

다양한 급원을 통한 우리나라 사람들의 비타민 및 무기질 노출량 평가*

김선효¹⁾ · 이선희²⁾ · 황유진³⁾ · 김화영^{3)§}

공주대학교 외식식품학과,¹⁾ 삼성서울병원 건강검진센터,²⁾ 이화여자대학교 식품영양학과³⁾

Exposure Assessment of Vitamins and Minerals from Various Sources of Koreans*

Kim, Sun-Hyo¹⁾ · Lee, Seon-Huei²⁾ · Hwang, Yu-Jin³⁾ · Kim, Wha-Young^{3)§}

Department of Foodservice Management and Nutrition,¹⁾ Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

Health Promotion Center,²⁾ Samsung Medical Center, Seoul 135-710, Korea

Department of Food and Nutrition,³⁾ Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

ABSTRACT

In recent years a concern of excessive intakes of vitamins and minerals from various sources is increasing, since there has been a marked increase in production and consumption of vitamin and mineral supplements and fortified foods. The purpose of this study was to assess the maximum exposure of vitamins and minerals from various sources including diet, fortified foods, and health functional foods among Koreans. As a result, the highest exposure group of most vitamins and minerals from diet was adults (30 - 49 years of age) according to 2001 Korean National Nutrition and Health Survey Report. Maximum dietary intakes of vitamin A, B₁, B₂, C, nicotinamide, calcium, phosphorus and iron were 0.5 - 7 times of the RDA for Koreans, 7th ed. Maximum intakes of vitamins and minerals from fortified foods by adults (20 - 59 years of age) were 8 - 760% of the Korean RDA. In addition, maximum exposure of vitamins and minerals from vitamin · mineral health functional foods by middle aged people was 35 - 140% of the upper limits (UL: DRI for Koreans). As a consequence, maximum combined intakes of vitamin B₆, vitamin C, calcium, iron and zinc from the above sources including diet, fortified foods and vitamin · mineral health functional foods were greater than the UL. These results would be applied for determining the safe upper limits of vitamin and mineral of health functional foods. (*Korean J Nutrition* 39(6): 539~548, 2006)

KEY WORDS : maximum exposure, vitamin/mineral, diet, health functional foods, Koreans.

서 론

비타민 및 무기질은 과거에는 주로 일상 식사를 통해 섭취되었으나, 최근에는 영양강화식품 및 건강기능식품을 통해 섭취되는 비율이 높다.¹⁻⁴⁾ 비타민 · 무기질을 강화한 식품은 과자, 빵, 우유 및 유제품, 두유, 음료수, 라면, 시리얼 등 간식이나 식사대용으로 자주 섭취하는 다양한 가공식품에 해당되므로, 영양강화식품의 비타민 · 무기질 섭취에 대한 기여도는 높다고 볼 수 있다. 또한 최근에는 건강기능식품의 복용이 보편화되었을 뿐 아니라^{5,6)} 건강기능식품법⁷⁾의 시행에 따라 건강기능식품의 생산과 소비는 더 확대될

전망이어서, 건강기능식품을 통한 비타민 · 무기질 섭취량이 계속 증가할 것으로 보고 있다.

이런 추세 속에서 비타민 및 무기질은 전통적으로는 의약품으로 취급되었으나, 최근에는 영양강화식품 및 영양보충용제품에 널리 첨가되는 용도 넓은 식품 소재로 인식되고 있다.⁸⁾ 비타민 · 무기질보충용제품은 비타민 및 무기질을 과량 함유하고 있을 뿐 아니라,⁹⁾ 고용량 제품일수록 건강 향상이나 노화방지 등을 위한 효과가 클 것으로 기대하고 있어 고용량 제품이 선호되고 있는 추세이어서, 현대 사회에서 비타민 · 무기질에 과다 노출되는 사례가 자주 보고되고 있다.^{10,11)}

비타민 및 무기질은 인체의 성장과 건강유지를 위해 필수적인 영양소이지만, 과잉 섭취는 오히려 인체에 유해하게 작용할 수 있다. 여러 영양소들 중 비타민 A 및 비타민 D는 체내에 저장되는 지용성 비타민으로 고용량 독성이 잘 증명되어 있으며, 비타민 C와 같은 수용성 비타민의 경우도 과잉 섭취시 설사나 복통 등의 유해작용이 나타나는 것

접수일 : 2006년 3월 6일

채택일 : 2006년 6월 16일

*Funded by KFDA, No. 04052FUN124.

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : wykim@ewha.ac.kr

으로 알려졌다. 그리고 철, 아연, 칼슘 및 인 등과 같은 무기질도 과잉 섭취시 유해작용을 유발하는 것으로 보고되었다.¹⁾

한편 비타민·무기질보충제의 상용화에 따라 이들 제품의 수출입이 활발해지면서, 보충제 중의 영양소 함량은 국가간 교역시 중요한 관건이 되고 있다. 따라서 우리나라를 비롯해 대부분의 선진국에서 아직 미설정 상태인 비타민·무기질보충제의 영양소 함량에 대한 상한치를 과학적 근거에 의해 설정하는 것은 일반대중, 보건영양정책수립자, 식품제조업체 및 통상관계자 모두에게 매우 중요한 과제로 인식되고 있다.⁵⁾

비타민·무기질보충제에 대한 상한치를 설정하기 위해서는 사람에게 노출되어 있는 모든 형태의 비타민 및 무기질 급원 (식이, 영양강화식품, 비타민·무기질보충용제품)을 통한 최대 노출량자료와 함께 과량의 비타민·무기질을 장기간 섭취할 때 나타나는 독성자료를 바탕으로 정한 상한치자료 (UL, tolerable upper intake levels)가 충분히 확보되어야 한다.^{10,12,13)} 그러나 영양강화식품이나 비타민·무기질보충제는 종류와 영양소 함량이 다양할 뿐 아니라, 아직 이들 제품의 영양소 함량에 대한 database (DB)가 없고 섭취량을 조사하기가 힘들어, 이들을 통한 비타민·무기질 노출량이 정확히 평가되지 못하고 있다.

