

Research Article



한국 성인의 엽산 섭취실태: 새로 구축한 식품 엽산 함량 데이터베이스를 이용한 2016–2018 국민건강영양조사 자료 분석

박은지 ¹, 한인화 ², 유경혜 ³, 이선영 ²

¹국립농업과학원 농식품자원부

²충남대학교 식품영양학과

³대전보건대학교 식품영양학과

OPEN ACCESS

Received: Mar 26, 2024

Revised: Aug 2, 2024

Accepted: Aug 19, 2024

Published online: Aug 26, 2024

Correspondence to

Sun Yung Ly

Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Republic of Korea.

Tel: +82-42-821-6838

Email: sunly@cnu.ac.kr

© 2024 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

Eun-Ji Park

<https://orcid.org/0000-0001-8691-7546>

Inhwa Han

<https://orcid.org/0000-0002-3671-3331>

Kyoung Hye Yu

<https://orcid.org/0009-0007-5283-4858>

Sun Yung Ly

<https://orcid.org/0000-0001-6813-8573>

Funding

This study was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. RS-2023-00229794)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

Folate intake in Korean adults: analysis of the 2016–2018 Korea National Health and Nutrition Examination Survey with newly established folate database

Eun-Ji Park ¹, Inhwa Han ², Kyoung Hye Yu ³, and Sun Yung Ly ²

¹Department of Agro-food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Republic of Korea

²Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

³Department of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504, Republic of Korea

ABSTRACT

Purpose: The nutritional status of folate in Korean adults was evaluated using the newly established folate database (DB) and data from the 7th Korea National Health and Nutrition Examination Survey.

Methods: This study analyzed the folate intake of 15,054 people (6,278 men and 8,776 women) and the relationship with serum folate concentration of 5,260 people (2,272 men and 2,988 women).

Results: The average daily folate intake among Korean adults was lowest in the 19 to 29-year age group and highest in those in their 50s. Folate intake was higher in groups with higher education and household income, non-smokers, participants in aerobic physical activity, and dietary supplement users regardless of sex. Among men, office workers consumed more folate than physical workers. Vegetables and grains were the first and second most contributing food groups to folate intake. The serum folate levels were higher in women than men and lowest in the 19–29 year age group for both sexes. After adjusting for energy intake, age, income, smoking, physical activity, and dietary supplement intake, serum folate concentration increased significantly as intake increased ($p < 0.001$). The explanatory power (R^2) of folate intake on the blood folate concentration was 0.183 and 0.141 in men and women, respectively.

Conclusion: The proportion of participants consuming less than the estimated average

Conflict of Interest

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

Author Contributions

Conceptualization: Yu KH, Ly SY; Funding acquisition: Park EJ; Formal analysis: Park EJ, Ly SY; Investigation: Park EJ; Methodology: Yu KH, Ly SY; Supervision: Han I, Ly SY; Writing - original draft: Park EJ; Writing - review & editing: Han I, Yu KH, Ly SY.

requirement was 48.1% and 65.3% in men and women, respectively. In particular, the folate intake and serum levels of young men aged 19–29 years were the lowest. Therefore, it is necessary to improve their folate nutritional status through a balanced diet. In addition, the newly established folate DB may be useful for evaluating the folate nutritional status of Koreans.

Keywords: folate; micronutrient intakes; nutrition survey; Korean adults

서론

엽산은 조효소로서 피리미딘과 퓨린 생성과정에 관여하여 DNA 합성과 정상적인 세포분열에 반드시 필요하다. 또한 히스티딘을 글루탐산으로, 호모시스테인을 메티오닌으로 변환하는 등 여러 아미노산 대사에 관여한다. 특히 호모시스테인에서 전환된 메티오닌은 S-아데노실 메티오닌(S-adenosylmethionine, SAM)의 주요 공급원이며, SAM은 DNA, 단백질의 메틸화 반응을 포함한 100개 이상의 대사 반응에서 메틸기를 전달하는 역할을 한다 [1,2]. 엽산 결핍은 DNA의 정상적인 합성에 영향을 주어 결장암, 식도암, 위장관 관련 암 등의 발생 가능성을 높이며 [3,4], DNA 합성 및 세포 분열이 정상적으로 일어나지 않아 생기는 미성숙하고 크기가 큰 적혈구로 인해 거대적아구성 빈혈을 초래한다 [1]. 또한 엽산이 부족할 경우, 혈장 호모시스테인 농도가 증가하고 이는 심혈관 질환, 뇌졸중, 인지능력 장애, 알츠하이머성 치매 등의 발병과 관련성이 있는 것으로 보고되어 있다 [5,6]. 그리고 가임기 여성의 엽산 섭취가 신생아의 신경관결손증의 발생 가능성과 강한 인과관계가 있다는 것이 밝혀져 [7] 엽산 결핍으로 인한 질환들을 예방하기 위해 전 생애주기에서 엽산을 충분히 섭취해야 한다.

천연 식품에 존재하는 엽산(식품 엽산)은 우리가 일반적으로 섭취하는 식품 중 두류, 엽채류, 브로콜리, 컬리플라워 등의 일부 채소류, 일부 과일, 동물의 간, 그리고 우유 및 유제품 등에 풍부하므로 균형잡힌 식생활을 유지하는 한 크게 결핍되기 쉬운 영양소가 아니다. 그러나 식품 엽산은 열, 자외선, 산화 등의 손상 가능성이 높아 조리법에 따라 50–80%가 감소하는 경향을 보였다 [8,9]. 또한 섭취하는 엽산 양을 판단할 때, 식품 엽산과 합성 엽산의 생체 이용률도 고려해야 한다. 식품 엽산의 흡수율은 50%이며, 보충제로 섭취하는 합성 엽산의 경우 공복 섭취 시 100%, 합성 엽산이 첨가된 강화식품의 경우 흡수율은 85% 등 합성 엽산은 식품 엽산에 비해 생체 이용률이 1.7배 높다 [10]. 따라서 권장섭취량을 결정할 때는 식이엽산당량(dietary folate equivalent, DFE)을 사용하며, 이를 계산하기 위해서는 식품 엽산 함량에 합성 엽산 함량의 1.7배 한 값을 합산한다 [11].

한국의 경우 1990년대 이후로 엽산의 섭취기준이 마련되었고, 한국인의 엽산 영양상태에 대한 연구가 발표되기 시작하였으나 식품 중 엽산 함량 database (DB)가 부족하여 엽산 섭취량 평가에는 한계가 있었다. 최근 공개된 「국가표준식품성분 데이터베이스 10.1」에는 총 3,259개의 식품 중 2,143개의 식품에 대한 엽산 함량이 수록되어 [12] 엽산 연구에 기반이 되었다. 한국인의 엽산 영양상태를 파악하기 위하여 제7기(2016–2018) 국민건강영양조사에서 일부 표본에 대해 혈청의 엽산 농도를 측정하였고, 2021년에는 혈청 엽산 농도의 3개년 통합 원시자료가 공개되었으며, 이후 질병관리청은 우리 국민의 엽산 섭취량을 산출하여 발표하였다 [13–15]. 그러나 이 연구에서 사용한 식품 엽산 DB는 국민건강영양조사에 등장하는 모든 식품에 대해 수록되어 있지 않고, 가장 최근 DB인 「국가표준식품성분 데이터베이스 10.1」

에도 443개 식품이 해외 분석치를 인용한 것으로 한국인들이 실제 섭취하는 엽산 함량과 차이를 보일 수 있다. 그 외에도 엽산은 조리 후에 엽산 함량이 낮아지므로, 생식품의 엽산을 이용하여 익힌 음식의 엽산 함량을 추산할 경우 과대평가될 수 있다 [16,17].

본 연구진은 이러한 문제점을 해결하고자 제7기 (2016-2018) 국민건강영양조사에 등장한 3,894종의 식품에 대하여 결측치 없는 엽산 함량 DB를 구축한 바 있으므로 [18], 본 연구에서 국민건강영양조사의 원시자료에 이 DB를 적용하여 보다 정확한 한국인의 엽산 섭취 수준을 산출하고 영양상태를 평가하고자 하였다.

연구방법

연구 자료 및 연구 대상

본 연구에서는 제7기 (2016-2018년) 국민건강영양조사 원시자료를 이용하여 국민의 엽산 영양상태를 분석하였다. 본 연구에 사용된 자료는 2016년도와 2017년도에는 질병관리본부 Institutional Review Board (IRB)의 의견에 따라 연구윤리심의를 받지 않고 수행되었고, 2018년에는 원시자료 제3차 제공 등을 고려하여 질병관리본부 IRB의 승인 (승인번호: 2018-01-03-P-A)을 받아 수행된 연구에서 수집하였다 [19].

새로 구축한 식품 엽산 함량 DB에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다. 엽산 DB는 제7기 국민건강영양조사 (2016-2018)에 사용된 식품 총 3,894개에 대한 DB였으며 농촌진흥청의 「국가표준식품성분표 10개정판」의 2,533개 항목 외에 수산과학원 (2016년 발표, 36 항목), 식약처 (72 항목)의 국내 DB와 일본 (378 항목), 미국 (340 항목) 등 국외 DB를 이용하여 1차 구축하였다. 그 외의 식품항목 중 458 항목은 Tri-enzyme 추출법과 Microbiological assay로 직접 분석하였으며 일부 복합식품의 경우 조성표를 참고하여 산출한 값 (60 항목)을 사용하였다. 한국인 수유부를 대상으로 조사한 모유섭취량에 근거하여 산출한 모유 내 엽산 함량과 '0'으로 대체한 값 7 항목을 포함하였다 [18].

