

어린이를 위한 일반식품에의 일부 미량영양소 임의영양 강화 안전 수준 평가*

오 세 영[§]

경희대학교 생활과학대학 식품영양학과

A Strategy for Safe Addition of Selected Micronutrients to Foods for Children*

Oh, Se-Young[§]

Department of Food and Nutrition, Research Institute of Human Ecology, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

For children, voluntary addition of micronutrients to foods must be done without health risk to any of them. This study examined safe maximum levels of vitamin A and C, and calcium for children based on nutrient intake data from the 2001–2002 and 2005 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) in Korea, while using the safe strategy for addition of micronutrients to foods suggested by EU. For the respective 2001–2002 and 2005 NHANES data proportions of potentially fortifiable energy intake ranged 0.36–0.40 and 0.31–0.34 and the 95th percentile intake of energy were 2,325–3,296 kcal and 2,286–3,814 kcal depending upon age groups. Ninety-fifth percentile intake levels of vitamin A were over or close to UL, even without considering supplement intake for some age groups, which suggest that vitamin A fortification to foods required further consideration. For calcium, 12–14 year old children were the most sensitive group for excessive intake and nutrient fortification to foods. In these children, maximum levels for fortification were 242–290 mg and 484–580 mg with 0.135 and 0.068 proportions of fortified food (PFF) assumed, respectively, without considering calcium intake from supplements. With consideration of calcium intake from both diet and supplement, the maximum levels for fortification were 20–36% of those without supplement intake. The maximum fortification levels of vitamin C were the lowest in 3–5 year old children, showing 77–187 mg and 68–164 mg with and without supplement intake, respectively. These results suggest that the model used for risk assessment in this study can be used to help risk managers to set maximum levels for safe addition of micronutrients to foods. (*Korean J Nutr* 2009; 42(2): 128~134)

KEY WORDS: micronutrients, fortification, food, maximum fortification levels.

서 론

최근 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 식품의 제조 및 가공 과정에서 건강 증진을 위해 식품에 영양소 및 기능성 성분을 첨가하는 경우가 늘어나고 있다. 이에 식품 생산업체에서는 다양한 영양강화식품을 생산하고 있어 향후 식품 시장에서 영양강화식품이 차지하는 비율은 점점 높아질 것으로 예상된다.¹⁾ 그러나 최근 시판되는 영양강화식품의 경

우 영양표시 시행에 대한 우려 기준이 없어 특정 영양소의 과잉 섭취, 기능성 성분의 무분별한 첨가, 부적절한 매개식품의 선택 등의 문제가 우려되고 있다.

영양강화는 인구집단의 영양소 부족을 예방 혹은 교정하기 위한 목적으로 식품에 한 가지 혹은 그 이상의 필수 영양소를 첨가하는 것을 의미한다.²⁾ 식품에 특정 영양소를 강화하는 것은 영양결핍을 완화하는 수단의 하나이나, 효과적으로 수행하기 위해서는 적절한 강화 매개식품의 선택과 강화 영양소의 적정 수준 결정 및 국민의 영양문제나 관리 체계까지 포함한 접근이 필요하다.²⁾

적절한 강화 수준을 설정하기 위해서는 강화 영양소의 종류와 강화 매개 식품, 영양소의 적정 강화수준에 대한 가이드라인, 소비자와 생산자의 강화식품 선택 비율에 대한 조사가 필요하다.³⁻⁴⁾ 캐나다나 유럽연합, 오스트레일리아 등

접수일 : 2009년 1월 12일 / 수정일 : 2009년 2월 18일

채택일 : 2009년 2월 20일

*Supported by the Kyung Hee University Research grant, 2005 (Principal investigator Se-Young Oh).