본 연구는 최근 소비가 급증하고 있는 건강기능식품의 비타민·무기질 함량에 대한 상한치를 설정하기 위한 기초 작업으로, 우리나라 사람들의 식이 및 영양강화식품을 통한 비타민·무기질 노출량을 직접 조사나 문헌 자료를 통해 평가함과 함께 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통한 노출량 실태를 파악하고자 시도되었다.

연구방법

1. 최대 노출량 평가 시나리오

본 연구에서는 비타민·무기질의 급원 중에서 일상적인 급원인 식이 및 영양강화식품을 통한 비타민·무기질 최대노출량을 중점적으로 평가하고자 하였다. 따라서 본 연구의 비타민·무기질 최대노출량 평가 시나리오는 우리나라 전체인구 집단에서 식이와 영양강화식품을 통해 중복해서 과도하게 비타민·무기질을 섭취하는 사람들의 최대총노출량을 추정하는 데에 목적을 두었다 (Fig. 1). 즉 식이를 통해서도 비타민·무기질을 최대로 섭취하면서 동시에 영양강화식품을 통해서도 비타민·무기질을 최대로 섭취하는 집단의 총노출량을 평가하면, 영양소를 과다하게 섭취하는 상위 집단의 비타민·무기질 최대총노출량을 구하

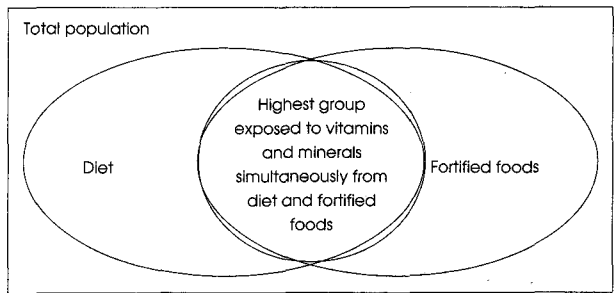


Fig. 1. Scenario for assessing maximum exposure of vitamins and minerals of Koreans.

게 될 수 있는 것으로 가정하였다. 이들 자료를 근거로 건강기능식품의 비타민·무기질보충제 상한치를 정하게 되면, 식이를 통해 충분히 비타민·무기질을 섭취하면서, 동시에 영양강화식품 및 건강기능식품을 중복하여 섭취하는 극단적인 과잉 섭취 집단까지도 영양소를 과잉 섭취하는 위험을 피하게 될 수 있다. 또한 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제 복용자의 이 제품을 통한 영양소 노출량 실태를 파악하여, 건강기능식품의 비타민·무기질 상한치 설정시 참고자료가 되도록 하였다.

2. 식이를 통한 우리나라 사람의 비타민 및 무기질 노출량 평가

1) 국민건강·영양조사 자료 분석

영양소 중 비타민 A (retinol, β -carotene), nicotinamide, 비타민 C, 칼슘, 인 및 철의 경우는 2001년도 우리나라 국민건강·영양조사자료¹⁴⁾를 바탕으로, 이들 영양소의 평균 섭취량이 가장 높은 집단의 노출량을 평가하였다. 각 영양소별 최대섭취량은 비타민의 경우 97.5번째 백분위수에 해당하는 값을, 무기질의 경우는 섭취량 분포의 범위가 넓어 95번째 백분위수 값으로 보았다.

2) 국민건강·영양조사에서 보고되지 않은 영양소의 노출량 평가

2001년도 국민건강·영양조사에서 보고되지 않은 비타민 (비타민 D, E, B₆, 엽산, B₁₂)과 무기질 (magnesium: Mg, zinc: Zn, copper: Cu, iodine: I, selenium: Se, manganese: Mn)의 식이를 통한 최대섭취량은 최근에 보고된 자료들¹⁵⁻⁴³⁾을 바탕으로 분석하였다. 이들 영양소 섭취량에 대한 조사 자료는 조사대상자 수가 적고 비정규분포를 이루며, 영양소 함량에 대한 DB가 미비하고 연구보고수가 많지 않아, 한국인 영양섭취기준¹⁾에서 이와 같은 조건을 갖춘 영양소에 대한 섭취 기준치 설정시 적용된 변동계수 (coefficient of variance: CV) 10~20%의 범위 중 최대치인 20%를 더해 최대섭취량을 추정하였다.

3. 성인기의 영양강화식품을 통한 비타민 및 무기질 노출량 평가

영양강화식품을 통한 비타민·무기질 노출량 평가는 본 연구에서 개발한 조사지를 이용하여 직접 조사되었다. 본 조사지는 식품군을 과자 / 간단한 빵류, 라면류, 시리얼류, 우유류, 요구르트 / 요플렛류, 치즈류, 두유류, 음료수류, 양갱 / 초코렛류 / 사탕류, 껌류, 아이스크림류로 나누어, 조사대상자의 기억을 돕기 위하여 식품명에 대한 예시 (제품명과 제조회사 표기)를 주는 형식으로 구성되었다. 또한 조사지 회수시 본 연구자들이 제작한 총 209종의 영양강화식품에 대한 사진 파일을 보여주면서 직접 인터뷰를 실시하여, 응답 내용에 대한 확인 과정을 거쳤다. 조사 지역은 서울시와 충남 공주시로, 이들 두 지역의 성인 (20~59세) 765명을 대상으로 2005년 7~9월 사이에 하루 동안 섭취한 간식 및 식사대용품에 해당하는 가공식품의 제품명과 섭취량을 조사하였으며, 690부 (90.2%)의 설문지가 회수되었다.

본 조사에서 성인을 대상으로 영양강화식품 섭취 실태를 조사한 것은 2001년도 국민건강·영양조사⁴⁾ 결과 대부분의 영양소에서 전체 연구집단 중 성인의 섭취량이 가장 높았기 때문이다(Table 1).

영양강화식품을 통한 비타민 및 무기질 섭취량은 실제 강화된 비타민 및 무기질 섭취량만을 구하기 위하여, 다음과 같은 식에 의해 구해졌다. 따라서 본 연구에서는 비타민 및 무기질 섭취량에 대해 식이를 통한 섭취량과는 중복됨이 없이 영양강화식품을 통한 섭취량만을 구하였다.

