

## 어린이와 청소년의 비알콜성음료 섭취에 따른 다량무기질 섭취량 평가: 제 4기 국민건강영양조사 자료를 활용하여

김성단<sup>1</sup> · 문현경<sup>2§</sup> · 박주성<sup>1</sup> · 이용철<sup>1</sup> · 신기영<sup>1</sup> · 조한빈<sup>1</sup> · 김복순<sup>1</sup> · 김정현<sup>1</sup> · 채영주<sup>1</sup>

서울시보건환경연구원,<sup>1</sup> 단국대학교 식품영양학과<sup>2</sup>

### Macromineral intake in non-alcoholic beverages for children and adolescents: Using the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV, 2007-2009)

Kim, Sung Dan<sup>1</sup> · Moon, Hyun-Kyung<sup>2§</sup> · Park, Ju Sung<sup>1</sup> · Lee, Yong Chul<sup>1</sup> · Shin, Gi Young<sup>1</sup>  
Jo, Han Bin<sup>1</sup> · Kim, Bog Soon<sup>1</sup> · Kim, Jung Hun<sup>1</sup> · Chae, Young Zoo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Gwacheon 427-070, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

#### ABSTRACT

The aims of this study were to estimate daily intake of macrominerals from beverages, liquid teas, and liquid coffees and to evaluate their potential health risks for Korean children and adolescents (1-to 19 years old). Assessment of dietary intake was conducted using the actual level of sodium, calcium, phosphorus, potassium, and magnesium in non-alcoholic beverages and (207 beverages, 19 liquid teas, and 24 liquid coffees) the food consumption amount drawn from "The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2007-2009)". To estimate the dietary intake of non-alcoholic beverages, 6,082 children and adolescents (Scenario I) were compared with 1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects among them (Scenario II). Calculation of the estimated daily intake of macrominerals was based on point estimates and probabilistic estimates. The values of probabilistic macromineral intake, which is a Monte-Carlo approach considering probabilistic density functions of variables, were presented using the probabilistic model. The level of safety for macrominerals was evaluated by comparison with population nutrient intake goal (Goal, 2.0 g/day) for sodium, tolerable upper intake level (UL) for calcium (2,500 mg/day) and phosphorus (3,000-3,500 mg/day) set by the Korean Nutrition Society (Dietary Reference Intakes for Koreans, KDRI). For total children and adolescents (Scenario I), mean daily intake of sodium, calcium, phosphorus, potassium, and magnesium estimated by probabilistic estimates using Monte Carlo simulation was, respectively, 7.93, 10.92, 6.73, 23.41, and 1.11, and 95th percentile daily intake of those was, respectively, 28.02, 44.86, 27.43, 98.14, and 3.87 mg/day. For consumers-only (Scenario II), mean daily intake of sodium, calcium, phosphorus, potassium, and magnesium estimated by probabilistic estimates using Monte Carlo simulation was, respectively, 19.10, 25.77, 15.83, 56.56, and 2.86 mg/day, and 95th percentile daily intake of those was, respectively, 62.67, 101.95, 62.09, 227.92, and 8.67 mg/day. For Scenarios I · II, sodium, calcium, and phosphorus did not have a mean an 95th percentile intake that met or exceeded the 5% of Goal and UL. (Korean J Nutr 2013; 46(1): 50 ~ 60)

**KEY WORDS:** macrominerals, estimated daily intake, non-alcoholic beverage, probabilistic estimates.

## 서 론

통계청 자료에 의하면 우리나라의 비알콜성음료 도매업의 매출액이 2006년 3조9백억 원에서 2009년 3조9천5백억 원으로 27.8%가 증가하였으며, 2006년도 생산량기준 국민 다소비 식

품순위에서도 상위 5개 품목에 탄산음료, 과일·채소음료, 기타음료의 순위가 각각 3위, 4위, 5위를 나타내어 음료류가 3품목을 차지함으로써,<sup>1)</sup> 다른 식품에 비해 음료의 유통량이 많았다.

성장기의 영양은 육체적, 정신적인 성장과 발달뿐만 아니라 일생동안의 건강상태에도 영향을 미치며, 건강에 좋지 않은 어린이의 생활습관은 성인기로 이어질 가능성이 크다. 그러므

접수일: 2012년 10월 6일 / 수정일: 2012년 11월 11일 / 채택일: 2013년 1월 22일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail: moonhk52@dankook.ac.kr

© 2013 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.