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: seyoung@khu.ac.kr

의 주요국은 영양강화에 대한 가이드라인과 강화 대상 영양소, 영양강화 대상 식품 및 적절한 강화 수준에 대한 기준을 마련하고 있으나³⁻⁶⁾ 한국의 경우 관련 기준은 매우 미흡하다. 선행연구에서는 성인에서 일부 비타민과 무기질의 일반식품에의 임의강화 안전 수준을 제안한 바 있다.⁷⁾

우리나라 어린이의 영양소섭취는 영양과잉과 부족이 공존하고 있는 것으로 평가된다. 2005년도 국민영양건강조사 영양조사 부문 분석 결과는 에너지섭취량이 필요추정량의 125%이상이고 지방섭취량이 적정에너지 섭취비를 범위를 초과하는 영양과잉에 해당하는 어린이는 7.4%인 반면, 칼슘 섭취량은 모든 연령층에서 부족하였고, 철분, 비타민 A, 리보플라빈, 비타민 C는 평균섭취량이 권장섭취량보다 낮았다고 보고하였다.⁸⁾ 부족한 영양소 섭취를 보완하기 위해 영양강화는 주요한 정책 수단이나 어린이는 영양소 섭취의 상한섭취기준이 성인에 비해 낮기 때문에 다양한 영양강화 식품에 무방비하게 노출될 경우 영양소 과잉섭취로 인한 위험이 성인에 비해 상대적으로 크다. 이러한 문제점은 국가 정책 차원에서도 인식되어 식품의약품 안전청에서는 2006년 5월 ‘어린이 먹거리 안전종합계획’을 발표하고 가공식품의 영양강화평가 체계개발을 중점추진과제의 일환으로 추진하고 있다.⁹⁾ 이에 본 연구는 어린이 영양섭취기준과 국민건강영양조사의 식이섭취자료에 근거하여 어린이를 위한 일부 비타민과 무기질 임의영양강화 최대 허용수준을 모색하고자 하였다.

연구방법

대상영양소 설정

우리나라 임의영양강화에는 대부분의 비타민과 무기질이 대상이 되나 본 연구의 목적은 임의 영양강화 최대 안전 수준 결정 방법을 제시하는 것이므로 대상영양소는 비타민 A, 칼슘, 비타민 C로 한정하였다. 대상영양소는 일차로 국민영양조사 자료에 근거하여 섭취량 산출이 가능한 영양소 중 흔히 어린이 영양보충제나 식품에 첨가된 영양소로 정하였다. 칼슘과 비타민 C는 자주 일반식품에 강화되는 영양소이고, 비타민 A는 상한섭취량과 권장섭취 수준과의 차이가 적어 주요국에서 영양강화 제한 영양소로 평가되었으나^{3-5,10,11)} 영양 보충제에 널리 첨가되어 선정하였다.

비타민 무기질의 상한섭취량

한국인 영양섭취기준¹²⁾에 제시된 영양소별 권장섭취량과 상한섭취량을 참고하였다.

임의영양 강화대상 식품 선정

임의영양강화 대상 식품은 유럽연합과 캐나다 사례를 적용하여 정하였다.^{3,4)} 일차로 모든 가공식품을 강화가능대상 식품으로 하였고 이 가운데 술과 많은 사람들이 자주 섭취하는 가공식품은 임의 영양강화를 실시할 경우 영양소 과잉섭취가 우려되고, 또한 이러한 식품은 의무강화대상 식품이 되므로 제외하였다. 여기에 해당하는 강화대상 제외 식품으로는 밀가루, 빵, 파스타 쌀, 우유/크림, 치즈, 버터/마가린, 설탕, 소금, 후추, 그 외 양념, 인공감미료 등이 있다.^{3,4)} 본 연구에서는 국민영양조사의 1차 식품분류군에 포함된 식품목록에 근거하여 강화대상 식품을 정하였고 전문가회의를 거쳐 최종 확정하였다.