영양강화식품에 함유된 실제 비타민 및 무기질 함량 = 영양표시에 의한 영양강화식품 100 g (또는 100 mL)당 비타민 및 무기질 함량 - 매개식품 100 g (또는 100 mL)당 비타민 및 무기질 함량⁴⁾

영양강화식품을 통한 비타민 및 무기질 섭취량 = 영양강화식품 단위 무게 (g 또는 mL)당 실제 비타민 및 무기질 함량 × 해당 영양강화식품 섭취량 (g 또는 mL)

4. 중년기의 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통한 비타민 및 무기질 노출량 평가

우선 우리나라 사람들 중 건강기능식품에 가장 많이 노출된 집단을 찾고자 전체 생애주기를 초등학생 (n = 837), 청소년 (n = 858), 대학생 (n = 848), 중년기 (n = 946) 및 노년기 (n = 825)로 구분한 후, 각 생애주기별로 대도시, 중소도시 및 농촌 지역 거주자를 골고루 포함시켜, 건강기능식품 복용 상태에 관해 2004년 5~2004년 8월 사이에 본 연구자들이 직접 조사를 실시하였다. 본 조사에서

‘건강기능식품 복용자’의 정의는 조사 당시 고시형에 속하는 32가지 건강기능식품 중 1가지 이상을 지난 1년간 1개월 이상 동안 1~2회 이상/주 빈도로 복용한 사람으로 하였다. 그 결과 전체 생애주기 중 중년기의 건강기능식품 복용률이 가장 높았으며, 중년기 중에서도 가정의 사회경제적 수준이 높은 집단에서 복용률이 높았다. 따라서 우리나라 중년기 중 서울과 경기도의 대형병원 소속 건강검진 센터를 방문한 사람들을 대상으로, 본 연구자들 중 한 사람과 본 연구자들로부터 직접 교육을 받은 병원의 상담영양사들이 2004년 7월~2005년 8월 사이에 직접 인터뷰를 실시하여, 복용한 건강기능식품의 비타민·무기질보충제 제품명, 복용기간 및 하루 복용량 등을 조사하였다. 조사대상자에 대한 인터뷰시 본 연구자들이 제작한 총 279종의 비타민·무기질보충제에 대한 사진 파일을 보여주어, 조사대상자의 기억을 도왔다. 건강기능식품을 통한 비타민·무기질 노출량 평가는 비타민·무기질 보충제를 지난 6개월 간 1개월 이상 동안 1~2회 이상/주 빈도로 섭취하고, 섭취한 제품에 대한 정보를 기억하고 있는 사람만을 대상으로 하였으므로, 장기간의 조사에도 불구하고 85명에 대한 자료 밖에 얻을 수 없었다.

5. 자료처리 및 분석

각 급원을 통한 비타민 및 무기질 노출량 분포를 알아보기 위해 급원별 영양소 종류에 따른 평균, 표준편차, 95번째 및 97.5번째 백분위수 값을 구한 후, 제7차 한국인 영양권장량⁵⁾ 및 한국인 영양섭취기준⁶⁾의 상한섭취량 (Upper Limits: UL)과 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 식이를 통한 우리나라 사람의 비타민 및 무기질 노출량

2001년도 우리나라 국민건강·영양조사자료⁴⁾를 바탕으로 전체 인구집단 중 비타민·무기질에 가장 많이 노출되어 있는 연령군의 최대노출량을 평가한 결과는 Table 1과 같다. 비타민 A (retinol, β-carotene), nicotinamide, 비타민 C, 칼슘, 인 및 철의 경우는 전체 인구집단 중 30~49세군에서 섭취량이 가장 높으며, 비타민 B₁과 비타민 B₂는 13~19세군에서 섭취량이 높았다. 각 영양소별 최대 섭취량은 비타민의 경우 97.5번째 백분위수로 보고, 무기질의 경우는 섭취량 분포의 범위가 넓어 95번째 백분위수로 보았을 때, 영양소별 식이를 통한 최대섭취량은 한국인 영양권장량⁵⁾의 0.5~7배 수준으로 높았다. 식이를 통한 이들 영양소의 최대섭취량은 모두 UL¹⁾ 미만이였다.

Table 1. Distribution of dietary intakes of vitamins and minerals of Koreans cited from report on 2001 National Health and Nutrition Survey¹⁾

Nutrient	Subjects ²⁾ (years)	N	Korean RDA ³⁾	UL ⁴⁾	Max intakes (97.5th%, vitamin; 95th%, minerals)
Retinol (μg)	30 - 49	3406	700	3000	337
β -carotene (μg)	30 - 49	3406	-	-	11168
Vitamin B ₁ (mg)	13 - 19	968	1.1 - 1.4	-	3.57
Vitamin B ₂ (mg)	13 - 19	968	1.3 - 1.6	-	2.79
Nicotinamide (mg NE)	30 - 49	3406	13 - 17	1000	48.2
Vitamin C (mg)	30 - 49	3406	70	2000	477
Calcium (mg)	30 - 49	3406	700	2500	1163
Phosphorus (mg)	30 - 49	3406	700	3500	2374
Iron (mg)	30 - 49	3406	12 - 16	45	30.7

1) 2001 National Health and Nutrition Survey in Korea⁴⁾

2) Age group whose mean intakes of specified nutrients is the highest among all age groups in comparison to the RDA for Korean.

