 국가식품성분표 기반의 식품별 영양성분데이터베이스를 적용한 결과에서는 곡류가 31.1%로 가장 높고, 채소류(16.8%) 육류(15.3%)의 순이었다. 우리국민의 철 섭취에 기여하는 주요 급원식품은 KTDS에서는 쇠고기(8.6%), 달걀(8.1%), 배추김치(5.2%), 두부(4.2%), 돼지고기(3.9%) 등으로 나타났으며, 국가표준식품성분표 기반의 국민건강영양조사 식품별 영양성분 데이터베이스 적용 결과에서는 백미(19.2%), 달걀(5.6%), 쇠고기(5.4%), 배추김치(5.2%), 두부(3.0%) 등의 순이었다. 특히 식품별 철 함량에 있어서, KTDS에서 분석한 백미의 철 함량은 국가식품표준성분표 상 백미의 철 함량 대비 1/10 수준으로서 큰 차이를 보였고 그것이 두 가지 방법에 의한 철 섭취량 추정 결과에 상당한 영향을 미친 것은 주목할 부분이다.

위에서 설명한 바와 같이 본 연구 결과는 현재 국내에서 생산·유통 중인 식품을 수집하고 우리 국민이 실제 섭취하는 상태로 조리해 분석한 영양소 함량을 활용한 추정치이므로 국가표준식품성분표에 근거해 추정된 영양소 섭취량에 비해 실제적인 상황에 보다 근접한 결과라고 사료된다. 또한 이전의 총식이조사와 달리, KTDS에서는 유해물질 이외에 우리 국민의 유용성분 섭취량에 대한 체계적인 추정이 처음으로 시도되었다. 향후 KTDS에서 보다 다양한 유용성분이 다루어져 우리 국민이 실제로 섭취하고 있는 식품의 상태를 반영한 영양 섭취 수준을 평가 할 수 있는 근거 자료가 구축되기를 기대한다.

감사의 글

이 연구는 식품의약품안전처의 지원을 받아 수행된 연구입니다(20220204691-00, 한국형총식이조사).

References

1. Wessling-Resnick M. Iron. 11th Ed. In: Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler RG, editors. Modern nutrition in health and disease. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p. 176-188.
2. Aggett PJ. Iron. 10th ed. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH, editors. Present knowledge in nutrition. Washington, DC: Wiley-Blackwell; 2012. p. 506-520.
3. The Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: Minerals. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2020. p. 138-165.

4. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea Health Statistics 2020: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII-2). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2020. p. 120-129.
5. Lee J, Kim C, Kwon S, Yeo Y. Korean total diet study. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2018.
6. Kim C, Lee J, Kwon S, Yoon H. Total Diet Study: For a closer-to-real estimate of dietary exposure to chemical substances. *Toxicol Res* 2015; 31(3): 227-240.
7. Food Standards Australia New Zealand. The 22nd Australian Total Diet Study [internet]. Food Standards Australia New Zealand; 2008 [cited 2011 Jun 10]. Available from: <https://www.foodstandards.gov.au/publications/documents/ATDS.pdf>.
8. German Federal Institute for Risk Assessment. BfR Meal Study [Internet]. BfR; 2022 [cited 2022 May 10]. Available from: <http://www.bfr-meal-studie.de/en/the-bfr-meal-study.html>.
9. Schwerbel K, Tungerthal M, Nagl B, Niemann B, Droßer C, Bergelt S et al. Results of the BfR MEAL Study: The food type has a stronger impact on calcium, potassium and phosphorus levels than factors such as seasonality, regionality and type of production. *Food Chem X* 2022; 13: 100221.
10. Rural Development Administration, National Institute of Agricultural Science (KR). Korean food composition table (9.3th revision). Wanju-gun, Jeollabuk-do: National Institute of Agricultural Science; 2021.
11. Kim CI, Park HM, Lee HS, Kim DH, Lee JY, Yon MY et al. A guidebook for Korean total diet studies. Ministry of Food and Drug Safety; 2017 Dec. Report No. 11-1471000-000303-01.
12. Korean Statistical Information Service. Population by census [Internet]. 2016 [Accepted 2018 Mar 2]. Available from: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B040A3.
13. Lee JY, Yeo YJ, Seo MJ, Lee GH, Kim CI. Estimation of dietary iodine intake of Koreans through a Total Diet Study (TDS). *Korean J Community Nutr* 2021; 26(1): 48-55.
14. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Cheongju: Ministry of food and drug safety; 2013. p. 55-59.
15. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Second French Total Diet Study (TDS2) report1. France: Bialec; 2011.
16. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. The First Hong Kong Total Diet Study: Minerals. Hong Kong: Centre for Food Safety Food and Environmental Hygiene Department; 2014.
17. Ysart G, Miller P, Crews H, Robb P, Bazter M, Harrison N et al. Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK Total Diet Study. *Food Addit Contam* 1999; 16(9): 391-406.
18. Lombardi-Boccia G, Aguzzi A, Cappelloni M, Lullo GD, Lucarini M. Total-diet study: Dietary intakes of macro elements and trace elements in Italy. *Br J Nutr* 2003; 90(6): 1117-1121.
19. Aveglianon RP, Maihara VA, da Silva FF. A Brazilian Total Diet Study: Evaluation of essential elements. *J Food Compos Anal* 2011; 24(7): 1009-1016.
20. Thomson BM, Vannoort RW, Haslemore RM. Total-diet study: Dietary exposure and trends of exposure to nutrient elements iodine, iron, selenium and sodium from the 2003-4 New Zealand Total Diet Survey. *Br J Nutr* 2008; 99(3): 614-625.
21. Food Standards Australia New Zealand. The 23rd Australian Total Diet Study. Canberra: Food Standards Australia New Zealand; 2011.
22. Egan SK, Tao SSH, Pennington, JAT, Bolger PM. US Food and Drug Administration's Total Diet Study: Intake of nutritional and toxic elements 1991-96. *Food Addit Contam* 2002; 19(2): 103-125.
23. Hunt CD, Meacham SL. Aluminum, boron, calcium, copper, iron, magnesium, manganese, molybdenum, phosphorus, potassium, sodium, and zinc: Concentrations in common Western foods and estimated daily intakes by infants; toddlers; and male and female adolescents, adults, and seniors in the United States. *J Am Diet Assoc* 2001; 101(9): 1058-1080.