영양소별 임의영양강화 최대수준 설정

에너지와 영양소별로 95백분율에 해당하는 값을 구한 후 Flynn 등¹³⁾이 제시한 방법에 따라 100 kcal 당 최대영양강화 수준을 산출하였다. 설정방법은 선행연구⁷⁾에서 구체적으로 다루었으며 간략한 내용은 다음과 같다. 성별과 연령대별로 권장섭취량과 상한섭취량을 한국인 영양섭취기준을 참고하여 구하였고 전체식품 중 강화가능식품 비율은 임의영양강화 대상 식품으로부터 섭취할 수 있는 에너지 비율로 하였다. 실제 영양강화 식품 비율 (Proportion of fortified foods, PFF)은 총 영양강화 에너지 섭취비율과 식품업체의 영양강화 의향과 소비자의 강화식품 선택 의도를 고려한 시나리오에 근거하여 작성하였다. 선행연구에서 식품회사는 소비자가 원한다면 영양소강화를 할 것이고 여기에 기술적, 경제적 이유는 문제되지 않는다는 입장을 보였다.¹⁴⁾ 소비자 대상 연구¹⁴⁾에서는 영양강화식품과 비강화식품이 있다면 “비강화식품을 선택하겠다” 12.7%, “강화식품을 선택하겠다” 46%, “관계없다” 40%로, 약 45%는 강화식품을 선택할 것이고 상황에 따라 약 90%의 소비자가 강화식품을 선택할 가능성이 있다고 가정하였다. 이에 본 연구는 소비자의 강화식품 선택 비율을 90%, 45%로 하였다. 임의영양강화에서는 강화식품과 비강화식품이 제공될 수 있으므로 강화가능 식품이 모두 강화된다는 것을 가정보다는 제외국 연구^{10,11,13)}를 참고하여 강화비율을 50%로 정하여 시나리오를 작성하였다. 이와 같이 작성된 자료를 다음의 공식에 근거하여 연령대별로 100 kcal 당 최대 미량영양소강화 허용수준 (Maximum allowance for intake of micronutrients from fortified foods, MA)을 구하였다.

MA per 100 kcal =

$$[(UL - (CI_{95} + SD)) / ((E_{95}/100) * PFF_n)]$$

MA = Maximum allowance for intake of micronutrients
from fortified foods

UL = Tolerable Upper limit

CI₉₅ = 95th percentile nutrient intake

SI = Supplement intake

E₉₅ = 95th percentile nutrient intake

PFF = Proportion of fortified foods

PFF는 강화식품으로부터 섭취하는 에너지 비율로 강화 가능 총 에너지 섭취비율에 시나리오에서 작성된 강화비율을 곱한 것이다. 예를 들면 임의영양소 강화 가능식품으로부터 섭취할 수 있는 총 에너지 비율이 30%이고 강화 가능식품의 50%에 식품업체가 영양소를 강화하고 소비자의 90%가 영양소 강화식품을 비강화식품보다 선호하여 선택한다고 하면 $PFF = 0.3 \times 0.5 \times 0.9 = 0.135$ 로 계산된다.

본 연구는 2005년 국민건강영양조사의 영양조사부문의 식이섭취 자료 (1일치 자료)와 2001~2년도에 실시된 계절별 영양조사 자료 (1, 2일치 자료 통합)를 사용하였다. 최대 미량영양소 강화 허용수준은 3~19세 대상자를 성별 및 한국인 영양섭취기준의 연령대 구분 (3~5세, 6~8세, 9~11세, 12~14세, 15~19세)을 참고하여¹²⁾ 성별, 연령대 별로 구하였다.

결 과

에너지 섭취의 95백분율에 해당하는 값은 연령이 높은 군에서 대체로 높았다 (Table 1). 연령대 별로 1,2일치 식이 섭취조사 자료를 포함한 계절별 자료는 2,325~3,296 kcal의 분포를 보였고, 1일치 식이자료로 구성된 2005년도 국

민영양조사 자료는 2,286~3,814 kcal의 범위를 나타냈다.

임의영양강화 가능 에너지 섭취 비율은 연령대별로 2001~2002년도 국민영양조사를 적용하였을 때는 0.36~0.40, 2005년도 자료의 경우는 0.31~0.34로 분석되었다. 영양강화가능 식품으로부터 섭취할 수 있는 에너지 비율은 2005년도 자료에서 다소 낮았다 (Table 1).

영양소가 강화된 식품으로부터 취하는 에너지 비율은 영양소 강화 가능에너지의 50%가 강화되고 소비자의 90%가 강화된 식품을 선택한다고 할 때 2001~2년도 자료는 0.16~0.18이었고 2005년도는 그보다 다소 낮은 0.14~0.15의 분포를 보였다. 소비자 선택 비율을 45%로 하였을 때 강화가능 에너지 비율은 0.07~0.09이었다.