3) Recommended dietary allowances for Koreans, 7th ed.⁴⁵⁾4) Upper Limits from dietary reference intakes for Koreans¹⁾**Table 2.** Distribution of dietary intakes of vitamins of Koreans cited from various literatures

Nutrient	Subjects	N	Reference number	Published	UL	Mean	CV 20%	Mean + CV 20%
Vitamin D (μg)	Adults, males and females, in Seoul and Gyeonggi province	72	15	1998	60	3.75	1.5	5.25
	Middle school students in Daejeon and Geumsan city in Chungnam province	194	16					
Vitamin E (mg- α TE)	College students, males and females	195	17					
	Adults, males and females, in Guri city in Gyeonggi province	208	18	2001	540	9.78	3.91	13.69
	Women of child-bearing potential	289	19					
	Postmenopausal women in Seoul	85	20					
Vitamin B ₆ (mg)	College students, males and females	294	21					
	College women	218	22					
	College women in Seoul	30	23	2004	100	1.52	0.61	2.13
	Full-term pregnancy women in Seoul	30	24					
	Elderly, males and females, in Seoul	72	25					
Folic acid (μg)	College students, males and females, in Cheongju in Chungbuk province	106	26					
	College women	23	27					
	College women in Seoul	30	23					
	Women of child-bearing potential	289	19	2004	1000	182.26	72.90	255.16
	Women of child-bearing potential in Gwangju city	91	28					
	Women of child-bearing potential with experience of reproduction	49	29					
Vitamin B ₁₂ (μg)	Adults and elderly	469	30					
	Women of child-bearing potential with experience of reproduction	49	29	2004	-	4.60	1.84	6.44

국민건강·영양조사 자료에서 보고되지 않은 영양소들의 식이를 통한 최대섭취량 (문헌보고들¹⁵⁻⁴³⁾의 평균값 + CV 20%)은 Table 2 및 Table 3과 같이 모두 UL¹⁾보다 낮아, 비타민은 UL의 2~26%이며, 무기질은 22~96%이어서, 무기질이 비타민보다 최대섭취량이 높았다.

2. 영양강화식품을 통한 비타민 및 무기질 노출량

조사 당일 한 가지 이상의 영양강화식품을 섭취한 사람을 '영양강화식품 섭취자'로 보았을 때, 690명 중 397명이 영양강화식품을 섭취한 것으로 나타나 영양강화식품 섭취율은 57.5%이었다.

조사대상자는 라면, 우유, 요구르트 및 음료수 형태의 영

Table 3. Distribution of dietary intakes of minerals of Koreans cited from various literatures

Nutrient	Subjects	N	Reference number	Published	UL	Mean	CV 20%	Mean + CV 20%
Magnesium (mg)	Adults, males and females, in rural areas	30	31	1993	350	240.4	96.16	336.56
Zinc (mg)	High school girls	7	32	1993-2003	35	9.17	3.67	12.84
	College women in Seoul and the suburbs of Seoul	111	33					
	Adults, 20 - 25 years of age	50	34					
	Elderly, more than 60 years of age, in Gyeongbuk province	168	35					
Copper (mg)	Middle school girls in Guri city in Gyeonggi province	99	36	1996-2003	10	1.84	0.37	2.58
	College students, males and females	90	37					
	College women	102	38					
	Adults in Yongin city in Gyeonggi province	30	39					
	Adults in rural areas in Gyeonggi province	2037	40					
	Elderly, more than 60 years of age, in rural areas in Gyeongbuk province	168	35					
Iodine (mg)	Adults with more than 20 years of age, males and females	278	41	1998	3	0.479	0.192	0.671
Selenium (μg)	Adult women	133	42	2003	400	64.68	25.87	90.55
	Elderly, more than 60 years of age, in rural areas in Gyeongbuk province	168	35					
Manganese (mg)	College women	50	43	2000-2003	11	5.10	2.04	7.14
	Elderly, more than 60 years of age, in rural areas in Gyeongbuk province	168	35					

Table 4. Intakes of vitamins and minerals from fortified foods consumed by Korean adults (n = 397)

Nutrient	N	Korean RDA	UL	Mean	SD	95th	97.5th%
Vitamin A (μg)	125	700	3000	94.09	112.14	248	360
Vitamin D (μg)	188	5 - 10	60	3.51	5.81	15.8	20.2
Vitamin E (mg α-TE)	83	10	540	0.94	1.20	2	2.52
Vitamin B ₁ (mg)	51	1.0- 1.3	-	0.81	0.81	0.912	0.912
Vitamin B ₂ (mg)	77	1.2- 1.5	-	0.36	0.68	0.888	1.092
Vitamin B ₆ (mg)	32	1.4	100	0.42	0.29	1.008	1.008
Vitamin B ₁₂ (μg)	19	-	-	0.13	0.07	0.24	0.24
Nicotinamide (mg NE)	52	13 - 17	1000	2.02	5.95	5.85	26.4
Folic acid (μg)	46	250	1000	7.11	5.94	18.95	20
Vitamin C (mg)	144	70	2000	157.26	229.66	500.2	528.64
Calcium (mg)	235	700	2500	169.56	295.74	485	808.38
Iron (mg)	44	12 - 16	45	7.41	14.23	49.3	49.3
Zinc (mg)	34	10 - 12	35	3.48	1.46	6	8

양강화식품을 주로 섭취하며, 영양강화식품을 통해 칼슘 (59.2%) > 비타민 D (47.4%) > 비타민 C (36.3%) > 비타민 A (31.5%) 등의 순으로 영양소를 섭취하였다.

또한 조사대상자가 영양강화식품을 통해 실제 섭취한 비타민·무기질의 섭취량 범위는 Table 4와 같다. 영양강화식품의 경우도 식이에서와 마찬가지로 최대섭취량을 비타민은 97.5번째 백분위수, 무기질은 섭취량의 범위가 넓어 95번째 백분위수로 정하였다. 이 경우 최대섭취량의 권장

량⁴⁵⁾에 대한 비율은 비타민 A는 51%, 비타민 D는 202%, 비타민 E는 25%, 비타민 B₁는 70%, 비타민 B₂는 73%, 비타민 B₆는 72%, nicotinamide는 155%, 엽산은 8%, 비타민 C는 755%, 칼슘은 69%, 철은 308%, 아연은 50% 이어서, 전체 영양소에 대한 최대노출량은 권장량의 8~760%의 넓은 범위를 보여주었다. 이들 영양소의 최대섭취량은 UL을 초과하지 않았으나, 철은 UL¹⁾의 110% 수준으로 초과하였다.

3. 중년 대상자의 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통한 비타민 및 무기질 노출량

본 연구 결과 우리나라 사람들 중 건강기능식품에 가장 많이 노출된 집단인 중년기 (복용률: 58.9%)의 경우, 건강기능식품에 속한 비타민·무기질보충제 중 비타민 C제를 가장 많이 섭취하였으며, 그 다음으로 혼합비타민·무기질제 > 칼슘제 > 비타민 E제 > 비타민 B군제 > 혼합비타민제 > 혼합무기질제 > 비타민 A제 > 비타민 D제 > 철제 등의 순으로 높게 나타났다 (Table 5).