연구대상자로 제7기 국민건강영양조사에 참여한 24,269명 중에서 식품섭취량 조사가 이루어지지 않은 자 3,089명을 1차로 제외하였다. 2차로 음주여부, 흡연여부, 유산소 신체활동 수행 여부가 조사되지 않은 6,005명과 식이보충제 섭취 여부 조사가 이루어지지 않은 1명, 신체계측조사가 이루어지지 않은 51명, 교육 수준, 직업, 가구소득이 조사되지 않은 69명 (총 6,135명)을 제외하여 최종 15,054명 (남자 6,278명, 여자 8,776명)을 연구대상자로 선정하였다. 또한 혈중 엽산 농도와 엽산 섭취량의 상관관계에 대한 연구에서는 혈중 엽산 농도 조사를 측정하지 않은 9,794명을 제외한 총 5,260명 (남자 2,272명, 여자 2,988명)을 연구대상자로 선정하였다 (Fig. 1).

연구 대상자의 일반적 특성 및 신체 계측

연구 대상자의 일반적 특성으로는 국민건강영양조사에서 면접 및 자기기입 방법으로 이루어진 건강설문조사 중 사회인구학적 변인과 생활습관조사 항목을 선정하였다. 사회인구학적 변인으로는 성별, 나이, 교육수준, 직업, 가구소득에 대한 조사자료를 선택하였다. 대상자의 성별과 나이는 2020 한국인 영양소 섭취기준의 성인기 이후의 생애주기 분류에 맞추어

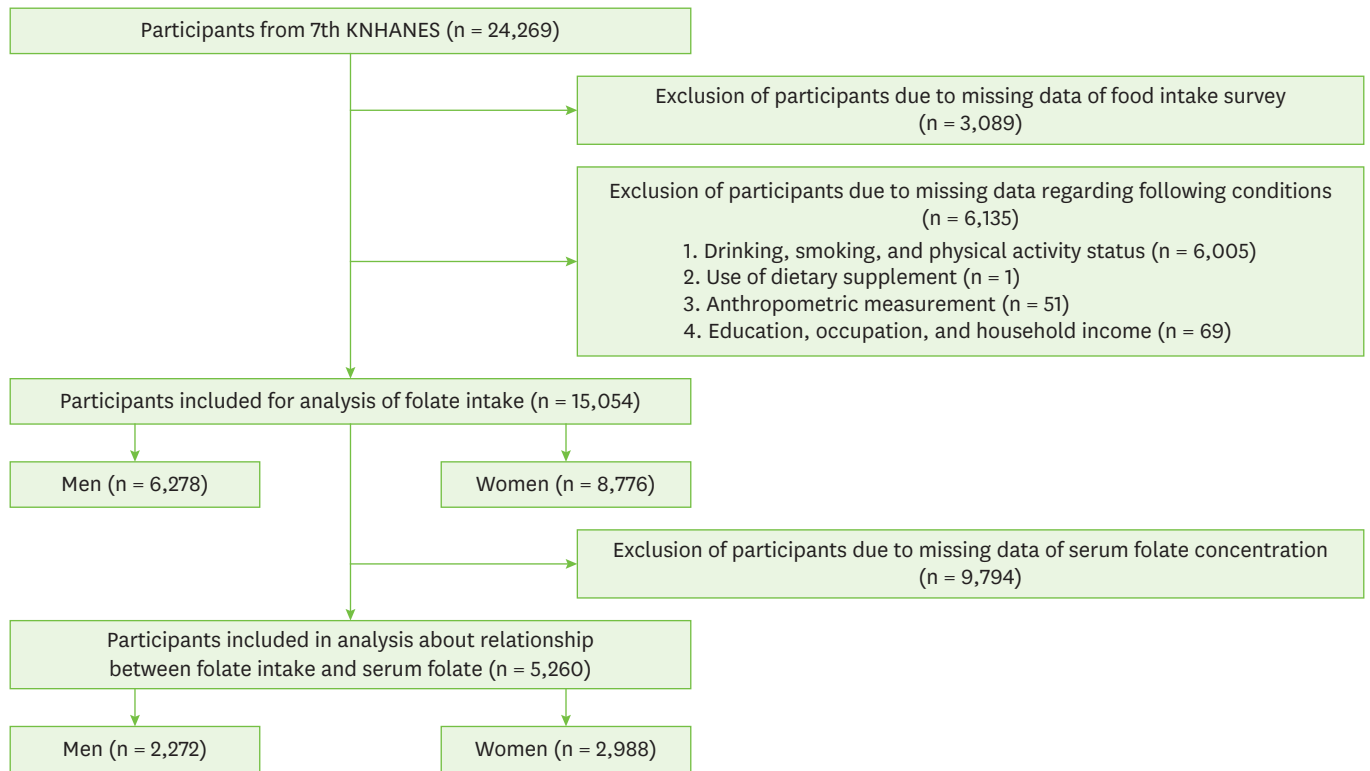


Fig. 1. Flowchart of study participant's inclusion and exclusion criteria in the 7th KNHANES (2016–2018). KNHANES, Korea National Health and Nutritional Examination Survey.

19–29세, 30–49세, 50–64세, 65–74세, 75세 이상의 5개 그룹으로 분류하였다 [20]. 교육수준은 대졸 이상과 대졸 미만으로 구분하였고, 직업은 국민건강영양조사자료에 등장하는 7개 그룹을 사무·전문직 (관리자, 전문가 및 관련 종사자, 사무종사자), 육체노동직 (서비스 및 판매 종사자, 농림어업 숙련 종사자, 기능원, 장치·기계조작 및 조립종사자, 단순노무종사자), 무직 (주부, 학생 등)의 3개 그룹으로 재분류하였다. 가구소득의 경우 소득 사분위수 (하, 중하, 중상, 상)으로 분류된 자료를 사용하였다. 생활습관조사 항목으로는 흡연 여부, 음주 여부, 유산소 신체활동 수행 여부, 식이보충제 섭취 여부에 대한 자료를 선택하였다. 흡연상태는 일생동안 100개비 이상 흡연경력이 있으면서 현재 흡연중인 자를 흡연자로 정의하고, 음주상태는 최근 1년간 월 1잔 이상 음주한 사람을 음주자로 정의하였다. 유산소 신체활동은 일주일에 중강도 신체활동을 2시간 30분 이상 또는 고강도 신체활동을 1시간 15분 이상 또는 중강도와 고강도 신체활동을 섞어서 (고강도 1분은 중강도 2분) 각 활동에 상당하는 시간을 실천한 사람을 유산소 신체활동을 수행한 사람으로 정의하였다. 식이보충제 섭취 여부는 최근 1년간 2주 이상 식이보충제 복용 여부를 ‘예’나 ‘아니오’로 응답한 자료를 이용하였다.

신체계측은 검진조사 자료를 통해 수집된 변수 중, 키 (cm), 체중 (kg), 허리둘레 (cm), 체질량지수 (body mass index [BMI], kg/m²)를 사용하였다.

연구대상자의 혈중 엽산 농도

혈중 엽산 농도는 국민건강영양조사 제7기 대상자 중 임상검사 동의자의 검체를 씨젠의 료재단에서 ARCHITECT i4000Sr (Abbott, Chicago, IL, USA)을 이용하여 chemiluminescent microparticle immunoassay법으로 분석하여 질병관리청에서 공개한 원시자료를 이용하였다 [19].

연구 대상자의 일일 영양소 섭취 현황

국민건강영양조사의 24시간 회상법 (24 hours recall method)으로 조사된 1일간의 식품섭취 자료를 활용하였다. 조사 자료를 바탕으로 열량영양소인 탄수화물, 단백질, 지방과 식이섬유, 수용성 비타민인 티아민, 리보플라빈, 나이아신, 비타민 C의 1일 영양소 섭취수준과 새로 구축한 엽산 함량 DB를 제7기 국민건강영양조사의 식품코드 (N_FCODE)에 대치하여 엽산 섭취량을 산출하였다. 또한 엽산의 평균필요량 미만 섭취자 비율과 엽산의 식품군별 섭취량 및 급원식품을 분석하였다. 새로 구축한 엽산 DB 중 각 영양소의 일일 평균 섭취량은 성별, 연령군 간의 비교를 위하여 혼란변수인 에너지 섭취량과 나이로 보정하여 산출하였다. 1일 평균 엽산 섭취량이 한국인 영양소섭취기준인 평균필요량 미만으로 섭취하는 대상자의 비율은 성별, 연령별로 산출하였다. 2020년 한국인영양소 섭취기준에서는 19세 이상 남녀 성인의 엽산의 평균필요량을 320 µgDFE/day로 설정하였다 [10]. 또한 사회인구학적 변인과 생활습관 특성에 따른 엽산 섭취량을 남녀별로 분석하였다.

식품군은 국민건강영양조사에서 사용하는 18개 식품군(곡류, 감자류, 당류 및 그 제품, 두류, 견과류 및 종실류, 채소류, 버섯류, 과실류, 육류, 난류, 어패류, 해조류, 우유 및 유제품류, 유지류, 음료 및 주류, 조미료류, 조리가공식품류, 기타)으로 분류하여 엽산 섭취량에 대한 각 식품군의 기여도와 누적기여도를 성별로 산출한 결과를 제시하였다. 기여도는 총 엽산 섭취량에 대한 식품군 유래 엽산 섭취량의 백분율 (1일 섭취한 식품군 내 엽산 함량/1일 총 엽산 섭취량 × 100)로 산출하였다.