비타민 A 섭취수준은 연령이 증가함에 따라 증가하여 15~19세군에서 2001~2년도와 2005년도 국민영양조사 분석 결과 일일 1,239 μg , 1,674 μg 으로 가장 높았고 3~5세군에서 각각 805 μg 과 1,148 μg 으로 가장 낮았다 (Table 2). 95백분위 비타민 A 섭취 수준은 2005년도 결과가 2001~2년도의 경우보다 높았다. 이러한 수치에 근거하여 최대영양소강화 허용수준을 산출했을 때 2001~2년도 3~5세, 2005년도는 3~11세에서 100 kcal 당 0 μg 를 나타냈다. 그 외의 연령층에서는 강화 가능 식품의 50%에 비타민 A를 강화하고 선행연구에 근거하여 강화식품과 비강화식품이 있을 때 강화식품을 선택하겠다는 비율을 최대 90%로 하였을 때 비타민 A의 최대허용수준은 100 kcal 당 37~226 μg , 67~128 μg 이었다. 강화식품 선택비율을 45%로 가정했을 때는 허용범위가 증가하여 분석 자료에 따라 연령대별로 74~452 μg , 134~256 μg 의 범위를 보였다. 영양소 보충제를 연령대별 권장섭취수준의 100%로 가정하여 시나리오를 작성하였을 때 영양소 강화 최대허용

Table 1. Proportion (%) of energy intake from fortifiable foods (PFF) and 95th percentile energy intake by age group

Age group (yr)	n	95th energy intake	% potentially fortifiable energy	Proportion of foods fortified (PFF)	
				50% product, 90% consumer	50% product, 45% consumer
2001–2 NHANES					
3– 6	693	2325	0.40	0.18	0.09
6– 9	760	2554	0.37	0.17	0.08
9–12	821	2957	0.36	0.16	0.08
12–15	695	3296	0.36	0.16	0.08
15–20	933	3172	0.36	0.16	0.08
2005 NHANES					
3– 6	403	2286	0.34	0.15	0.08
6– 9	423	2827	0.31	0.14	0.07
9–12	466	3079	0.31	0.14	0.07
12–15	455	3545	0.31	0.14	0.07
15–20	520	3813	0.33	0.15	0.07

수준은 감소되어 2005년도 자료는 모든 연령대에서 0 μg 으로 추정되었고, 2001~2년도 자료도 12~19세군에서만 PFF비율에 따라 37~61 $\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$, 74~121 $\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$ 을 나타냈다.

칼슘섭취의 95백분율 섭취수준은 12~14세군에서 가장 높았고 연령대가 낮은 군에서 상대적으로 낮았다 (Table 3). 비타민 A와 같은 방법으로 영양소 강화최대허용 수준을 산출한 결과 50% 제품에 영양소가 강화되고 소비자의 90%가 강화식품을 선택한다고 할 때 최대 칼슘강화 허용

수준은 2001~2년도 자료는 290~407 $\text{mg}/100 \text{ kcal}$, 2005년도 경우는 242~405 $\text{mg}/100 \text{ kcal}$ 이었다. 소비자 선택 비율을 45%로 가정했을 때 칼슘 강화 최대허용 수준은 자료에 따라 100 kcal 당 580~814 mg , 484~810 mg 으로 계산되었다. 보충제섭취를 고려한 시나리오 작성은 연령대와 식이조사 자료에 따라 100 kcal 당 49~264 mg 과 98~528 mg 의 범위를 나타냈다.

비타민 C 섭취의 95백분위 값은 2001~2년도 자료에서는 9~11세군에서 가장 높은 반면 2005년도 자료는 15~

Table 2. Safe maximum levels of vitamin A that can be added to foods per 100 kcal by age group