로 적절한 건강을 유지하기 위해서는 어린 시기부터 건강에 도움이 되는 식품 및 적절한 영양소 섭취를 위한 영양관리와 올바른 식습관 형성의 중요성이 더욱 강조되고 있다.<sup>2,3)</sup>

영양성분 중 적정섭취량의 범위를 벗어날 경우 유해영향이 우려되어 섭취제한을 권장하게 되는 성분을 영양위해성분 (undesirable nutrients, problematic nutrients)으로 정의하며, 그 예로 어린이들이 즐겨먹는 기호식품이나 가공식품에 다량 함유된 나트륨, 당으로는 총당류, 첨가당, 과당이 있으며, 지질 성분으로는 총 지방, 포화지방, 트랜스지방, 콜레스테롤을 들 수 있다.<sup>4)</sup>

WHO는 암, 심혈관질환, 뇌혈관질환, 당뇨병, 고혈압 등의 만성질환은 식생활을 포함한 건강행태와 관련성이 높으며, 특히 나트륨, 지방, 에너지의 과잉섭취, 일부 미량 무기질 및 비타민의 섭취 부족, 채소·과일 및 육류 등의 섭취 불균형을 이룬 질병의 주요 위험요인으로 지적하고, 나트륨 섭취에 대하여 1일 2 g 이하로 목표치를 설정하고 있다.<sup>5)</sup> 우리나라 취학 전 3~6세 어린이의 나트륨 섭취량은 2,796 mg/일로서,<sup>6)</sup> 영국식품기준청 (Food Standards Agency, FSA)의 취학 전 어린이 섭취 권장량인 1,200 mg/일<sup>7)</sup>의 2배 이상을 섭취하며, 우리나라 청소년의 나트륨 섭취량 또한 WHO 1일 목표량에 2배 이상 초과하는 것으로 나타나고 있다. 이와 더불어 2005년도 아동의 나트륨 섭취량은 1998년도에 비해 증가한 것은 물론, 2001년 섭취량과 비교해도 증가하는 추세를 보이고 있다.<sup>8)</sup> 이렇듯 나트륨의 과량섭취로 인하여 1일 나트륨 섭취를 권장량으로 정하기보다는 감량 목표치를 권장량 (tolerable upper intake level: UL)으로 정하고 있는 실정이다.<sup>8)</sup>

또한 탄산음료의 과량 섭취는 우유 소비를 감소시킴으로써 칼슘 섭취량을 낮출 수 있으며,<sup>9,10)</sup> 탄산음료는 칼슘과 인의 함량비가 매우 불균형함으로 지나친 탄산음료의 섭취는 체내 칼슘의 손실을 가져올 수 있다고 보고되고 있다.<sup>11)</sup> 인은 칼슘 : 인의 비율이 1 : 1일 때 칼슘 흡수에 가장 효율적이어서, 칼슘 : 인의 섭취비율은 1 : 1로 권장되고 있다.<sup>12)</sup> 인의 체내 보유량은 칼슘수준이 높아짐에 따라 함께 증가하였으며 인은 양의 평형을 유지하는 것으로 보아 급성장기에 칼슘과 인의 충분한 섭취는 필요하다.<sup>13)</sup> 한편 대사면에서 칼슘과 밀접한 관련성이 있는 영양소이므로 칼슘과 인의 섭취비율이 두 무기질의 체내 대사에 매우 중요한 요인으로 다뤄져왔는데, 인의 섭취량은 동물실험에서 칼슘 섭취량에 비해 너무 높으면 칼슘의 흡수를 저해하고 뼈의 손실이 일어났다.<sup>14)</sup> 그러나 이러한 관련성은 급성장기에 있는 영유아나 청소년기에 국한되는 것으로 알려졌다.<sup>15)</sup> 인은 자연식품부터 가공식품에 이르기까지 다양한 식품에 함유되어있는 영양소로 부족증이 보이기 쉽지 않으며 현대인들에게는 오히려 과잉 섭취로 인한 문제가 대두되고 있다.<sup>16)</sup> 이와 함께 인산은 식품첨가물로 많이 쓰이므로 가공

식품을 많이 섭취하면 인의 섭취량이 증가하게 되는데, 청소년들은 특히 청량음료를 통한 인의 섭취가 증가하고 있는 반면, 가공식품의 인 함량 자료가 적절히 제공되고 있지 못하여 가공식품 섭취빈도가 높은 사람들의 인 섭취량이 과소평가되었을 가능성이 있다.<sup>16)</sup>