통계분석

모든 통계 처리는 복합표본설계의 효과를 고려하여 표본의 결과가 대표성을 갖도록 층화변수 (변수명: kstrata), 집락변수 (변수명: psu)를 사용하였다. 가중치는 국민건강영양조사 원시자료 이용지침서에 따라 건강설문, 검진, 영양 연관성분석 가중치 (변수명: wt_tot)에 1/3의 통합비율을 부여한 값을 사용하였다. 연구 집단의 기본 특성을 비교하기 위해 나이, 교육 수준, 가구 소득, 직업, 흡연 여부, 음주 여부, 유산소 신체활동 수행 여부, 식이보충제 섭취 여부에 대해서는 카이제곱 검정 (χ^2 test)을 수행하여 빈도와 백분율을 제시하였다. 대상자들의 키, 몸무게 등 신체계측값에 대해서는 복합표본설계 내 기술통계를 이용하여 추정값과 표준오차를 산출하고, 유의성 검증은 일반선형모형 (Complex Sampling General Liner Model)을 통해 이루어졌다. 남성과 여성의 일일 영양소 섭취수준 조사 및 일반적 특성에 따른 엽산 섭취량 분석은 남녀 모두 연령과 에너지 섭취수준을 보정한 후 복합표본설계 내 기술통계를 이용하였고, 유의성 검증은 일반선형모형을 통해 수행하였다. 엽산의 성별, 연령별 1일 평균 섭취량 분석은 총 에너지 섭취량을 보정한 후 복합표본설계 내 기술통계를 이용하여 산출하였고 유의성 검증은 일반선형모형을 통해 이루어졌다. 엽산의 평균필요량 미만 섭취자 비율은 복합표본설계 내 기술통계를 이용하여 산출하였다. 남성과 여성의 연령별 혈중 엽산 농도는 복합표본설계 내 기술통계를 이용하여 평균값과 표준오차를 산출하고 연령간 차이는 일반선

형모형을 통해 유의성 검증을 하였다. 사분위 엽산 섭취량과 혈중 엽산의 관련성은 관련 변수들을 통제한 후 복합표본 다중선형 회귀 분석을 실시하여 분석하였다. 모델 1은 무보정, 모델 2는 나이, 에너지섭취량, 가구소득교육 수준의 변수로 보정하였으며, 최종 모델인 모델 3은 모델 2에 흡연 여부, 유산소 신체활동 수행여부, 식이보충제 섭취 여부를 추가로 보정하였다. 분석 프로그램은 IBM SPSS 29 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였고, 통계적 유의성을 판정하기 위해서 모든 유의확률은 0.05를 기준으로 하였다.

결과

연구대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자들의 사회인구학적 변인과 생활습관조사를 성별로 분석한 결과는 Table 1과 같다. 연령별 분포를 살펴보면 50세 미만은 남성 대상자의 분포가 높았으나, 50세 이상은 여성의 비율이 높았다 ($p < 0.001$). 전체 대상자들의 교육 수준은 대졸 이상 (42.3%)보다 이하인 대

Table 1. General characteristics and lifestyle of the participants by gender

Variables	Men	Women	Total	χ^2 -value
Age (yrs)				7,016.8***
19-29	789 (19.5)	947 (16.8)	1,736 (18.1)	
30-49	2,042 (39.3)	3,096 (37.2)	5,138 (38.3)	
50-64	1,744 (25.6)	2,473 (27.0)	4,217 (26.3)	
65-74	1,038 (9.6)	1,318 (11.4)	2,356 (10.5)	
≥ 75	665 (5.9)	942 (7.6)	1,607 (6.8)	
Education				71.0***
High	3,727 (53.9)	5,742 (61.4)	9,469 (57.7)	
College	2,551 (46.1)	3,034 (38.6)	5,585 (42.3)	
Household				15.2***
Low	1,124 (13.6)	1,811 (16.8)	2,935 (15.2)	
Mid-low	1,509 (22.3)	2,174 (24.2)	3,683 (23.3)	
Mid-high	1,738 (29.9)	2,344 (28.6)	4,082 (29.2)	
High	1,907 (34.2)	2,447 (30.4)	4,354 (32.3)	
Occupation				248.0***
Office worker	1,764 (32.6)	1,914 (24.3)	3,678 (28.4)	
Physical worker	2,697 (42.0)	2,609 (28.5)	5,306 (35.2)	
Inoccupation	1,817 (25.4)	4,253 (47.2)	6,070 (36.4)	
Smoking				1,377.8***
Yes	2,057 (35.1)	412 (5.5)	2,469 (20.2)	
No	4,221 (64.9)	8,364 (94.5)	12,585 (79.8)	
Drinking				796.0***
Yes	4,367 (71.8)	3,602 (45.3)	7,969 (58.4)	
No	1,911 (28.2)	5,174 (54.7)	7,085 (41.6)	
Physical activity ¹⁾				42.47***
Yes	2,872 (50.4)	3,567 (44.3)	6,439 (47.3)	
No	3,406 (49.6)	5,209 (55.7)	8,615 (52.7)	
Supplement ²⁾				106.04***
Yes	2,881 (45.2)	4,852 (54.4)	7,733 (49.9)	
No	3,397 (54.8)	3,924 (45.6)	7,321 (50.1)	
Total	6,278 (100.0)	8,776 (100.0)	15,054 (100.0)	

Values are presented as number (%).

¹⁾Whether the person performs physical activity (moderate activity: over 2 hours and half per a week; high intensity: over 1 hours and 15 minutes per a week).

²⁾Whether the person took dietary supplement over 2 weeks in a year.

Significantly different within gender group by complex sampling χ^2 test. *** $p < 0.001$.

상자가 많았으며 (57.7%), 대졸 이상에서 남성이 여성보다 학력 수준이 더 높았다 ($p < 0.001$). 가구소득 수준은 남성에 비하여 여성이 다소 낮았으며 ($p < 0.001$) 현재 경제활동을 하는 사람은 여성 (52.8%)에 비해 남성 (74.6%)이 더 많았다 ($p < 0.001$). 남성 흡연자 비율 (35.1%)과 음주 비율 (71.8%)은 여성 (각각 5.5%와 45.3%)에 비하여 유의하게 높았다 ($p < 0.001$). 유산소 신체 활동은 여성 (44.3%)에 비해 남성에서 실천하는 비율 (50.4%)이 높았으며, 전체 대상자로 보면 유산소 신체활동을 실천하는 사람의 비율보다, 하지 않는 사람의 비율 (52.7%)이 높았다 ($p < 0.001$). 식이보충제의 경우 최근 1년간 식이보충제를 2주 이상 복용한 사람의 비율이 남성 (45.2%)보다 여성 (54.4%)에서 더 높게 나타났다.

신체계측치

본 연구 대상자들의 키 (cm), 체중 (kg), 허리둘레 (cm)는 모두 남성이 여성에 비해 유의하게 높았으며 체질량 지수의 평균은 남성이 $24.6 \pm 0.05 \text{ kg/m}^2$, 여성이 $23.3 \pm 0.05 \text{ kg/m}^2$ 로 모두 대한비만학회에서 발표한 정상체중 범위 ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$)에 속해 있었다 (Table 2).

일일 영양소 섭취 현황

연령과 에너지 섭취량으로 보정한 연구대상자들의 1일 평균 영양소섭취량은 Table 3에 제시하였다. 1일 평균 탄수화물과 단백질 섭취량은 남녀별 유의한 차이를 보이지 않았으나 지방 섭취량 (남 $44.0 \pm 0.033 \text{ g}$ vs. 여 $48.8 \pm 0.35 \text{ g}$)과 식이섬유 섭취량 (남 $23.9 \pm 0.17 \text{ g}$ vs. 여 $25.9 \pm 0.19 \text{ g}$)은 남성에 비해 여성이 모두 유의하게 높았다. 수용성 비타민 중 티아민 섭취량은 남성 $1.4 \pm 0.01 \text{ mg}$, 여성 $1.3 \pm 0.01 \text{ mg}$ 로 남성이 유의하게 많았다 ($p < 0.001$). 그러나 리보플라빈과 비타민 C 섭취량은 남성에 비하여 여성에서 유의하게 높았고 ($p < 0.001$), 엽산 섭취량도 여성에서 약간 높았다 (남 $315.2 \pm 2.04 \mu\text{gDFE/day}$ vs. 여 $321.0 \pm 1.96 \mu\text{gDFE/day}$, $p < 0.05$). 나이아신 섭취량은 남녀 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Anthropometric characteristics of the participants by gender

Variables	Men (n = 6,278)	Women (n = 8,776)	Total (n = 15,054)	F-value
Height (cm)	171.5 ± 0.11	158.1 ± 0.10	164.8 ± 0.88	13,299.326***
Weight (kg)	72.4 ± 0.18	58.2 ± 0.13	65.3 ± 0.11	4,642.067***
Waist (cm)	86.2 ± 0.14	78.3 ± 0.16	82.3 ± 0.12	1,735.669***
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 0.05	23.3 ± 0.05	23.9 ± 0.04	309.106***

Values are presented as mean ± standard error.