우리나라 일부 중년기의 건강기능식품 중의 비타민·무기질보충제를 통한 하루 비타민 및 무기질 섭취량은 Table 6과 같다. 비타민 A의 경우 하루 평균 696.4 µg RE를 섭취해, 조사 대상 성인 권장량⁵³⁾의 99.5%에 해당되었다. 각

영양소의 최대섭취량을 97.5번째 백분위수로 보았을 때, 비타민 A의 최대섭취량은 2156.0 µg RE/d로 UL¹⁾의 72% 수준이었다. 비타민 E의 경우 하루 평균 71.5 mg α-TE를 섭취해 권장량의 7.2배 수준으로 나타났으며, 최대섭취량 (302.0 mg α-TE/d)은 UL을 초과하지 않았다. 비타민 B₆의 하루 평균 섭취량은 18.5 mg으로 권장량의 13.2배이며, 최대섭취량은 125 mg/d으로 UL의 1.25배이었다. 비타민 C의 하루 평균 섭취량은 성인 권장량의 4.2배 수준이며, 최대섭취량 (1000 mg/d)은 UL의 50% 수준이었다. 칼슘의 하루 평균 섭취량은 권장량의 56% 수준이며, 최대섭취량은 UL의 42% 수준이었다. 철의 하루 평균 섭취량은 성인 권장량의 52% 수준이며, 최대섭취량은 UL의 36%이었다. 아연의 경우는 하루 최대섭취량이 UL의 1.4배이었다. 따라서 조사 대상 중년기는 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통해 비타민과 무기질을 하루 평균 권장량의 50~1320% 수준으로 섭취하였으며, 각 영양소의 하루 최대섭취량은 UL의 35~140% 수준으로 높았다. 이와 같은 결과는 비타민·무기질보충제의 중복 복용이나

Table 5. Types of vitamin·mineral health functional foods consumed by middle aged Koreans

Types of HFF-VM ¹⁾	Number of users	Percentage of total user (n = 103)
Vitamin C	46	44.7
Multi vitamin·minerals	38	36.9
Vitamin E	20	19.4
Vitamin B complex	11	10.7
Multi vitamins	10	9.7
Vitamin A	4	3.9
Vitamin D	3	2.9
Calcium	28	27.2
Multi minerals	6	5.8
Iron	2	1.9

1) vitamin·mineral health functional foods

Table 7. Cases of overlapping consumption of vitamin·mineral health functional foods consumed by middle aged Koreans

Number of products of HFF-VM ¹⁾ taken at the same time	Percentage of total overlapped users of FFH-VM (n = 23)	Percentage of total users of FFH-VM (n = 38)
2	83	50
3	9	5
4	4	3
5	4	3

1) vitamin·mineral health functional foods

Table 6. Intakes of vitamins and minerals from vitamin·mineral health functional foods consumed by middle aged Koreans (n = 85)

Nutrient	N	Korean RDA	UL	Mean	SD	97.5th%
Vitamin A (µgRE)	24	700	3000	696.4	901.9	2156.0
Carotene (µgRE)	24	-	-	407.2	144.5	500.0
Vitamin D (µg)	45	5-10	60	4.6	4.1	16.0
Vitamin E (mg α-TE)	54	10	540	71.5	84.7	302.0
Vitamin B ₆ (mg)	53	1.4	100	18.5	29.9	125.0
Niacin (mg)	49	13-17	35	43.8	54.8	200.0
Folic acid (µg)	52	250	1000	337.9	231.1	800.0
Vitamin C (mg)	70	70	2000	295.9	320.1	1000.0
Calcium (mg)	51	700	2500	390.0	272.4	1050.0
Phosphorus (mg)	2	700	3500	23.0	0.0	23.0
Magnesium (mg)	39	-	350	135.7	82.2	330.0
Iron (mg)	39	12-16	45	8.3	4.6	16.0
Zinc (mg)	45	10-12	35	13.1	17.1	50.0
Copper (mg)	37	-	10	1.2	0.6	2.25
Iodine (µg)	30	-	3000	78.8	28.4	100.0
Selenium (µg)	1	-	400	15.0	0.0	15
Manganese (mg)	39	-	11	1.8	1.3	5.0

Table 8. Daily maximum exposure of vitamins and minerals from various sources

Nutrient	UL	Max. value of A & B	Max. of diet (A)	Max. of fortified foods (B)	A + B	Max. of HFF-VM (C) (97.5th%)	A + B + C
Retinol (μg)	3000	97.5th%	337	360	697	2156.0	2853
β -carotene (mg)	-	97.5th%	11.2	-	11.2	500.0	511.2
Vitamin D (μg)	60	M + CV 20%	5.25	20.2	25.45	16.0	41.45
Vitamin E (mg α -TE)	540	M + CV 20%	13.69	2.52	16.21	302.0	318.21
Vitamin B ₁ (mg)	-	97.5th%	3.57	0.912	4.482	-	4.482
Vitamin B ₂ (mg)	-	97.5th%	2.79	1.092	3.882	-	3.882
Vitamin B ₆ (mg)	100	M + CV 20%	2.13	1.008	3.138	125.0	128.14
Vitamin B ₁₂ (mg)	-	M + CV 20%	6.44	0.24	6.68	-	6.68
Nicotinamide (mg NE)	1000	97.5th%	48.2	26.4	74.6	200.0 (Niacin)	274.6
Folic acid (μg)	1000	M + CV 20%	255.16	20	275.16	800.0	1075.16
Vitamin C (mg)	2000	97.5th%	477	528.64	1005.64	1000.0	2005.64
Calcium (mg)	2500	95th%	1163	485	1648.0	1050.0	2698.0
Phosphorus (mg)	3500	95th%	2374	-	2374	23.0	2397.0
Magnesium (mg)	350	M + CV 20%	336.56	-	336.56	330.0	666.56
Iron (mg)	45	95th%	30.7	49.3	80	16.0	96.0
Zinc (mg)	35	M + CV 20%	12.84	6	18.84	50.0	68.84
Copper (mg)	10	M + CV 20%	2.58	-	2.58	2.25	4.83
Iodine (mg)	3	M + CV 20%	0.671	-	0.671	0.10	0.771
Selenium (μg)	400	M + CV 20%	90.55	-	90.55	15.0	105.55
Manganese (mg)	11	M + CV 20%	7.14	-	7.14	5.0	12.14

하루 처방량을 초과하여 과량 복용한 사례가 있기 때문에 나타난 것으로 사료된다.