Age group	n	RI ¹⁾	UL ²⁾	95 th	Maximum allowance ³⁾		Proportion of foods fortified (PFF)			
					Excluding supplement	Including supplement	Excluding supplement		Including supplement	
							50% P, ⁴⁾ 90% C ⁵⁾	50% P 45% C	50% P, 90% C	50% P, 45% C
2001–2 NHANES										
3– 5	693	300	700	805	–105	–405	0	0	0	0
6– 8	760	400	1000	844	157	–244	37	74	0	0
9–11	821	550	1400	1167	233	–317	49	97	0	0
12–14	695	700	2100	1202	898	198	168	336	37	74
15–19	933	850	2400	1239	1161	311	226	452	61	121
2005 NHANES										
3– 5	403	300	700	1148	–448	–748	0	0	0	0
6– 8	423	400	1000	1304	–304	–704	0	0	0	0
9–11	466	550	1400	1496	–96	–646	0	0	0	0
12–14	455	700	2100	1768	332	–368	67	134	0	0
15–19	520	850	2400	1674	726	–124	128	256	0	0

¹⁾ Recommended Intake, ²⁾ Tolerable Upper Intake level, ³⁾ UL-95th nutrient intake, ⁴⁾ P: Products fortified, ⁵⁾ C: consumers chosen fortified products

Table 3. Safe maximum levels of calcium that can be added to foods per 100 kcal by age group

Age group	n	RI ⁽¹⁾	UL ⁽²⁾	95 th	Maximum allowance ⁽³⁾		Proportion of foods fortified (PFF) +			
					Excluding supplement	Including supplement	Excluding supplement		Including supplement	
							50% P, 90% C ⁽⁵⁾	50% P, 45% C	50% P, 90% C	50% P, 45% C
2001–2 NHANES										
3– 5	693	600	2500	796	1704	1104	407	814	264	528
6– 8	760	700	2500	863	1637	937	385	770	220	441
9–11	821	800	2500	943	1557	757	325	650	158	316
12–14	695	1000	2500	951	1550	550	290	580	103	206
15–19	933	1000	2500	873	1627	627	317	633	122	244
2005 NHANES										
3– 5	403	600	2500	1083	1417	817	405	810	234	467
6– 8	423	700	2500	1048	1452	752	368	736	191	381
9–11	466	800	2500	1109	1391	591	324	648	138	275
12–14	455	1000	2500	1257	1243	243	251	503	49	98
15–19	520	1000	2500	1130	1370	370	242	484	65	131

¹⁾ Recommended Intake, ²⁾ Tolerable Upper Intake level, ³⁾ UL-95th nutrient intake, ⁴⁾ P: Products fortified, ⁵⁾ C: Consumers chosen fortified products

Table 4. Safe maximum levels of vitamin C that can be added to foods per 100kcal by age group

Age group	n	RI ¹⁾	UL ²⁾	95 th	Maximum allowance ³⁾		Proportion of foods fortified (PFF)			
					Excluding supplement	Including supplement	Excluding supplement		Including supplement	
							50% P, 90% C ⁴⁾	50% P, 45% C	50% P, 90% C	50% P, 45% C
2001 – 2 NHANES										
3 – 5	693	40	500	177	323	283	77	154	68	135
6 – 8	760	60	700	179	522	462	123	245	109	217
9 – 11	821	70	1000	248	752	682	157	314	142	285
12 – 14	695	100	1400	200	1200	1100	225	449	206	412
15 – 19	933	110	1600	228	1372	1262	267	534	246	491
2005 NHANES										
3 – 5	403	40	500	173	327	287	93	187	82	164
6 – 8	423	60	700	221	479	419	121	243	106	212
9 – 11	466	70	1000	229	771	701	180	359	163	326
12 – 14	455	100	1400	252	1148	1048	232	464	212	424
15 – 19	520	110	1600	283	1317	1207	233	465	213	426

¹⁾ Recommended Intake, ²⁾ Tolerable Upper Intake level, ³⁾ UL-95th nutrient intake, ⁴⁾ P: Products fortified, ⁵⁾ C: Consumers chosen fortified products

19세에서 가장 높았다 (Table 4). 보충제섭취를 고려하지 않았을 때 식품의 50%가 강화되고 소비자의 90%가 강화제품을 선택한다고 할 때 최대 비타민 C 강화수준은 2001~2년도 자료는 연령대별로 77~267 mg/100 kcal, 2005년도 자료는 93~233 mg/100 kcal의 범위를 나타냈다. 소비자 선택 비율을 45%로 하였을 때 최대허용수준은 90% 선택비율에 비해 2배 높았다. 보충제섭취를 권장섭취수준으로 하였을 때 영양강화 최대허용 수준은 다소 감소하였다.