BMI, body mass index.

Significantly different between gender groups by Complex Sampling General Liner Model, *** $p < 0.001$.

Table 3. Daily nutrients intake of the participants

Nutrients	Men (n = 6,278)	Women (n = 8,776)	Total (n = 15,054)	F-value
Carbohydrate (g/day)	297.54 ± 1.19	298.44 ± 1.17	297.99 ± 0.83	0.290
Protein (g/day)	73.44 ± 0.36	72.58 ± 0.36	73.01 ± 0.27	3.425
Fat (g/day)	43.99 ± 0.33	48.80 ± 0.35	46.40 ± 0.24	95.650***
Dietary fiber (g/day)	23.89 ± 0.17	25.89 ± 0.19	24.89 ± 0.15	82.530***
Thiamine (mg/day)	1.38 ± 0.01	1.32 ± 0.01	1.35 ± 0.01	18.739***
Riboflavin (mg/day)	1.58 ± 0.01	1.63 ± 0.01	1.60 ± 0.01	13.357***
Niacin (mg/day)	13.85 ± 0.10	13.69 ± 0.09	13.77 ± 0.07	1.470
Vitamin C (mg/day)	57.82 ± 1.20	66.31 ± 1.05	62.06 ± 0.83	30.789***
Folate (μgDFE/day)	315.17 ± 2.04	320.97 ± 1.96	318.07 ± 1.52	5.041*

Values are presented as mean ± standard error. Adjusted for age and energy intake.

DFE, dietary folate equivalent.

Significantly different between gender groups by Complex Sampling General Liner Model, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

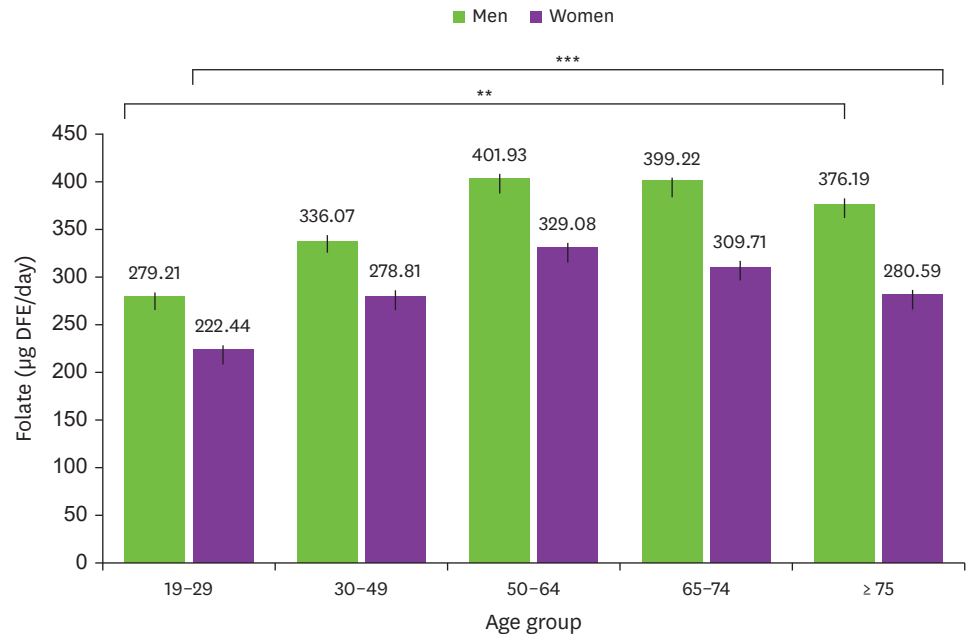


Fig. 2. Daily intake of folate according to gender and age group of participants. Folate intake after adjusting for energy intake is expressed as the mean ± standard error. The p-values were derived from complex sampling general liner model. Significantly different within age groups, **p < 0.01, ***p < 0.001.

연령대별 엽산 섭취량과 평균필요량 미만 섭취자 비율

에너지 섭취량으로 보정한 연구대상자들의 성별, 연령별 1일 평균 엽산 섭취량은 **Fig. 2**에 제시하였다. 남녀 모두 1일 평균 엽산 섭취량은 연령군에 따라 유의한 차이를 보였다(남 p < 0.01 vs. 여 p < 0.001). 남녀 모두 19-29세의 연령대에서 가장 낮았고(남 279.2 ± 4.36 µgDFE/day vs. 여 222.4 ± 3.77 µgDFE/day), 50대에 가장 높았다(남 401.9 ± 4.20 µgDFE/day vs. 여 329.1 ± 3.02 µgDFE/day). 50대 이후에는 연령이 높아지면서 1일 평균 엽산 섭취량은 점점 낮아지는 추이를 보였다.

보정 전 연구대상자들의 엽산 1일 평균 섭취량은 평균필요량 (320 µgDFE/day) 미만인 대상자의 비율은 남성에서는 36.5-65.6%였고 여성에서는 54.3-78.7%로 남성에 비해 여성의 비율이 높았다(**Table 4**). 남녀 모두 50-64세 연령군에서 평균필요량 미만 섭취자 비율이 가장 낮았고 남성에서는 19-29세 연령군과 여성에서는 75세 이상 연령군에서 가장 높았다.

일반적 특성에 따른 엽산 섭취량

연구대상자들의 사회인구학적 특성에 따른 엽산 섭취량은 **Table 5**와 같다. 교육수준에 따른 남녀의 엽산 섭취량을 분석해 보았을 때 모두 대학 이상의 교육 수준을 가진 대상자들의 섭취량이 교육 수준이 낮은 대상자들에 비하여 높았다(p < 0.001). 가구소득 수준도 높을수록 남녀 모두 엽산 섭취량이 높아졌으며(p < 0.001) 남성에서는 사무·전문직들의 엽산 섭취량(357.1 ± 3.6 µgDFE/day)이 육체노동직(350.8 ± 3.1 µgDFE/day)이나 무직(340.9 ± 3.9 µgDFE/day)의 엽산 섭취량보다 많았다(p < 0.01). 그러나 여성은 직업군에 따른 엽산 섭취량에 유의한 차이가 없었다. 남녀 모두 흡연자들의 엽산 섭취량(남 331.1 ± 3.3, µgDFE/day, 여 265.3 ± 5.9 µgDFE/day, 전체 294.5 ± 3.0 µgDFE/day)이 비흡연자들(남 360.7 ± 2.5 µgDFE/day, 여 287.9 ± 1.7 µgDFE/day,

Table 4. Folate intake and percentile of the participant consuming folate less than EAR

Gender	Age (yrs)	No. of the participants	Unadjusted	Adjusted ¹⁾	Less than EAR (%) ²⁾
Men	19-29	789	284.36 ± 5.59	279.21 ± 4.36	65.6
	30-49	2,042	351.78 ± 3.81	336.07 ± 3.25	46.9
	50-64	1,744	339.04 ± 5.30	401.93 ± 4.20	36.5
	65-74	1,038	366.68 ± 5.97	399.22 ± 4.95	43.7
	≥ 75	665	320.27 ± 7.56	376.19 ± 6.54	56.3
	Total	6,278	344.43 ± 2.74	358.52 ± 2.31	48.1
	F-value			83.002***	163.757**
Women	19-29	947	238.12 ± 4.78	222.44 ± 3.77	78.1
	30-49	3,096	288.42 ± 3.07	278.81 ± 2.29	65.3
	50-64	2,473	326.79 ± 3.89	329.08 ± 3.02	54.3
	65-74	1,318	291.71 ± 4.75	309.71 ± 3.65	63.8
	≥ 75	942	234.00 ± 4.94	280.59 ± 4.05	78.7
	Total	8,776	275.81 ± 2.07	284.12 ± 1.69	65.3
	F-value			90.827***	174.56***

Values are presented as mean ± standard error (folate intake, µgDFE/day).

EAR, estimated average requirement; DFE, dietary folate equivalent.

¹⁾Adjusted by energy intake.

²⁾Percentage of the participant consuming less than the EAR (320 µgDFE/day for Korean adults) of folate, unadjusted.

Significantly different among groups by Complex Sampling General Liner Model, **p < 0.01, ***p < 0.001.

Table 5. Folate intake of the participants according to general characteristics

Variables	Men (n = 6,278)		Women (n = 8,776)		Total (n = 15,054)	
	Folate	F-value	Folate	F-value	Folate	F-value
Education		24.804***		11.414***		50.824***
High school	340.0 ± 2.9		282.3 ± 2.2		309.4 ± 1.8	
≥ College	362.4 ± 3.3		293.3 ± 2.3		329.8 ± 2.1	
Household income		18.731***		29.355***		47.984***
Low	318.7 ± 5.3		255.4 ± 4.0		284.8 ± 3.3	
Mid-low	341.0 ± 4.1		285.0 ± 2.8		313.3 ± 2.5	
Mid-high	356.1 ± 3.8		295.3 ± 3.1		325.5 ± 2.5	
High	363.9 ± 3.5		297.1 ± 2.7		330.5 ± 2.3	
Occupation		4.821**		0.779		1.490
Office worker	357.1 ± 3.6		283.3 ± 2.7		321.4 ± 2.4	
Physical worker	350.8 ± 3.1		287.5 ± 2.9		317.8 ± 2.4	
Inoccupation	340.9 ± 3.9		287.7 ± 2.4		315.1 ± 2.3	
Smoking		55.640***		13.682***		82.772***
Yes	331.1 ± 3.3		265.3 ± 5.9		294.5 ± 3.0	
No	360.7 ± 2.5		287.9 ± 1.7		324.1 ± 1.6	
Drinking		2.382		5.682*		6.278*
Yes	348.5 ± 2.4		282.4 ± 2.4		315.6 ± 1.8	
No	355.0 ± 3.7		290.1 ± 2.2		321.7 ± 2.1	
Aerobic physical activity ¹⁾		34.199***		20.721***		52.097***
Yes	361.3 ± 2.9		294.0 ± 2.3		327.3 ± 2.0	
No	339.2 ± 2.7		280.7 ± 2.1		309.9 ± 1.9	
Dietary supplement ²⁾		21.772***		55.365***		66.093***
Yes	360.6 ± 3.0		296.2 ± 2.0		328.3 ± 1.9	
No	341.8 ± 2.8		275.2 ± 2.3		308.00 ± 2.03	

Values are presented as mean ± standard error (folate intake, µgDFE/day). Adjusted for age and energy intake.