실제로 건강기능식품에 속하는 비타민·무기질보충제를 복용한 조사 대상 중년기 중 61%는 한꺼번에 두 종류 이상의 제품을 중복 복용한 것으로 나타났으며 (Table 7), 최대 5가지까지 중복 복용 (전체중복복용자의 4%)한 사례가 있었다.

4. 각종 노출원을 통한 우리나라 사람의 최대 비타민 및 무기질 노출량

이상의 자료를 바탕으로 우리나라 사람들의 일상적인 노출원인 식이 및 영양강화식품을 통한 최대노출량에 건강기능식품 중의 비타민·무기질보충제를 통한 최대노출량을 합해보면 Table 8과 같다. 식이를 통한 최대섭취량에 영양강화식품을 통한 최대섭취량을 합한 값을 UL¹⁾과 비교해보면, retinol의 경우 23%, 비타민 D는 42%, 비타민 E와 비타민 B₆는 각각 3%, nicotinamide는 7.5%, 엽산은 27.5% 및 비타민 C는 50%로 나타나, UL의 3~50% 수준이었다. 무기질의 경우는 UL에 대해, 칼슘은 66%, 인은 68%, 철은 178%, 아연은 54%, 구리는 26%, 요오드는 22% 수준으로, UL의 20~180%의 넓은 범위를 갖고 있었다. 따라서 식이와 영양강화식품을 통한 최대섭취량은

무기질이 비타민보다 높으며, 특히 철은 UL을 초과하는 수준으로 높게 섭취하였다.

비타민 및 무기질에 대해 식이와 영양강화식품을 통한 최대섭취량을 합한 값에 다시 건강기능식품의 비타민·무기질보충제를 통한 최대섭취량을 합하면, 비타민 B₆, 비타민 C, 칼슘, 철 및 아연은 UL을 초과하였다. 엽산과 마그네슘의 경우도 이 값이 UL을 초과하였으나, 이들 영양소는 식품 중의 형태는 유해하지 않으므로 우려할 필요는 없었다.¹⁶⁾ 본 연구에서 동일한 사람들을 대상으로 식이, 영양강화식품, 건강기능식품을 통한 최대총노출량을 조사하지 않아 연구 결과를 객관화시키는 데에는 논란의 여지가 있으나, 최악의 상황 (worst case)에 대한 노출량 평가를 실시한 만큼 우리 국민 중 비타민·무기질에 대한 극단적인 상위 집단의 노출량을 추정하는 자료로는 의의가 있다고 생각된다.

이상에서 얻어진 일상적인 급원을 통한 비타민·무기질에 대한 최대노출량 자료를 바탕으로 과잉 섭취시 유해작용이 발생하는 영양소는 무엇인지, 우리나라 국민이 식이만으로는 부족하게 섭취하고 있는 영양소는 무엇인지, 영양강화식품에 강화된 주요 영양소 및 강화 수준은 어떤지, 일상 식이나 식품으로는 많이 섭취해도 문제가 되지 않는

영양소는 무엇인지, 건강기능식품의 중복 복용 패턴, 각 영양소에 대한 UL 수준, 다른 나라들의 영양보충제에 대한 상한치^{10,46)} 등을 종합적으로 고려하여 우리나라 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제의 상한치에 대한 과학적인 결론 (scientific evidence based approach)을 도출할 때 국민과 산업체 모두를 위해 바람직한 기준치가 될 수 있을 것으로 생각된다.

요약 및 결론

본 연구는 직접 조사나 문헌 자료를 바탕으로, 비타민·무기질에 대해 건강한 우리나라 사람들 중 노출량이 가장 높은 집단을 찾아내어, 이 집단의 일상적인 급원인 식이, 영양강화식품 및 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통한 최대노출량을 평가하여, 건강기능식품의 비타민·무기질 상한치를 설정하는 과학적 근거를 제시하고자 시도되었다. 본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 식이를 통한 영양소 섭취량은 2001년도 국민건강·영양조사에서 보고된 영양소인 비타민 A, nicotinamide, 비타민 C, 칼슘, 인 및 철의 경우는 전체인구집단 중 30~49세군에서 섭취량이 가장 높으며, 비타민 B₁과 B₂는 13~19세군에서 섭취량이 가장 높았다. 식이를 통한 영양소별 하루 최대섭취량 (비타민 97.5번째 백분위수, 무기질 95번째 백분위수)은 이들 연령군에 대한 한국인 영양권장량의 0.5~7배 수준으로 높았다. 국민건강·영양조사에서 보고되지 않은 영양소인 비타민 D, E, B₆, 엽산 및 B₁₂의 경우 최대섭취량이 한국인 UL의 2~26%이며, Mg, Zn, I, Se, Mn의 경우는 최대섭취량이 UL의 22~96%이었다.

2) 영양강화식품의 섭취 현황을 조사한 결과, 라면, 우유, 요구르트, 음료수 형태의 영양강화식품을 주로 섭취하는 것으로 나타났다. 또한 조사 대상 성인의 영양강화식품을 통한 하루 최대노출량 (비타민 97.5번째 백분위수, 무기질 95번째 백분위수)은 비타민 A (51%), 비타민 D (202%), 비타민 E (25%), 비타민 B₁ (70%), 비타민 B₂ (73%), 비타민 B₆ (72%), nicotinamide (155%), 엽산 (8%), 비타민 C (755%), 칼슘 (69%), 철 (308%) 및 아연 (50%)의 경우 권장량의 8~760%을 초과하는 높은 수준이었다. 이들 영양소의 최대섭취량은 UL을 초과하지 않았으나, 철은 UL의 110% 수준으로 초과하였다.