식품 섭취의 안전성을 확보하기 위해서는 식품을 통해 먹는 영양성분의 양이 목표섭취량 또는 상한섭취량을 넘지 않는가를 조사·평가하여야 하는데, 최근 Monte Carlo simulation을 이용한 확률평가 (Probabilistic Estimates)를 통해서 물질 (Food Chemicals)의 섭취 확률분포를 측정하려는 연구가 시도되고 있으며,<sup>17-21)</sup> FAO/WHO에서도 정밀추정 단계의 노출평가에서 Monte Carlo simulation을 이용한 방법을 선택하고 있다.<sup>22)</sup>

이와 더불어 국민건강영양조사에 따르면 2007~2009년 만 1세 이상의 식품군별 평균 섭취량 중 음료·주류가 175.3 g으로 총 섭취량 1,323.8 g에 비해 13.2%에 달해, 곡류 291.6 g (22.0%), 채소류 288.2 g (21.8%)에 이어 단일식품군으로 3위를 차지했다. 또한 음료·주류의 섭취량이 1998년 94.2 g (7.4%)이었으나, 이 후 계속 증가하여 2007~2009년에는 1998년에 비해 2배 가까이까지 증가하였다.<sup>23)</sup>

이와 함께 1998~2009년 나트륨섭취량의 영양섭취기준에 대한 섭취비율이 374.7~325.4%에 달하고 있으며, 칼슘섭취량은 1998년 71.1%에서 2007~2009년 66.6%로 감소한 반면 인섭취량은 1998년 149.8%에서 2007~2009년 155.8%로 증가하였다. 즉 1998년부터 2009년까지 칼슘 : 인의 섭취비율이 1 : 2.1~2.3으로 나타남으로써 다량무기질의 불균형섭취가 이어지고 있다.<sup>23)</sup>

한편 음료 중에는 나트륨, 칼슘, 인과 칼륨이 대부분 함유되어 있고 인과 칼슘의 비율이 평균 4.2이며 스포츠음료가 48.5로 유의적으로 가장 높다.<sup>24)</sup> 또한 어린이들의 음료 선호도는 조사대상 중 27%가 탄산음료와 과실채소류 음료를 가장 선호하고 다음은 이온음료 (26%)로 나타나고 있다.<sup>25)</sup> 따라서 이와 같은 자료를 통합하여 볼 때 음료의 극단섭취자의 경우 다량 무기질의 불균형섭취가 더욱 심각해질 수 있는 가능성이 있다.

한편 소비자들은 기호성 및 기능성을 고려하여 음료를 선택하고는 있지만, 비알콜성음료에 들어있는 나트륨 등 다량무기질의 함유 여부 및 불균형을 인식하지 못하고 있다. 이러한 가운데 다량무기질의 노출실태에 관한 연구는 실제 함량 대신 제품에 표시되어있는 나트륨 등의 함량으로 섭취량을 파악하고 있는 실정이다.<sup>26)</sup>

그러므로 본 연구에서는 국민건강영양조사 결과 중 민감 집단으로 분류할 수 있는 어린이와 청소년들의 비알콜성음료 섭취량과 비알콜성음료 중 다량무기질의 실측치를 이용하여, Monte Carlo simulation을 이용한 확률평가로 비알콜성음

료 섭취에 따른 다량무기질 섭취량 평가를 수행함으로써 어린이와 청소년들의 건강 확보에 기여하고자 한다.

## 연구방법

### 비알콜성음료 섭취 수준 분석

우리나라 전체 인구집단 중 비알콜성음료 섭취량 평가가 필요한 인구집단을 선정하기 위하여 제4기 국민건강영양조사 (The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey, KNHANES IV, 2007~2009)의 식품 섭취량 조사결과를 토대로 비알콜성음료 (Non-alcoholic beverage)의 섭취 수준을 분석하였다. 조사대상자 전체 (22,113명)를 어린이 및 청소년층 (1~19세, 6,082명), 성인층 (20~49세, 8,270명), 노년층 (50세 이상, 7,761명)의 연령그룹으로 나누어 단위 체중 당 비알콜성음료인 음료, 액상커피, 가공우유 및 액상차 섭취량을 살펴본 것으로, 개인별 수분 섭취량을 구하여 비알콜성음료 섭취량과 비교하였다 (Table 1, 2).