고 찰

본 연구는 국민건강영양조사 2001~2년도 계절별 식이섭취자료와 2005년도 식이섭취 자료에 근거하여 어린이에서 세 종류의 미량영양소의 최대허용수준을 유럽연합에서 사용되고 있는 모형에 근거하여 제시하였다. 어린이의 식이를 통한 영양소 섭취는 국민건강영양조사의 1일과 2일간의 식이섭취가 포함된 2001~2년도 계절별 자료와 2005년도 1일간의 식이섭취자료로부터 추정하였다. 계절별 자료는 원래 2일치 자료를 사용하여 섭취량의 편차가 큰 2005년도 1일치 자료와 비교하기 위해 사용하고자 하였다. 그러나 계절별 자료에서 2일치 식이섭취자료를 가지고 있는 어린이의 수가 적어 본 연구에서는 하루나 이들의 식이섭취 자료가 있는 어린이를 대상으로 자료를 분석하였다. 그 결과 미량영양소섭취 수준은 1일치 식이섭취만을 포함한 2005년도 조사에서 1일이나 2일 식이섭취자료를 가지고 있는 2001~2년 국민영양조사보다 대체로 높았다. 그러나

2005년도 1일치 식이자료는 2001~2년도 자료에 비해 에너지 섭취도 상대적으로 높아 최대강화 허용수준은 대체로 낮게 추정되는 경향을 보였다.

본 연구는 위해평가에 관한 것으로 연구결과가 정책에 적용되기 위해선 위해관리 측면에서 결과를 고찰하는 것이 필요하다. 어린이가 주로 먹는 식품에 영양소가 강화된다고 할 때 전 연령층의 어린이가 대상이 된다. 따라서 어린이의 전 연령층을 고려한 영양소 강화 최대 허용수준은 산출된 값 중 가장 낮은 수준이어야 한다. 이를 기준으로 하였을 때 비타민 A 최대 허용 수준은 두 식이섭취 자료 모두에서 0 µg으로 추정되어 영양 강화 제한 영양소로 나타났다. 본 연구에서와 마찬가지로 비타민 A는 유럽연합과 캐나다에서도 임의영양소 강화 제한 영양소로 구분되었다.^{3,4,10,11,13)}

비타민 C는 강화가능한 식품으로부터 섭취할 수 있는 총 에너지 비율이 연령대에 따라 31~40%이고 이중 50%식품에 영양소가 강화되고 소비자 90%가 영양소 강화식품을 선택한다고 가정할 때 최대강화허용수준은 3~5세 어린이에서 가장 낮아 2001~2년도 국민영양조사는 77 mg/100 kcal, 2005년도 자료는 93 mg/100 kcal의 수준을 나타냈다. 3~5세 어린이에서 강화가능에너지섭취 비율은 0.4이므로 PFF는 0.18 ($0.4 \times 0.5 \times 0.9 = 0.18$)로 계산된다. 소비자 선택비율을 45%로 가정한 시나리오 (3~5세 어린이 PFF = 0.09)에서는 각각 154 mg/100 kcal, 187 mg/100 kcal로 산출되었다. 우리나라 어린이의 영양보충제 섭취량에 대한 자료가 부족하여 Rasmussen 등의 연구¹⁰⁾와 같이 보충제 섭취를 권장 섭취 수준으로 가정하여 시나

리오를 작성한 결과 경우에 따라 이보다 다소 낮은 수준인 100 kcal 당 68 mg, 82 mg (이상 PFF = 0.18), 135 mg, 162 mg (이상 PFF = 0.09)의 값이 추정되었다. 보충제 섭취를 권장섭취 수준으로 한 덴마크의 연구에서 비타민 C의 일반식품에의 최대강화허용 수준은 PFF를 12.5%로 가정할 때 1~3세 어린이에서 최대강화허용수준이 가장 낮아 100 kcal 당 84 mg이었고, PFF를 5%로 하였을 때는 209 mg로 추정되었다.¹⁰⁾ 본 연구는 보충제섭취를 권장섭취 수준으로 하여 시나리오를 작성하였으나 실제로 500 mg, 1000 mg 등의 비타민 C 음료가 널리 공급되고 있기 때문에 일부 집단에서 비타민 C 섭취가 매우 높을 가능성이 있다. 이러한 경우 최대강화허용 수준은 본 연구에서 제시한 수준보다 낮아져야 할 것이다.