3) 우리나라 사람들 중 건강기능식품에 가장 많이 노출된 집단인 중년기의 경우, 건강기능식품에 속한 비타민·무기질보충제 중 비타민 C제를 가장 많이 섭취하였으며, 그 다음으로 혼합비타민·무기질제 > 칼슘제 > 비타민 E제

> 비타민 B군제 > 혼합비타민제 > 혼합무기질제 등의 순으로 높게 나타났다.

4) 우리나라 일부 중년기의 건강기능식품 중의 비타민·무기질보충제를 통한 하루 최대영양소섭취량을 97.5번째 백분위수로 보았을 때, 비타민 A는 2156.0 $\mu\text{g RE/d}$ 로 UL의 72%이며, 비타민 E는 302.0 mg $\alpha\text{-TE/d}$ 로 UL을 초과하지 않았다. 비타민 B₆의 최대섭취량은 125 mg/d로 UL의 1.25배이며, 비타민 C는 1000 mg/d로 UL의 50% 수준이었다. 칼슘과 철의 하루 최대섭취량은 각각 UL의 42%와 36%이었다. 아연의 하루 최대섭취량은 UL의 1.4배이었다. 따라서 조사 대상 중년기는 건강기능식품 중 비타민·무기질보충제를 통해, 하루 최대 UL의 35~140% 수준으로 비타민·무기질을 섭취하여 높은 수준이었다.

5) 식이, 영양강화식품 및 건강기능식품을 통한 최대섭취량을 모두 합한 하루 총최대노출량은, 비타민 B₆, 비타민 C, 칼슘, 철 및 아연의 경우 UL을 초과하였다. 엽산과 마그네슘의 경우도 이 값이 UL을 초과하였으나, 이들 영양소는 식품 중의 형태는 유해하지 않으므로 우려할 필요는 없었다.

이상에서와 같이 여러 가지 급원을 통한 우리나라 일부 건강한 사람들의 비타민 및 무기질 최대총노출량은 UL에 근접하거나 초과하는 수준이므로, 건강기능식품의 비타민 및 무기질 상한치가 과학적 근거를 바탕으로 시급히 설정될 필요가 있다고 생각된다. 그러나 건강기능식품 중의 비타민 및 무기질 상한치를 설정하기 위해서는 다음과 같은 점들이 보완될 필요가 있다고 생각된다.

1. 2001년도 국민건강·영양조사에서 보고되지 않은 영양소에 대한 노출량 자료의 객관성 문제

이들 영양소 (비타민 D, E, B₆, 엽산, B₁₂)에 대한 DB 부족, 식이조사의 표본수 제한 및 보고자료 부족 등으로 노출량에 대한 통계자료의 객관성이 미흡하다.

2. 영양강화식품 DB 미흡 및 영양강화식품 영양표시 문제

영양강화식품의 영양 강화 수준에 대한 DB가 없을 뿐만 아니라, 식품 포장에 영양 강화 강조 표시가 되어 있음에도 불구하고 영양표시가 되어 있지 않은 제품이 다수 있으며 이 부분에 대해 식품제조업체의 협조를 받기가 어려워, 영양강화식품을 통한 비타민 및 무기질 노출량 평가가 정확하게 이루어지기 어려웠다.

3. 의약품용 비타민·무기질보충제를 통한 노출량 평가가 수행되지 못함

본 연구에서 비타민 및 무기질 노출량을 평가하기 위한

급원은 일상적인 식품으로만 한정했기 때문에, 식이, 영양 강화식품 및 건강기능식품만을 대상으로 하였다. 따라서 의사의 처방에 의해 치료 목적으로 복용하는 의약품용 비타민·무기질보충제는 식품이 아니므로 노출량 평가 대상에서 제외되었다. 그러나 우리나라에서 의약품용 비타민·무기질보충제가 식품과 같은 개념으로 무분별하게 복용되고 있는 현실을 감안할 때 이 부분에 대한 노출량 조사도 함께 이루어질 필요가 있다고 생각된다.