그 결과 단위 체중 당 비알콜성음료 섭취량이 가장 높은 어린이와 청소년층을 대상으로 비알콜성음료의 섭취량을 평가하였다. Scenario I은 1~19세에 해당하는 어린이 및 청소년 6,082명 전체를 대상으로 평균소비자 (average consumer)와 극단소비자 (extreme consumer)의 비알콜성음료 섭취량을 조사하였다. 또한 scenario II는 소비자의 섭취량을 과소평가하는 것을 피하기 위하여, 어린이와 청소년 중 비알콜성음료를 섭취한 1,704명을 대상으로 소비자만의 평균소비자와 극단소비자의 비알콜성음료의 섭취량을 조사하였다.

### 위해성 평가

#### 연구대상 물질 선정

비알콜성음료에 함유된 영양성분 중 다량무기질은 목표섭

취량 (Goal)과 상한섭취량 (Tolerable Upper Intake Level, UL)이 설정되어있는 나트륨, 칼슘과 인을 선정하여 평가하였다.

#### 용량-반응 평가

다량무기질 중 나트륨은 한국영양학회 (The Korean Nutrition Society) 한국인 영양섭취기준<sup>27)</sup>에서 제시하고 있는 목표섭취량을 사용하였고, 칼슘과 인은 상한섭취량을 사용하였다 (Table 3).

#### 노출평가

식품섭취량 자료는 제4기 국민건강영양조사를 이용하여 어린이 및 청소년 (1~19세)의 비알콜성음료의 섭취량을 연중 일상섭취량으로 가정하였다.

Scenario I은 1~19세 어린이 및 청소년 총 6,082명을 조사대상으로 하여 음료, 액상커피 및 액상차의 평균, 95th percentile 섭취량 및 섭취량 분포를 적용하였다. 또한 scenario II는 1~19세 어린이 및 청소년 중 음료, 액상커피 및 액상차 섭취자 1,704명의 평균, 95th percentile 섭취량 및 섭취량 분포를 적용하여 살펴보았다.

다량무기질의 함량은 음료 207건 (과일·채소류 음료 98건, 탄산음료 33건 및 혼합음료 76건), 액상커피 24건 및 액상차 19건을 Microwave Digestion System으로 분해하고 나트륨, 칼슘, 인 등을 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)를 이용하여 측정된 김<sup>24)</sup> 등의 실측치를 이용하였다.

단일값분석 (Point Analysis)을 위하여 다량무기질의 분석값과 비알콜성음료의 평균섭취량 및 극단섭취량 (95th percentile)을 이용하여 비알콜성음료 섭취로 노출될 수 있는 각 성분의 추정식이섭취량 (Estimated daily intake, EDI)을 산출하였다. 또한 인구집단 중 각 개인은 노출 값이 다르므로 단일 값 (single value)보다는 값의 범위로 생각해야하고, 다양성에

Table 1. Body weight by age and gender for Koreans, KNHANE 2007–2009

Age	Total		Male		Female	
	N	Mean ± SE <sup>1)</sup> (kg/day)	N	Mean ± SE (kg/day)	N	Mean ± SE (kg/day)
1– 2 y	636	12.45 ± 0.08 <sup>a2)</sup>	335	12.84 ± 0.12 <sup>b)</sup>	301	12.04 ± 0.12 <sup>d)</sup>
3– 5 y	972	18.19 ± 0.11 <sup>e)</sup>	527	18.38 ± 0.15 <sup>e)</sup>	445	17.96 ± 0.16 <sup>e)</sup>
6– 8 y	1,184	26.64 ± 0.18 <sup>d)</sup>	606	27.41 ± 0.27 <sup>d)</sup>	578	25.82 ± 0.23 <sup>d)</sup>
9–11 y	1,124	38.77 ± 0.29 <sup>c)</sup>	586	39.92 ± 0.42 <sup>c)</sup>	538	37.51 ± 0.38 <sup>c)</sup>
12–14 y	1,042	52.37 ± 0.37 <sup>b)</sup>	556	54.52 ± 0.55 <sup>b)</sup>	486	49.90 ± 0.44 <sup>b)</sup>
15–19 y	1,124	60.15 ± 0.40 <sup>a)</sup>	558	65.95 ± 0.57 <sup>a)</sup>	566	54.27 ± 0.41 <sup>a)</sup>
1–19 y	6,082	36.27 ± 0.25 <sup>c)</sup>	3,168	37.92 ± 0.37 <sup>c)</sup>	2,914	34.46 ± 0.32 <sup>c)</sup>
20–49 y	8,270	62.94 ± 0.14 <sup>a)</sup>	3,299	71.68 ± 0.20 <sup>a)</sup>	4,971	57.48 ± 0.14 <sup>a)</sup>
> 50 y	7,761	60.00 ± 0.12 <sup>b)</sup>	3,228	64.99 ± 0.18 <sup>b)</sup>	4,533	56.51 ± 0.13 <sup>b)</sup>