DFE, dietary folate equivalent.

¹⁾Whether the participant performed physical activity (moderate activity over 2 hours and half per a week or high intensity activity over 1 hour and 15 minutes per a week).

²⁾Whether the participant took dietary supplement for over 2 weeks in a year.

Significantly different between gender group by multiple regression analysis in Complex Sampling General Liner Model, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

Table 6. Contribution and accumulated contribution of food group towards the daily intake of folate by gender

Rank	Men (n = 6,278)			Women (n = 8,776)			Total (n = 15,054)		
	Food group	Con %	Cum %	Food group	Con %	Cum %	Food group	Con %	Cum %
1	Vegetables	40.2	40.2	Vegetables	35.4	35.4	Vegetables	37.8	37.8
2	Cereals	16.7	56.9	Cereals	17.1	52.5	Cereals	16.9	54.7
3	Eggs	7.7	64.6	Fruits	7.9	60.4	Eggs	7.7	62.4
4	Pulses	7.1	71.7	Eggs	7.7	68.1	Pulses	7.0	69.3
5	Seasonings	5.2	76.9	Pulses	6.8	74.9	Fruits	6.5	75.9
6	Fruits	5.1	82.0	Seasonings	4.9	79.8	Seasonings	5.0	80.9
7	Beverages ¹⁾	3.3	85.3	Starch roots	4.1	84.0	Starch roots	3.3	84.2
8	Fishes	2.6	87.9	Beverages	2.7	86.7	Beverages	3.0	87.2
9	Seaweeds	2.4	90.3	Fishes	2.7	89.4	Fishes	2.7	89.9
10	Starch roots	2.4	92.7	Seaweeds	2.4	91.8	Seaweeds	2.4	92.3
11	Meats	1.6	94.4	Milks	1.7	93.5	Meats	1.6	93.9
12	Prepared food	1.4	95.8	Nuts and seeds	1.7	95.2	Milks	1.6	95.5
13	Milks	1.4	97.2	Meats	1.6	96.9	Nuts and seeds	1.5	97.0
14	Nuts and seeds	1.3	98.5	Prepared food	1.5	98.4	Prepared food	1.5	98.4
15	Mushrooms	0.9	99.4	Mushrooms	1.2	99.5	Mushrooms	1.0	99.5
16	Miscellaneous	0.5	99.9	Miscellaneous	0.3	99.9	Miscellaneous	0.4	99.9
17	Sugars	0.1	100.0	Sugars	0.1	100.0	Sugars	0.1	100.0
18	Oils and fats	0.0	100.0	Oils and fats	0.0	100.0	Oils and fats	0.0	100.0

Con %, contribution (%); Cum %, cumulative contribution (%).

¹⁾Include alcoholic beverages.

전체 324.1 ± 1.6 µgDFE/day)에 비하여 낮았고 (p < 0.001) 전체 대상자와 여성에서는 음주자들의 엽산 섭취량이 낮았다 (p < 0.05). 남녀 모든 연구대상자 중 유산소 신체활동을 실천하는 대상자는 비실천자들에 비하여 엽산 섭취량이 유의하게 많았다 (p < 0.001). 또한 식이 보충제를 섭취하는 대상자들의 엽산 섭취 수준이 보충제를 섭취하지 않는 대상자들에 비하여 높았다 (p < 0.001).

식품군별 엽산 섭취량에 대한 기여도

성별에 따른 하루 엽산 섭취량에 대한 식품군별 기여도는 **Table 6**에 나타내었다. 엽산 섭취량에 가장 크게 기여하는 식품군의 1, 2위는 채소류와 곡류였고 그 다음 순위는 남성에서 난류, 여성에서 과실류였다. 남성에서는 채소류의 기여도가 40.2%였고, 여성에서는 35.4%였다.

연구 대상자의 혈중 엽산 농도

엽산 섭취량과 혈중 엽산 농도의 관련성을 분석하기 위해 국민건강영양조사 제7기 연구 대상자 중 혈중 엽산 농도 조사가 이루어진 총 5,260명 (남자 2,272명, 여자 2,988명)의 연령에 따른 혈중 엽산 농도를 **Table 7**에 나타내었다. 혈중 엽산 농도는 3 ng/mL 이하인 경우 엽산 결핍으로 판정한다 [20,21]. 한국인 남성의 혈중 엽산 농도는 19-29세 연령층이 4.77 ± 0.18 ng/mL

Table 7. Serum folate concentration of the participants by gender

Age (yrs)	Men	Women	Total
19-29	4.77 ± 0.18	6.79 ± 0.19	5.77 ± 0.13
30-49	6.09 ± 0.11	8.08 ± 0.11	7.03 ± 0.09
50-64	6.80 ± 0.14	9.17 ± 0.15	7.98 ± 0.11
65-74	7.00 ± 0.21	9.30 ± 0.25	8.14 ± 0.17
≥ 75	6.68 ± 0.30	8.38 ± 0.30	7.60 ± 0.21
Total	6.27 ± 0.09	8.34 ± 0.10	7.30 ± 0.07
F-value	30.196***	28.652***	63.719***

Values are presented as mean ± standard error (ng/mL).

Significantly different among age groups by Complex Sampling General Liner Model, ***p < 0.001.

Table 8. Relationship between quartile of folate intake and serum folate concentration after adjusted for confounding factors

Models	Gender	β	95% CI ¹⁾	R ²	p-value
Model 1 ²⁾	Men	0.433	0.295, 0.571	0.024	< 0.001
	Women	0.487	0.361, 0.613	0.021	< 0.001
	Total	0.236	0.134, 0.338	0.006	< 0.001
Model 2 ³⁾	Men	0.309	0.157, 0.460	0.082	< 0.001
	Women	0.442	0.288, 0.596	0.073	< 0.001
	Total	0.357	0.238, 0.476	0.071	< 0.001
Model 3 ⁴⁾	Men	0.219	0.074, 0.363	0.183	< 0.001
	Women	0.360	0.214, 0.505	0.141	< 0.001
	Total	0.256	0.147, 0.364	0.185	< 0.001

Folate intake levels: Q1: < 204.75 μ gDFE/day, Q2: 204.75–296.78 μ gDFE/day, Q3: 296.79–409.85 μ gDFE/day, Q4: > 409.85 μ gDFE/day.

β , regression coefficient; CI, confidence interval; DFE, dietary folate equivalent.

¹⁾Statistical significance is represented by 95% the CIs.

²⁾Model 1: crude.

³⁾Model 2: age, energy intake, income, and education level were adjusted.

⁴⁾Model 3: current smoking, aerobic physical activity and dietary supplement were adjusted in addition to the variables adjusted in Model 2.

로 가장 낮았고 30–49세 연령대 (6.09 ± 0.11 ng/mL)부터 65–74세 연령층 (7.00 ± 0.21 ng/mL)까지는 높은 수치를 보였다. 여성에서도 19–29세 연령층의 혈중 농도가 가장 낮아 6.79 ± 0.19 ng/mL였고 74세 미만 연령층까지 증가하였다. 여성은 모든 연령대에서 남성에 비하여 엽산 혈중농도가 모두 높았다. 남녀 모두 혈중 엽산 농도가 가장 높은 연령층은 65–74세이었다.

엽산 섭취량과 혈중 엽산 농도의 관련성

Table 8은 엽산 섭취량과 혈중 엽산 농도의 관련성을 확인하기 위해 복합표본 일반선형모형을 실시한 결과이다. 엽산 섭취량은 사분위로 분류하였고, 각 사분위 구간은 다음과 같았다. Q1은 204.75 μ gDFE/day 미만, Q2는 204.75–296.78 μ gDFE/day, Q3는 296.79–409.85 μ gDFE/day, Q4는 409.86 μ gDFE/day 이상이었다.

모델 1은 무보정, 모델 2는 앞선 분석에서 엽산 섭취량과 관계가 있었던 변수인 나이, 에너지 섭취량과 사회인구학적 변인 중 소득과 교육 수준에 대해 보정을 실시하였고, 모델 3에서는 생활습관 변인 중 흡연, 유산소 신체활동 수행과 식이 보충제 섭취 여부를 모델 2에 추가로 보정하였다. 모든 모델에서 엽산 섭취량과 혈중 농도는 유의한 양의 상관성을 보였다 ($p < 0.001$). 모델 1에서 엽산 섭취 수준의 혈중 엽산 농도에 대한 설명력 (R^2)은 남성 2.4%, 여성 2.1%, 전체 대상자 0.6%로 낮은 편이었고, 모델 2에서 엽산 섭취 수준의 혈중 엽산 농도의 설명력 (R^2)은 남성 8.2%, 여성 7.3%, 전체 7.1%으로 약간 증가하였으며 최종 보정된 모델 3에서 설명력 (R^2)은 남성 18.3%, 여성 14.1%, 전체 18.5%로 분석되었다.