칼슘은 청소년층에서 상대적으로 최대 허용수준이 낮았다. 최대 칼슘 허용 수준은 12~14세에서 100 kcal당 2001~2년도 290 mg, 2005년도는 242 mg를 나타내었다. 소비자 선택 수준을 엄격하게 제한 (45%)했을 때는 각각 580 mg, 482 mg의 수준이었다. 보충제 섭취를 고려했을 때는 그렇지 않은 경우와 비교하여 최대 강화허용수준은 2001~2년도 자료는 36% ($103/290 = 0.355$), 2005년도 자료는 20% ($65/242 = 0.195$) 정도에 지나지 않았다. 덴마크에서도 일반식품에의 최대 칼슘강화 허용 수준은 15~17 세에가 가장 낮아 12.5%의 PFF 수준에서 100 kcal당 43 mg로 본 연구보다 낮았다.¹⁰⁾ 이는 덴마크 어린이의 95백분위에 해당하는 식이 칼슘 섭취 수준이 우리나라 어린이 경우에 비해 약 2배가 높아 상대적으로 최대강화허용 수준이 낮아지기 때문이다. 칼슘은 어린이에서 상한섭취량이 권장섭취량의 2.5~4.2배 정도로 과잉섭취의 위험이 비타민 C (12.5~14.5배) 같은 영양소에 비해 높으나, 어린이가 섭취하는 영양보충제에서 가장 빈번히 첨가되는 영양소이기도 하다. 우리나라 어린이에서 칼슘섭취가 부족함을 고려할 때 칼슘섭취의 증가 방안도 중요하지만 상대적으로 과잉섭취의 위험도 큰 영양소이기 때문에 이에 대한 관리 방안도 필요하다 하겠다.

본 연구에서 2001~1년도와 2005년도 국민영양조사의 극단 영양소섭취 수준은 차이를 보였다. 이에 대한 이유 중의 하나로 영양소 섭취의 개인내 변이를 들 수 있다. 영양소 섭취의 개인내 변이가 제대로 고려되지 못하면 극단 영양소 섭취수준이 과대하게 평가된다. 따라서 영양소 과잉 섭취에 따른 위험을 올바르게 평가하기 위해선 식이섭취의 개인내 변이를 고려할 수 있는 자료가 필요하며 이를 위해 전체 대상자를 적어도 이틀 이상 조사한 자료가 제공되어야 할 것이다. 또한 국내 어린이 영양소 보충제 섭취

에 대한 자료가 미흡하여 이에 대한 자료 수집과 함께 영양소 보충제 데이터베이스 개발도 필요하다. 본 연구에서는 2006년도에 실시한 소비자와 식품업체 대상 연구와 2001~2년도와 2005년도 국민영양조사 자료에 근거하여 PFF를 산출하였으나 영양강화식품에 대한 소비자나 식품업체 인식은 고정된 것이 아니고 상황에 따라 변하기 때문에 식이섭취와 함께 이에 대한 모니터링은 꾸준히 실시되어야 할 것이다.

국외에서는 본 연구와 같은 방식으로 산출된 엽산과 비타민 D 강화의 최대 허용 수준을 영양정책에 이미 반영하고 있다.¹¹⁾ 따라서 본 연구에서 제시한 임의영양강화 최대 허용 수준 평가 모형은 미량영양소 강화 최대허용 수준을 정하는 영양정책뿐 아니라 식이와 보충제로부터 섭취하는 미량영양소 섭취를 모니터링 하는데 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

요약 및 결론

어린이 영양섭취기준과 국민건강영양조사의 식이섭취 조사 자료에 근거하여 어린이를 위한 비타민A와 C, 그리고 칼슘의 임의영양강화 최대 허용수준 산출한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 영양강화 가능 에너지 섭취 비율은 연령대별로 2001~2002년도 국민영양조사에서는 0.36~0.40, 2005년도 조사의 경우는 0.31~0.34이었다. 에너지 섭취의 95백분율은 연령대 별로 전자는 2,325~3,296 kcal, 후자는 2,286~3,814 kcal의 범위를 나타냈다.