1) SE: Standard error 2) Means with superscripts (a > b) within a row are significantly from each other at  $\alpha = 0.05$  as determined by Duncan's multiple range test

**Table 2.** Non-alcoholic beverage intake by age for Koreans, KNHANE 2007–2009

Food type			1–19 y (N : 6,082)	20–49 y (N : 8,270)	> 50 y (N : 7,761)
Food class <sup>1)</sup>	Food species <sup>2)</sup>	Commodity	Mean ± SE <sup>3)</sup> (g/day)	Mean ± SE (g/day)	Mean ± SE (g/day)
Beverages	Fruit and vegetable beverages	Fruit drink	23.24 ± 1.09 <sup>a4)</sup>	19.75 ± 0.88 <sup>b)</sup>	6.98 ± 0.53 <sup>c)</sup>
		Vegetable drink	1.58 ± 0.24 <sup>b)</sup>	3.31 ± 0.33 <sup>a)</sup>	2.69 ± 0.33 <sup>a)</sup>
		Total	24.82 ± 1.13 <sup>a)</sup>	23.06 ± 0.94 <sup>a)</sup>	9.66 ± 0.63 <sup>b)</sup>
	Carbonated beverages	Cider	6.60 ± 0.59 <sup>b)</sup>	8.15 ± 0.64 <sup>a)</sup>	2.58 ± 0.30 <sup>c)</sup>
		Cola	18.21 ± 1.13 <sup>a)</sup>	14.56 ± 0.86 <sup>b)</sup>	1.68 ± 0.31 <sup>c)</sup>
		Others	5.18 ± 0.51 <sup>a)</sup>	4.35 ± 0.46 <sup>a)</sup>	0.48 ± 0.16 <sup>b)</sup>
	Mixed beverage	Total	29.99 ± 1.48 <sup>a)</sup>	27.05 ± 1.23 <sup>a)</sup>	4.74 ± 0.48 <sup>b)</sup>
		Functional drink	0.45 ± 0.14	0.71 ± 0.12	0.48 ± 0.10
		Sports drink	7.03 ± 0.82 <sup>a)</sup>	3.87 ± 0.50 <sup>b)</sup>	0.33 ± 0.14 <sup>c)</sup>
	Others	Children's drink	0.46 ± 0.14 <sup>a)</sup>	0.00 <sup>b)</sup>	0.00 <sup>b)</sup>
		Chocolate drink	0.53 ± 0.13 <sup>a)</sup>	0.43 ± 0.11 <sup>a)</sup>	0.01 ± 0.01 <sup>b)</sup>
		Others	3.11 ± 0.44	3.89 ± 0.37	3.71 ± 0.45
	Total	11.58 ± 0.96 <sup>a)</sup>	8.90 ± 0.64 <sup>b)</sup>	4.53 ± 0.48 <sup>c)</sup>	
	Coffee	Liquid coffee	1.14 ± 0.26 <sup>c)</sup>	19.88 ± 1.09 <sup>a)</sup>	4.15 ± 0.55 <sup>b)</sup>
	Milk	Processed milk	Chocolate milk	3.26 ± 0.39 <sup>a)</sup>	0.74 ± 0.15 <sup>b)</sup>
Coffee milk			0.59 ± 0.15 <sup>a)</sup>	0.98 ± 0.20 <sup>a)</sup>	0.14 ± 0.06 <sup>b)</sup>
Total			3.85 ± 0.42 <sup>a)</sup>	1.72 ± 0.25 <sup>b)</sup>	0.19 ± 0.07 <sup>c)</sup>
Teas	Liquid tea	Green tea drink	1.78 ± 0.43 <sup>c)</sup>	13.34 ± 1.07 <sup>a)</sup>	4.46 ± 0.57 <sup>b)</sup>
		Black tea drink	0.80 ± 0.24 <sup>a)</sup>	1.12 ± 0.23 <sup>a)</sup>	0.19 ± 0.10 <sup>b)</sup>
		Others	0.41 ± 0.14 <sup>b)</sup>	1.61 ± 0.31 <sup>a)</sup>	0.62 ± 0.26 <sup>b)</sup>
		Total	2.99 ± 0.51 <sup>b)</sup>	16.07 ± 1.15 <sup>a)</sup>	5.26 ± 0.64 <sup>b)</sup>
		Total	74.37 ± 2.23 <sup>b)</sup>	96.69 ± 2.41 <sup>a)</sup>	28.54 ± 1.30 <sup>c)</sup>
Water			1,132.60 ± 108.60	1,251.20 ± 68.40	1,226.60 ± 85.20