고찰

제7기 국민건강영양조사에 참여한 대상자 중 15,054명에 대한 엽산 섭취량 분석에 의하면 한국인의 1일 평균 엽산 섭취량은 연령과 에너지 섭취량을 보정하였을 때 318.1 ± 1.5 μ gDFE/day로 2020 한국인 영양소섭취기준의 평균필요량인 320 μ gDFE/day보다 낮았다. 연령과 에너지 보정 후 여성의 섭취량은 남성의 섭취량에 비하여 약간 높은 값을 보였다. 평균필요량인 320

µgDFE/day 미만 섭취자 분율을 보정 전 엽산 섭취량에 대하여 산출한 결과, 엽산 섭취량이 많았던 50-64세 연령층에서도 남자 36.5%, 여자 54.3%로 높은 비율로 나타났다. 특히 남녀 모두 19-29세 연령층의 엽산 섭취량이 매우 낮았으며 남자에서는 65.6%, 여자에서는 78.1%가 평균필요량 미만으로 섭취하고 있었다. 한국의 대도시에 거주하는 254명의 건강한 19-64세 성인을 대상으로 조사한 연구에서 엽산 섭취량은 본 연구 결과보다 약간 높게 나타났으나(남 587.4 µgDFE/day, 여 499.2 µgDFE/day) 여전히 19-29세 연령층의 엽산 섭취량이 가장 낮게 나타났다 [22]. 한국의 가임기 여성 36명에 대해 연구한 결과 이 여성들은 엽산 함량이 높지 않은 식단을 섭취하였는데 그 원인은 체중관리를 위해 에너지 섭취량도 불충분하고 질적으로도 우수하지 않은 식사를 하고 있기 때문이라고 하였다 [23]. Park 등 [24]의 연구에서도 한국 20-30대 여성의 체형에 대한 왜곡된 인식 탓으로 전반적인 식생활 및 삶의 질이 낮으며 부적절한 방법으로 체중 조절을 시도하여 영양 불균형을 일으킨다고 보고하였다. 또한 대학생들과 그들의 부모 세대간 식습관 및 영양섭취를 비교한 연구에서 부모세대보다 대학생들의 엽산 섭취량이 적었으며 그 원인으로 외식, 패스트푸드, 인스턴트 음식 등에 대한 선호도를 들고 있다 [25]. 특히 혼자서 식사를 해결하는 경우가 많은 소비자들인 19-29세 연령층은 편의점 도시락에 의존도가 높는데 편의점 도시락은 엽산의 주요 급원인 채소군을 포함하는 도시락은 전체의 70%였으며 모든 도시락에 과일군은 포함하고 있지 않아 식품군의 불균형이 확인되었다 [26]. 본 연구결과 19-29세 연령층은 남녀 모두 혈중 엽산 농도도 가장 낮아 취약한 집단으로 볼 수 있는데 이들의 엽산 영양상태를 증가시키기 위해서는 다양한 식품섭취를 통한 균형 잡힌 식생활과 절주 및 금연 등의 생활습관 교정을 위한 교육과 실천 방안의 개발이 필요하다.

한국 성인 30-40대와 50-60대를 비교해 보았을 때 연령대가 높아질수록 채소와 과일 섭취량은 증가하지만, 남성들의 경우는 한국인 영양섭취기준에 비해 여전히 적은 양을 섭취하는 것으로 보고되었다 [27,28]. 본 연구결과 채소는 엽산 섭취량에 대한 기여도가 높아 남녀 모두 약 40%에 달하였으며 채소로부터 섭취하는 엽산량은 남자에서 127 µgDFE/day 여자에서 114 µgDFE/day (결과 제시하지 않음)로 분석되었다. 그럼에도 불구하고 남녀 모두 75세 이상에서 엽산 섭취량이 큰 폭으로 감소하여 엽산의 중요성이 높은 노인층의 식사의 질을 높일 수 있는 방안이 필요할 것으로 생각된다. 미국의 경우 식품으로부터 섭취하는 엽산량은 60대 이후의 여성을 제외하고 모든 성인에서 권장섭취기준 (400 µgDFE/day) 이상이었으며 특히 남녀 모두 20대에 엽산 섭취량이 가장 높았다 [29]. 유럽 국민들의 식품에서 섭취하는 엽산 섭취량을 분석한 Park 등 [30]의 연구에서 스웨덴 남녀의 엽산 섭취량이 가장 적었고 (남 235.6 µg/day, 여 201.1 µg/day), 가장 많이 섭취하는 국가는 영국이었으며, 그 중에서도 건강을 의식하는 남녀 집단이었다 (남 479.1 µg/day, 여 362.5 µg/day). 그 외에는 스페인, 프랑스 등의 지역들이 높게 나타났다.

본 연구에서 엽산 섭취량은 연구대상자들의 일반사항과도 관련성이 큰 것으로 나타났다. 교육정도, 소득, 직업, 흡연여부, 운동실천여부, 일반 보충제 복용여부 등에 따라 보다 수준이 높은 사람들에서 엽산 섭취량이 유의하게 많은 것으로 나타났다. 미국의 경우에도 가족 수입이 증가할수록 엽산 섭취량도 증가하는 추세를 보였으며 [29] 유럽에서 이루어진 연구에서는 대학교 이상 졸업자들이 엽산 섭취량이 높았고 여성에서 특히 그런 경향을 보였다고 보고하였다 [30]. 이는 주 급원인 채소와 과일의 섭취량이 교육수준과 소득수준이 높아질수록 늘어나기 때문인 것으로 생각된다. 국민건강영양조사를 이용하여 연구대상자를 World Health Organization의 채소·과일 하루 권장량 기준에 따라 400 g 이상 섭취하는 자와 이하 섭취하는

자를 나누어 특성을 비교한 연구 [28]와 캐나다에서 이루어진 연구 [31]에서도 유사한 경향을 보였다.

2013–2017 국민건강영양조사 자료를 이용한 연구 결과에서는 채소와 과일 섭취량이 많을수록 흡연율과 음주율이 낮게 나타났으며 [32] 캐나다의 한 연구에서도 흡연자가 비흡연자에 비해 채소류와 과일류를 더 적게 섭취한다고 보고하였다 [31]. 따라서 흡연자가 비흡연자에 비해 엽산 섭취량이 낮은 것은 엽산 주요 급원 식품의 섭취량이 적기 때문인 것으로 생각된다. 한편, 알코올 섭취는 엽산 영양에 부정적인 영향을 미치며 알코올 사용 장애 (alcohol use disorder)가 있는 사람들은 식사의 질이 좋지 않아 충분한 양의 엽산을 섭취하지 못하는 경향이 있다고 보고되었다 [33]. 그러나 유럽에서 흡연자 및 음주자에 대한 엽산 섭취량을 조사한 결과에 따르면 모든 국가에서 일관된 경향은 보이지 않았고, 일부 국가에서만 흡연자와 음주를 병행하는 사람들의 엽산 섭취량이 낮았다 [30].

본 연구결과, 한국인의 엽산 급원식품은 채소류 > 곡류 > 음료를 제외한 과일, 달걀, 두류 등으로 나타났다. 국민건강영양조사 제8기 1차년도 (2019) 식품섭취조사로 엽산 섭취량을 산출한 선행 연구에서도 엽산의 주요 급원 식품군은 채소류, 곡류, 난류, 과일류, 두류 순이었다 [15]. 유럽에서도 채소류, 곡류, 과일류, 종실류가 식품으로 인한 엽산 섭취량에 기여하는 비율이 공통으로 높았으며, 그리스와 이탈리아 등의 국가들은 채소류의 엽산 섭취 기여율이 30% 정도로 유럽국가들 중 높게 나타났다. 그러나 다른 국가들에서는 곡류, 감자류, 유제품 등의 엽산 섭취 기여율이 오히려 높게 나타나기도 하였으며 영국에서는 시리얼 제품을 통한 엽산 섭취량이 많았고 북유럽에서는 주스류 등의 음료와 포도주나 맥주 등의 주류도 주요 엽산 급원식품으로 조사되었다. 또한 영국에서는 완전 채식주의자들을 위해 콩으로 제조한 식품이 엽산 섭취량에 13–15% 기여하는 것으로 보고되었다 [30]. 엽산 급원식품은 국가별로 또한 식문화에 따라 차이를 보이고 있고 새로운 먹거리의 생산과도 연관되어 있어 영양상태 개선을 위해서는 다양한 방안을 강구해야 할 것으로 생각된다.