따라서 앞으로 본 연구에서 정립한 비타민·무기질 노출량 평가 체계를 바탕으로 일상적인 급원뿐 아니라 비타민 및 무기질의 사소한 급원까지도 모두 포함시켜 노출량 평가를 실시하고, 이 자료가 건강기능식품의 상한치를 설정하는 데에 제공된다면, 더 현실적이고 타당한 기준치를 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) Korean Society of Nutrition. Dietary Reference Intakes, Seoul, 2005
- 2) Song HS, Oh SY. The experience and intention of health food use among middle-aged men in urban areas. *Korean J Community Nutrition* 5: 193-200, 2000
- 3) Ervin RB, Wright JD, Kennedy-Stephenson J. Use of dietary supplements in the United States. *Vital Health Stat* 244: 1-14, 1999
- 4) Schellhorn B, Doring A, Stieber J. Use of vitamins and minerals all food supplements from the MONICA cross-sectional study of 1994/95 from Augsburgs study region. *Z Ernährungswiss* 37: 198-206, 1998
- 5) Kim WY, Chang NS, Lee JY, et al. Report on Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals in functional foods for health (vitamins and minerals I), Funded by KFDA, No. 04052FUN124, 2004
- 6) Kim SH, Han JH, Qin YZ, Keen CL. Use of vitamins, minerals, and other dietary supplements by 17- and 18-year-old students in Korea. *J Med Food* 6: 27-42, 2003
- 7) Korea Health Supplement Association. Dietary Health Supplement Act, Seoul, 2004
- 8) Korea Food Industry Association. Code of Foods, Seoul, 2004
- 9) Korea Health Supplement Association. Code of Dietary Health Supplements, Seoul, 2004
- 10) Expert Group on Vitamins and Minerals. Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals, Food Standard Agency, UK, 2003
- 11) Kim SH, Kim WY, Lee SE, Han JH. Use of functional foods for health by Korean: focused on vitamin and mineral intakes. Proceeding of Korean Society of Nutrition, 2005 November
- 12) Hathcock JN. Identifying maximums for vitamins and minerals. Workshop at KFDA, 2004 September
- 13) Lee HM. Evaluation of exposure and safety levels for vitamins. Proceeding of Korean Society of Nutrition, 2004 Spring
- 14) Korean Ministry of Health & Welfare. Report on 2001 National Health and Nutrition Survey, Seoul, 2002
- 15) Moon SJ, Kim JH. The effects of vitamin D status on bone mineral density of Korean adults. *Korean J Nutrition* 31: 46-61, 1998
- 16) Hyun WJ, Lee JW. Seasonal and regional variations in nutrient intakes of Korean adolescents as assessed as 3-day dietary records. *Korean J Community Nutrition* 6: 592-603, 2001
- 17) Park SM, Yu JG, Lee JY. Analysis of factors to influence requirements of vitamin E and vitamin C in young and healthy men and women. *Korean J Nutrition* 31: 729-738, 1998
- 18) Shim JE, Paik HY, Lee SY, Kim YO, Moon HK, Kwon HH, Kim JH. Assessment of vitamin A and E status in Korean rural adult population by dietary intake and serum levels. *Korean J Nutrition* 34: 213-221, 2001
- 19) Kim YS, Kim KN, Chang NS. Dietary folate intake of Korean women of childbearing age. *Korean J Nutrition* 32: 585-591, 1999
- 20) Jung KA, Kim SY, Choi YJ, Woo JI, Chang YK. The nutritional status of antioxidant vitamins in relation to serum MDA level in postmenopausal women. *Korean J Nutrition* 34: 330-337, 2001
- 21) Cho YO, Kim BY. Evaluation of vitamin B₆ status and RDA in young Koreans. *Ann Nutr Metab* 48: 235-240, 2004
- 22) Cho YO, Kim YN. Dietary intakes and major dietary sources of vitamin B₆ in Korean young women. *Nutr Sci* 4: 20-25, 2001
- 23) Ahn HS, Jeong EY, Kim SY. Studies on plasma homocysteine concentration and nutritional status of vitamin B₆, B₁₂ and folate in college women. *Korean J Nutrition* 35: 37-44, 2002
- 24) Ahn HS, Lee GJ, Chung HW. Maternal vitamin B₆ intake and vitamin B₆ level in maternal, umbilical cord plasma and placenta. *Korean J Nutrition* 35: 322-331, 2002
- 25) Cho YO, Yun MK. Estimation of vitamin B₆ intake and major dietary sources of vitamin B₆ in elderly Koreans in the Seoul area. *J Food Sci Nutr* 9: 85-91, 2004
- 26) Hyun TS, Han YH. Comparison of folate intake and food sources in college students using the 6th vs. 7th nutrient database. *Korean J Nutrition* 34: 797-808, 2001
- 27) Hyun TS, Han YH, Lim EY. Blood folate level determined by a microplate reader and folate intake measured by a weighted food record. *Korean J Community Nutrition* 4: 512-520, 1999
- 28) Lim HS, Jin HO, Lee JA. Dietary intakes and status of folate in Korean women of child-bearing potential. *Korean J Nutrition* 33: 296-303, 2000
- 29) Im MY, Nam YS, Kim SU, Jang NS. Vitamin B status and serum homocysteine levels in infertile women. *Korean J Nutrition* 37: 115-122, 2004
- 30) Choe JS, Paik HY. Seasonal variation of nutritional intake and quality in adults in longevity areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 668-678, 2004
- 31) Seung JJ, No SL, Kim AJ, Choe MG, Lee JH. Relationship among dietary intakes, blood levels, and urinary excretions of Ca, P, Mg and serum lipid levels in Korean rural adult men and women. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 709-715, 1993
- 32) Lee SS, Oh SH. Intake/balance estimation of zinc in Korean high school girls. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 542-549, 1995
- 33) Kim CH, Paik HY, Joung HJ. Evaluation of zinc and copper status in Korean college women. *Korean J Nutrition* 32: 277-

- 286, 1999
- 34) Park JS, Chyun JH. Dietary zinc analysis and changes of zinc nutriture with zinc supplementation in Korean adults. *Korean J Nutrition* 26: 1110-1117, 1993
- 35) Gwag EH, Lee SL, Yun JS, Lee HS, Kwon JS, Kwon IS. Macronutrient, mineral and vitamin intakes in elderly people in rural area of North Kyungpook province in South Korea. *Korean J Nutrition* 36: 1052-1060, 2003
- 36) Kim MH, Sung CJ, Lee YS. The study on nutritional status of copper and zinc in Korean middle school female students according to body mass index. *Korean Journal of Obesity* 8: 130-144, 1999
- 37) Chyun JH, Choi YJ. Dietary copper intakes and effect of zinc supplementation on plasma copper level in Korean adults. *Korean J Nutrition* 29: 528-532, 1996
- 38) Son SM, Sung SI. Zinc and copper intake with food analysis and levels of zinc and copper in serum, hair and urine of female college students. *Korean J Nutrition* 32: 705-712, 1999
- 39) Lee JY, Choi MK, Sung CJ. The relationship between dietary intakes, serum levels, urinary excretions of Zn, Cu, Fe and serum lipids in Korean rural adults on self-selected diet. *Korean J Nutrition* 29: 1112-1120, 1996
- 40) Joung HJ, Paik HY, Kim CH, Lee JY. Preparation of copper database of Korean foods and copper nutritional status of Korean adults living in rural area assessed by dietary intake and serum analysis. *Korean J Nutrition* 32: 296-306, 1999
- 41) Kim JY, Moon SJ, Kim KR, Sohn CY, Oh JJ. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Medical J* 39: 355-362, 1998
- 42) Yang HR. Study on the dietary selenium intake and selenium status of Korean woman: survey of four areas: Yeosu, Kangbuk, Incheon and Yangyang. Ph.D. Dissertation, Dankook University, 2003
- 43) Sung CJ, Yoon YH. The study of Zn, Cu, Mn, Ni contents of serum, hair, nail and urine for female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutrition* 29: 99-105, 2000
- 44) Korean National Rural Living Science Institute. Food Composition Table, 6th ed., Seoul, 2001
- 45) Korean Society of Nutrition. Recommend Dietary Allowances for Koreans, 7th ed., Seoul, 2000
- 46) Hathcock JN. Vitamin and Mineral Safety, 2nd ed., Council for Responsible Nutrition, Washington DC, 2004