1) Food class of Food Code for each food product 2) Food species of Food Code for each food product 3) SE: Standard error 4) Means with superscripts (a > b) within a row are significantly from each other at a = 0.05 as determined by Duncan's multiple range test

**Table 3.** Adverse effects of excessive consumption and toxicological endpoint of macrominerals

Nutrients	Goal <sup>1)</sup> (g/d)	Adverse effects of excessive consumption	Nutrients	UL <sup>2)</sup> (mg/d)	Toxicological endpoint	
Sodium	2.0	CVD <sup>3)</sup>	Calcium	2,500	Milk alkali syndrome <sup>4)</sup>	
			Phosphorus	1–8 y	3,000	Hyperphosphatemia <sup>4)</sup>
				9–19 y	3,500	

1) Goal-The Korean Nutrition Society (KNS) 2) Tolerable Upper Intake Level-The Korean Nutrition Society (KNS) 3) WHO (World Health Organization) Technical Report Series (TRS) 916 4) Dietary Reference Intakes for Korean (2010)

따른 노출변수의 불확실성 (uncertainty)과 가변성 (variability)를 반영하기 위하여 분포를 이용하는 확률분석 (Probability Analysis)을 실시하였다. 이 때 변수들의 분포는 Crystal Ball<sup>®</sup>의 fitting program을 사용하여 분포형태를 결정한 후, 그 분포 값 범위 안에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황을 고려하여 최종적인 확률 값인 확률밀도함수 (Probabilistic Density Functions, PDFs)를 제시하는 Monte Carlo simulation을 이용하여 확률적 추정식이섭취량을 살펴보았다.

단일값분석과 확률분석에 이용한 다량무기질의 추정식이섭취량은 다음과 같이 계산하였으며, 비알콜성음료에 함유된 다량무기질의 양 (농도)과 비알콜성음료의 일일섭취량의 곱이다.

$$\text{Estimated Daily Intake (g or mg/day)} = \text{Macrominerals Conc. (g or mg/kg)} \times \text{Daily Food Intake (g/day)} \quad (\text{식 1})$$

**위해도 결정**

비알콜성음료를 통한 나트륨, 칼슘 및 인의 위해성 평가 중 단일값평가 (Point Estimates)를 위해서 각각 다량무기질의 추정식이섭취량과 한국인 영양섭취기준의 목표섭취량 또는 상한섭취량을 비교하여 단일값 %Goal, %UL로 판정하였다. 확률평가 (Probabilistic Estimates)를 위해서는 확률 %Goal, %UL의 평균값, 10th percentile, 25th percentile, 50th percentile, 75th percentile, 95th percentile, 99th percentile, 95% certainty



range 값을 각각 산출하여 %Goal, %UL의 분포수준을 파악하였다.

$$\begin{aligned} & \%Goal \text{ or } \%UL \\ & = [\text{Macrominerals Intake (mg/kg bw/day)} / \\ & \text{Goal or UL (g or mg/day)}] \times 100 \end{aligned} \quad (\text{식 2})$$

**통계분석 및 몬테카를로 시뮬레이션**

통계분석은 SAS 9.2 프로그램 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 사용하여 다량무기질 함량 비교와 제4기 국민건강영양조사 자료 중 어린이 및 청소년층의 비알콜성음료 섭취수준 분석을 위하여 평균과 표준편차 등의 기술통계량을 산출하였다. 통계적 유의성 검증을 위하여 t-test, one way ANOVA ( $\alpha = 0.05$ )를 이용하였으며, one way ANOVA의 사후 분석을 위해 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

확률분석을 위한 Monte Carlo simulation은 다량무기질의 함량, 음료, 액상커피 및 액상차의 섭취량 자료를 Crystal Ball®의 fitting기능을 활용하여 확률분포형태를 결정하여 Simulation Model을 작성하였다. Simulation의 구동은 Crystal Ball® (ver. 7.2, Decisioneering Inc., 2005)을 사용하였으며, Sampling method는 Monte Carlo sampling을 선택하였고, 반복 시행횟수는 100,000번씩 모의실험을 수행하였다.