혈중 엽산 농도는 연구대상자 모두에서 엽산 결핍 수준인 3 ng/mL 이상으로 나타났지만, 연령층 간에 유의한 차이가 있었으며 혈중 농도와 엽산 섭취량 간에 깊은 연관성을 보여 혈중 농도는 엽산 영양상태의 민감한 지표임을 확인할 수 있었다. 엽산 섭취량이 가장 낮은 20대에는 혈중 농도도 가장 낮았으며 50–60대 남녀 모두 혈중 농도도 높은 수준이었다. 여성은 남성에 비하여 전 연령층에서 엽산 혈중 농도가 높았다. 한국 대학생을 대상으로 한 선행 연구에서도 남성에 비해 여성의 혈청 엽산 농도가 높게 나타났으며 [34] 미국에서 조사된 결과에서도 남성에 비해 여성의 혈청 엽산 농도가 높다고 보고하였다 [35]. 엽산은 호모시스테인에 메틸기를 전달하여 메티오닌으로 전환하는 반응의 조효소이므로 혈중 엽산 농도 저하는 호모시스테인 농도를 증가시키는 요인이 되고 혈전 생성으로 인한 색전증의 위험성이 증가한다 [36]. 30세 이상 한국 성인을 대상으로 심혈관 질환의 위험도와 식생활 요인을 분석한 연구에서 엽산의 섭취는 심혈관 저위험군에서 가장 높았으며 중등위험군, 고위험군 순으로 감소하였다 [37]. 나아가 제7기 (2016–2018년) 국민건강영양조사결과 중 40–79세 한국성인의 자료를 분석한 연구에서는 혈중 엽산 농도가 1 ng/mL 증가할수록 10년 내 심혈관질환 발생 위험도는 남성과 여성에서 각각 -0.22% (95% confidence interval [CI], -0.32, -0.12)와 -0.15% (95% CI, -0.23, -0.08)로 나타나 [38] 혈중 엽산 농도는 강력한 심혈관계 질환의 위험요인임을 알 수 있다. 2015년에 발간된 대규모 중국 뇌졸중 일차 예방 시험 (China Stroke Primary Prevention Trial)에

대한 보고서에서는 엽산 보충이 혈관계 질환, 특히 뇌졸중을 감소시킬 수 있다고 하였다 [39]. 또한 유전적으로 예측되는 엽산 수치가 높을수록 관상동맥 질환 (odds ratio [OR], 0.88; 95% CI, 0.78, 1.00; $p = 0.049$) 및 모든 뇌졸중 (OR, 0.86; 95% CI, 0.76, 0.97; $p = 0.012$) 위험 감소와 관련이 있었다는 보고가 있었다 [40]. 따라서 혈관 질환 유병률이 높은 한국 중년 이상의 남성에서는 특히 혈중 엽산 농도를 높일 수 있도록 섭취량을 늘릴 필요가 있다.

혈중 엽산 농도는 식품 유래 엽산 섭취량과 양의 관련성을 보여주었다. 일본에서 가임기 여성을 대상으로 한 연구에서도 엽산 섭취량과 혈청 엽산 농도가 양의 관련성을 나타냈으며 ($r = 0.401$, $p < 0.001$) 에너지 섭취량과도 양의 관련성을 나타내어 ($r = 0.498$, $p < 0.001$) 식품섭취량과도 관련성이 있음을 보고하고 있다 [41]. 그러나 슬로베니아에서 엽산 섭취량과 혈청 엽산 농도의 관계를 확인한 연구 결과에 따르면, 식이 엽산 섭취량은 낮은 혈청 엽산 농도를 예측하기에 가장 강력한 척도는 아니며 [42], 이러한 이론은 McLean 등 [43]의 연구에서도 제안된 바 있다. 그 이유로는 여러 연구를 통하여 다양한 식품의 미세 구조에 따른 엽산의 생체 이용률 차이에 의한 것 [44]과 식품을 조리 및 가공하는 과정에서 쉽게 파괴되는 성질에 의한 것으로 [45,46] 보고 있다. 본 연구에서 나타난 혈중 엽산 농도에 대한 엽산 섭취량의 설명력이 남성에서 18.3%, 여성에서 14.1% 수준에 불과한 이유 역시 유사한 이유로 설명될 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 엽산 보충제 섭취량을 평가할 수 없었던 점도 그 원인 중 하나가 될 수 있을 것이다.

미국의 2017-2018 국민건강영양조사 (National Health and Nutrition Examination Survey) 결과에 따르면 식품과 음료를 통해 20세 이상 성인 남성은 573 $\mu\text{gDFE/day}$, 여성은 439 $\mu\text{gDFE/day}$ 를 섭취하는 것으로 나타났으며, 대부분의 미국 국민은 충분한 엽산을 섭취하고 있었다 [30]. 이는 곡류에 엽산을 첨가하는 정책을 1998년부터 시작하였고, 엽산이 강화된 식품을 섭취하였기 때문으로 생각된다. 한국 국민건강영양조사 제7기 2차년도 조사결과를 사용하여 수행한 연구에 따르면 일반 식품섭취와 보충제를 함께 섭취한 경우에 보충제를 섭취하지 않은 사람에 비해 대부분의 미량영양소 섭취량이 높게 나타났다 [47]. 미국에서 각각 식품, 영양강화 식품, 식이 보충제로부터 엽산 섭취량을 연구한 결과에 따르면 식품 엽산만 섭취할 때 $213 \pm 2 \mu\text{gDFE/day}$, 엽산 강화식품을 함께 섭취할 때 $540 \pm 5 \mu\text{gDFE/day}$, 식이 보충제를 함께 섭취할 때 $800 \pm 12 \mu\text{gDFE/day}$ 를 섭취하는 것으로 나타났다. 또한 식품 엽산만 섭취했을 때 평균필요량 미만으로 섭취하는 자의 비율이 90.9%에서, 강화식품 섭취 시 12.8%, 보충제 섭취 시 9.0%로 감소하였다 [48]. 따라서 식품 유래 섭취량으로 권장섭취량을 충족시키기 어려운 경우, 엽산 강화식품이나 보충제를 이용하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 국민들의 엽산 섭취량 산출 시 보충제를 통한 엽산 섭취량은 포함하지 못한 점과 엽산이 강화된 국내외 식품에 대한 정보가 충분히 반영되지 못한 점 등을 들 수 있다. 국민건강영양조사 제7기 조사에서는 개별 비타민 보충제 섭취량을 알 수 있을 정도의 조사가 이루어지지 않았으며 외국의 식품 DB를 활용하면 그 나라의 영양정책에 따라 식품의 엽산 강화가 이루어지는 식품군들이 있는데 이러한 정보를 가능한 반영하기는 하였으나 일부 누락된 항목이 있어 추후 보완이 필요하다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 국민건강영양조사에서 나타난 식품 3,894종의 식품 항목 중 엽산 함량이 없었던 458종의 항목에 대해 직접 분석하여 결측치 없는 엽산 DB를 구축하고 이것을 활용하여 한국 국민의 엽산 영양 상태를 최초로 분석하였다는 의미가 있다.

요약

본 연구에서는 선행연구를 통하여 새롭게 구축한 엽산 DB를 이용하여 제7기 국민건강영양조사 자료를 재분석함으로써 한국인의 엽산 섭취 실태를 파악하고 혈중 엽산 농도와 연관성을 알아보려고 하였다. 섭취량 실태 분석 연구대상자는 총 15,054명(남자 6,278명, 여자 8,776명)이었으며 이중 혈중 엽산 농도를 측정된 5,260명(남자 2,272명, 여자 2,988명)에 대해서 혈중 농도와 섭취량 간의 관련성을 분석하였다. 한국 성인 남녀의 엽산 1일 평균 섭취량은 모두 19-29세의 연령대에서 섭취량이 가장 낮았고, 50대에 섭취량이 가장 높았다. 남녀 모두 교육수준, 가구소득이 높을수록 엽산 섭취량이 많았고 남성에서는 사무·전문직이 육체노동직에 비해 엽산 섭취량이 많았다. 남녀 모두 비흡연자, 유산소 신체활동 실천자, 식이 보충제 사용자들의 엽산 섭취량이 높았다. 엽산 섭취량에 가장 크게 기여하는 식품군의 1, 2위는 채소군과 곡류군이였다. 엽산의 혈중 농도는 전 연령층에서 남성에 비하여 여성에서 높았으며 남녀 모두 19-29세 연령층에서 가장 낮았다. 엽산 섭취량과 관계가 있었던 에너지 섭취량, 나이, 소득, 흡연, 유산소 신체활동, 식이 보충제 섭취 여부 등을 추가로 보정하였을 때 엽산 섭취수준이 높아질수록 혈중 엽산 농도는 유의하게 상승하였고 엽산 섭취 수준의 설명력은 남녀에서 각각 0.183과 0.141로 나타났다. 본 연구 결과, 한국인의 엽산 영양상태는 19-29세의 연령대가 가장 취약하였고 특히 남성에서 더욱 낮아 다양한 식품 섭취를 통해 엽산 영양상태를 향상시킬 필요가 있다. 아울러 새롭게 구축한 엽산 DB는 한국 국민의 엽산 영양상태 판정에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Institute of Medicine (US). Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B₆, Folate, Vitamin B₁₂, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. Washington, D.C.: The National Academies Press; 1998.
2. Wagner C. Symposium on the subcellular compartmentation of folate metabolism. *J Nutr* 1996; 126(4 Suppl): 1228S-1234S. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Pieroth R, Paver S, Day S, Lammersfeld C. Folate and its impact on cancer risk. *Curr Nutr Rep* 2018; 7(3): 70-84. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
4. Mahmoud AM, Ali MM. Methyl donor micronutrients that modify DNA methylation and cancer outcome. *Nutrients* 2019; 11(3): 608. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Martí-Carvajal AJ, Solà I, Lathyris D, Dayer M. Homocysteine-lowering interventions for preventing cardiovascular events. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 8(8): CD006612. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Malouf R, Grimley Evans J. Folic acid with or without vitamin B12 for the prevention and treatment of healthy elderly and demented people. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; (4): CD004514. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
7. MRC Vitamin Study Research Group. Prevention of neural tube defects: results of the Medical Research Council Vitamin Study. *Lancet* 1991; 338(8760): 131-137. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
8. Johansson M, Furuhausen C, Frølich W, Jagerstad M. Folate content in frozen vegetarian ready meals and folate retention after different reheating methods. *Lebensm Wiss Technol* 2008; 41(3): 528-536. [CROSSREF](#)
9. Off MK, Steindal AE, Porojnicu AC, Juzeniene A, Vorobey A, Johnsson A, et al. Ultraviolet photodegradation of folic acid. *J Photochem Photobiol B* 2005; 80(1): 47-55. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Office of Dietary Supplements, National Institutes of Health (NIH). Folate fact sheet for health professionals [Internet]. Bethesda (MD): Office of Dietary Supplements, NIH; 2022 [cited 2024 Mar 27]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/>.
11. U.S. Food and Drug Administration. Food labeling: revision of the nutrition and supplement facts labels [Internet]. Silver Spring (MD): U.S. Food and Drug Administration; 2016 [cited 2024 Aug 10]. Available from: <https://www.federalregister.gov/documents/2016/05/27/2016-11867/food-labeling-revision-of-the-nutrition-and-supplement-facts-labels>.