2) 비타민 A의 최대 강화 허용수준은 보충제섭취고려 여부에 관계없이 여러 연령층에서 0 μ g으로 산출되어 강화제한 영양소로 제시되었다.

3) 칼슘섭취는 12~14세군에서 95백분위 값이 가장 높았고 최대 강화허용수준은 가장 낮았다. 강화가능식품의 50%가 강화되고 소비자의 90%가 강화식품을 선택한다고 할 때 12~14세군에서 최대 칼슘강화 허용수준은 100 kcal당 2001~2년도 자료는 290 mg, 2005년도는 242 mg이었다. 소비자 선택비율을 45%로 가정했을 때 칼슘 강화 최대허용 수준은 각각 580 mg, 484 mg으로 계산되었다. 보충제섭취를 권장섭취수준으로 가정하여 분석한 결과 허용수준은 식이섭취만을 고려한 경우에 비해 20~36%에 지나지 않았다.

4) 비타민 C의 최대강화허용 수준은 3~5세군에서 가장 낮아 분석 자료와 시나리오에 따라 100 kcal 당 77~187 mg의 수준을 보였다. 권장섭취수준의 보충제섭취를 고려

하였을 때는 68~164 mg의 범위를 나타냈다.

위의 결과는 본 연구에서 제시한 임의영양강화 최대허용 수준 평가 모형이 미량영양소 강화 최대허용 수준을 정하는 영양정책과 미량영양소 섭취 모니터링에 유용하게 사용될 수 있음을 제시한다.

Literature cited

- 1) Oh SY. A study on the development of nutrient fortification guidelines for conventional foods. Final report, Korea Food and Drug Administration; 2004
- 2) Institute of Medicine, National Academy. Dietary Reference Intakes: guiding principles for nutrition labelling and fortification. National Academy Press, Washington DC; 2004
- 3) Health Canada. Addition of Vitamins and Minerals to Foods; 2005
- 4) European Commission. Regulation of the European parliament and of the council on the addition of vitamins and minerals and of certain other substances to foods; 2003
- 5) Expert group on vitamins and minerals. Safe upper levels for vitamins and minerals. Food Standards Agency, London; 2003
- 6) Food Standard Agency New Zealand. Fortification Implementation Framework: Addition of Vitamins and Minerals to Food. F. S. A. N. Zealand; 2005
- 7) Chung HR, Oh SY. Estimation of safe maximum levels of vitamins and minerals to foods. *Korean J Nutr* 2006; 39(7): 692-698
- 8) Ministry of Health and Welfare. Reports on the 2005 National Health and Nutrition Survey. Gwachun, Kyonggi-do, Korea: Ministry of Health and Welfare; 2006
- 9) Korea Food and Drug Administration. A Comprehensive plan for Food Safety of the Children. Available from: http://www.kfda.go.kr/open_content/administrative/inspector_view.php?seq=212&&kind=1&menucode=101006000
- 10) Rasmussen SE, Anderson NL, Dragsted LO, Larsen JC. A safe strategy for addition of vitamins and minerals to foods. *Eur J Nutr* 2006; 54: 123-135
- 11) Kloosterman J, Ftansen HP, der Stoppelaar J, Verhagen H, Rompelberg. Safe addition of vitamins and minierals to foods: setting maximum levels for fortification in Netherlands. *Eur J Nutr* 2007; 46: 220-229
- 12) The Korean Nutrition Society. Dietary Reference Intakes for Koreans. Seoul; 2005
- 13) Flynn A, Moreiras O, Stehle P, Fletcher RJ, Muller DJ, Rolland V. Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods. *Eur J Nutr* 2003; 42: 118-130
- 14) Oh SY. Development of national food fortification implement framework in Korea. Final report, Korea Food and Drug Administration; 2006