**결 과**

**비알콜성음료 섭취 수준**

제4기 국민건강영양조사 대상자 전체를 어린이 및 청소년층 (1~19세), 성인층 (20~49세), 노년층 (50세 이상)으로 나누어 비알콜성음료의 섭취량을 살펴본 결과, 평균 섭취량은 성인층

$96.69 \pm 2.41 >$  어린이 및 청소년층  $74.37 \pm 2.23 >$  노년층  $28.54 \pm 1.30$  g/day순서로 유의적인 차이를 나타내었으나, 연령별 수분섭취량은 평균 1,132.60~1,226.60 g/day로 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Table 1, 2).

한편 연령별 평균 체중을 비교해 본 결과 성인층  $62.94 \pm 0.14 >$  노년층  $60.00 \pm 0.12 >$  어린이 및 청소년층  $36.27 \pm 0.25$  kg 순서로 유의적인 차이를 나타내었다. 또한 어린이 및 청소년층을 연령별 1~2세, 3~5세, 6~8세, 9~11세, 12~14세와 15~19세로 나누어 체중을 비교해 본 결과, 15~19세의 체중은 성인의 체중과 비슷하였으나 연령이 낮아질수록 체중이 성인의 약 1/5.1 수준까지 낮아졌다.

즉, 노년층의 체중은 성인층과 비슷하지만 비알콜성음료 섭취량은 성인층에 비해 29.5% 수준으로 낮았지만, 어린이 및 청소년층의 평균 체중은 성인에 비해 약 1/1.7인데 반해 비알콜성음료 섭취량은 성인층의 약 76.9%의 수준으로 높았다. 즉, 비알콜성음료의 평균 섭취량을 평균 체중으로 나누면 어린이 및 청소년층  $5.05 >$  성인층  $1.54 >$  노년층  $0.48$  g/kg bw/day 순서로, 단위 체중 당 어린이 및 청소년층의 비알콜성음료 섭취량이 가장 높았다. 한편 식품종 (Food Species) 분류체계에 따른 섭취량을 살펴보면 어린이 및 청소년층이 다른 연령에 비해 과일·채소류 음료, 탄산음료, 혼합음료와 가공우유를 유익적으로 가장 높게 섭취하고 있었다.

따라서 비알콜성 음료의 유통량이 증가하고 있는 가운데, 단위 체중 당 비알콜성음료 섭취량이 가장 높았던 어린이 및 청소년을 대상으로 다량무기질의 노출정도 및 위해성평가가 필요하다

**다량무기질의 노출평가**

**노출변수의 분포**

비알콜성음료 중 다량무기질의 분석결과와 비알콜성음료의 섭취량의 확률분포형태는 Table 4, 5와 같다.

다량무기질 중 나트륨, 칼슘, 인은 Gamma분포, 칼륨은 Weibull분포, 마그네슘은 Logistic분포였다. Scenario I의 어린이와 청소년 개인별 비알콜성음료 총섭취량 분포는 대부분 Logistic분포였으나, scenario II는 대부분 Max Extreme분포였다.

즉, 비알콜성음료에 존재하는 다량무기질의 분포는 정규분포보다는 대부분 왼쪽 또는 오른쪽으로 기울어진 분포를 나

**Table 4.** Probability density functions fitted by Crystal Ball®fitting program using the data of nutrients and food additives content in non-alcoholic beverages

Macrominerals	Distribution	Parameter
Sodium	Gamma	Location = -0.8, Scale = 52.2, Shape = 1.37971
Calcium	Gamma	Location = -1.7, Scale = 162.2, Shape = 0.55894
Phosphorus	Gamma	Location = -1.2, Scale = 92.4, Shape = 0.61424
Potassium	Weibull	Location = -0.7, Scale = 168.7, Shape = 0.71574
Magnesium	Logistic	Mean = 1.7, Scale = 6.8

**Table 5.** Probability density functions fitted by Crystal Ball®fitting program using the non-alcoholic beverage intake data for total children and adolescents and consumers-only

Group	Distribution	Parameter
Total children and adolescents (Scenario I)	Logistic	Mean = 32.30, Scale = 71.89
Consumers-only (Scenario II)	Max extreme	Likeliest = 178.50, Scale = 138.76

타내었다. 비알콜성음료 섭취량 자료는 어린이와 청소년 전체를 대상으로 한 scenario I에서는 대부분 Logistic 분포를 나타내었으나, 특히 소비자 집단만을 고려한 scenario II 경우에는 왼쪽으로 기울어진 Max Extreme분포가 되었다.