12. National Institute of Agricultural Sciences (KR); Rural Development Administration (KR). Korean Food Composition Database, Ver.10.1. Wanju: National Institute of Agricultural Sciences; 2022.
13. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2019: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII-1). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2020.
14. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea National Health and Nutrition Examination Survey guidelines for using raw data (2016–2018) [Internet]. Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021 [cited 2022 Mar 28]. Available from: https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub03/sub03_06_02.do.
15. Yoon L, Yoon S, Lee J, Oh K. Dietary folate intake in the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Public Health Wkly Rep* 2021; 14(12): 664-673.
16. Han YH, Yon M, Hyun TH. Folate intake estimated with an updated database and its association to blood folate and homocysteine in Korean college students. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59(2): 246-254. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Hong J, Jeong BG, Chun J, Lee J, Hyun T. Folate content of Korean vegetable dishes prepared outside the home: comparison between analyzed and calculated values. *J Food Compos Anal* 2021; 103: 104088. [CROSSREF](#)
18. Park EJ, Park JJ, Park SH, Park AR, Kim AH, Lee JK. Development of a database of food folate content from the 7th Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Proceedings of Korean Society of Food Science and Nutrition International Symposium*; 2023 Oct 18–20; Busan, Korea. Busan: Korean Society of Food Science and Nutrition; 2023.
19. Korea Disease Control and Prevention Agency. The Seventh Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2018.
20. Ministry of Health and Welfare (KR). Dietary Reference Intakes for Koreans 2020. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2020.
21. Sobczyńska-Malefora A, Harrington DJ. Laboratory assessment of folate (vitamin B₉) status. *J Clin Pathol* 2018; 71(11): 949-956. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Kim YN, Cho YO. Folate food source, usual intake, and folate status in Korean adults. *Nutr Res Pract* 2018; 12(1): 47-51. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Kim HA, Lim HS. Dietary folate intake, blood folate status, and urinary folate catabolite excretion in Korean women of childbearing age. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2008; 54(4): 291-297. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. Park S, Hyun T, Lee H. Weight control behaviors, health-related quality of life and nutritional status by overestimation of body image among young Korean females: data from the fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2010-2011. *Korean J Community Nutr* 2015; 20(5): 362-374. [CROSSREF](#)
25. Lee K, Jeong B, Moon S, Kim I, Nakamura S. Comparisons of Korean adults' eating habits, food preferences, and nutrient intake by generation. *J Nutr Health* 2006; 39(5): 494-504.
26. Cho C, Nam Y, Yoo H. Evaluation of nutritional adequacy of convenience store meal boxes according to store company and meal price. *Korean J Community Nutr* 2022; 27(2): 105-120. [CROSSREF](#)
27. Lim M, Kim J. Association between fruit and vegetable consumption and risk of metabolic syndrome determined using the Korean Genome and Epidemiology Study (KoGES). *Eur J Nutr* 2020; 59(4): 1667-1678. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Lee J, Shin A. Vegetable and fruit intake in one person household: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2010~2012). *J Nutr Health* 2015; 48(3): 269-276. [CROSSREF](#)
29. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. What we eat in America, NHANES 2017–2018 [Internet]. Beltsville (MD): Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture; 2020 [cited 2024 Mar 27]. Available from: www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/fsrg.
30. Park JY, Nicolas G, Freisling H, Biessy C, Scalbert A, Romieu I, et al. Comparison of standardised dietary folate intake across ten countries participating in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Br J Nutr* 2012; 108(3): 552-569. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Azagba S, Sharaf ME. Disparities in the frequency of fruit and vegetable consumption by socio-demographic and lifestyle characteristics in Canada. *Nutr J* 2011; 10(1): 118. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. Kim E, Ju S. Association of fruit and vegetable consumption with asthma: based on 2013–2017 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Health* 2020; 53(4): 406-415. [CROSSREF](#)
33. Office of Dietary Supplements, National Institutes of Health (NIH). National Institute of health. Folate - Fact Sheet for Health Professionals [Internet]. Bethesda (MD): Office of Dietary Supplements, NIH; 2022 [cited 2024 Mar 27]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/#disc>.
34. Jang HB, Han YH, Piyathilake CJ, Kim H, Hyun T. Intake and blood concentrations of folate and their association with health-related behaviors in Korean college students. *Nutr Res Pract* 2013; 7(3): 216-223. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

35. Pfeiffer CM, Hughes JP, Lacher DA, Bailey RL, Berry RJ, Zhang M, et al. Estimation of trends in serum and RBC folate in the U.S. population from pre- to postfortification using assay-adjusted data from the NHANES 1988-2010. *J Nutr* 2012; 142(5): 886-893. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
36. Clarke R, Halsey J, Lewington S, Lonn E, Armitage J, Manson JE, et al. Effects of lowering homocysteine levels with B vitamins on cardiovascular disease, cancer, and cause-specific mortality: meta-analysis of 8 randomized trials involving 37 485 individuals. *Arch Intern Med* 2010; 170(18): 1622-1631. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
37. Kim MH. Association of dietary intake with 10-year risk for coronary heart disease predicted from Framingham risk score in the Korean adults: Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2019-2020. *J Korean Soc Food Cult* 2022; 37(5): 454-465.
38. Lee S, Yeo Y, Jeon KH, Yoo J. Association between serum folic acid level and the risk of atherosclerotic cardiovascular disease within 10 years: the 7th (2016-2018) Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean J Fam Pract* 2021; 11(2): 106-112. [CROSSREF](#)
39. Huo Y, Li J, Qin X, Huang Y, Wang X, Gottesman RF, et al. Efficacy of folic acid therapy in primary prevention of stroke among adults with hypertension in China: the CSPPT randomized clinical trial. *JAMA* 2015; 313(13): 1325-1335. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
40. Yuan S, Chen J, Dan L, Xie Y, Sun Y, Li X, et al. Homocysteine, folate, and nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review with meta-analysis and Mendelian randomization investigation. *Am J Clin Nutr* 2022; 116(6): 1595-1609. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
41. Hiroshi I, Toshiaki W, Yoshikazu A. Dietary folate intake and serum folate status in Japanese women of childbearing age. *J Anal Bio-Sci* 2009; 32(2): 181-185.
42. Pravst I, Lavriša Ž, Hribar M, Hristov H, Kvarantan N, Seljak BK, et al. Dietary intake of folate and assessment of the folate deficiency prevalence in Slovenia using serum biomarkers. *Nutrients* 2021; 13(11): 3860. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
43. McLean E, de Benoist B, Allen LH. Review of the magnitude of folate and vitamin B12 deficiencies worldwide. *Food Nutr Bull* 2008; 29(2 Suppl): S38-S51. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
44. Saini RK, Nile SH, Keum YS. Foliates: chemistry, analysis, occurrence, biofortification and bioavailability. *Food Res Int* 2016; 89(Pt 1): 1-13. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
45. Delchier N, Ringling C, Maingonnat JF, Rychlik M, Renard CM. Mechanisms of folate losses during processing: diffusion vs. heat degradation. *Food Chem* 2014; 157: 439-447. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
46. Renard CM, Brick H, Maingonnat JF, Kadelka C, Delchier N. Relative role of leaching and chemical degradation in the loss of water-soluble vitamins C and B9 from frozen vegetables cooked in water. *Lebensm Wiss Technol* 2023; 180: 114694. [CROSSREF](#)
47. Kim J. Evaluation of nutritional status of vitamins and minerals according to consumption of dietary supplements in Korean adults and the elderly: report based on 2017 Korea National Health and Nutrition Examination Survey data. *Korean J Community Nutr* 2020; 25(4): 329-339. [CROSSREF](#)
48. Fulgoni VL 3rd, Keast DR, Bailey RL, Dwyer J. Foods, fortificants, and supplements: where do Americans get their nutrients? *J Nutr* 2011; 141(10): 1847-1854. [PUBMED](#) | [CROSSREF](#)