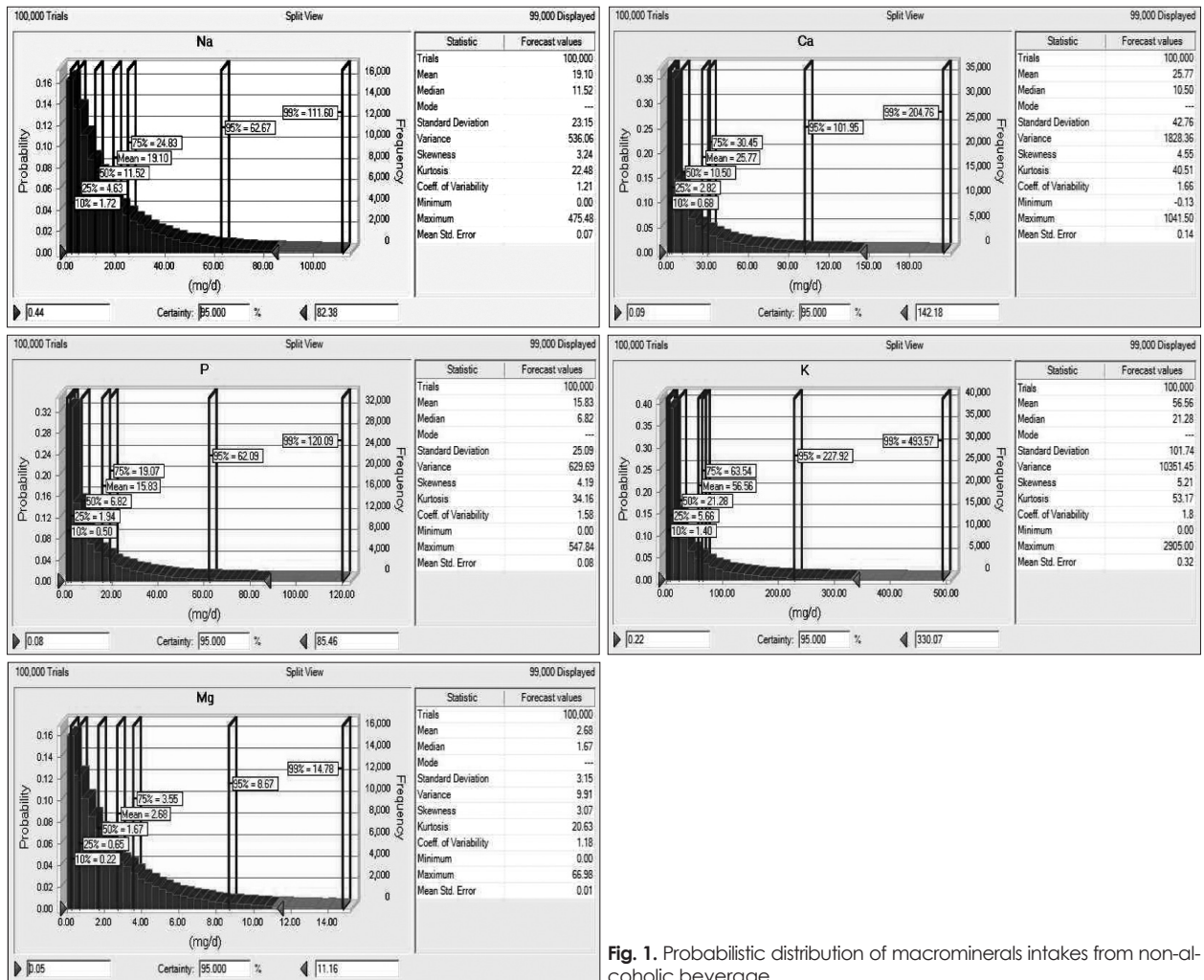
**어린이와 청소년 전체의 노출 평가 (scenario I)**

어린이 및 청소년 전체 (scenario I)의 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질의 노출량은 Table 6, Fig. 1과 같다.

다량무기질의 노출량을 살펴보면, 단일값평가의 평균 EDI는 나트륨 5.30, 칼슘 6.62, 인 4.13, 칼륨 15.50, 마그네슘 0.46 mg/day였으며, 확률평가의 평균 EDI는 나트륨 7.93, 칼슘 10.92, 인 6.73, 칼륨 23.41, 마그네슘 1.11 mg/day로 단일값평가를 통한 EDI보다 1.5~2.4배 높게 분석되었다. 극단섭취자의 다량무기질 노출량 (95th percentile EDI)은 단일값평가의 나트륨 79.64, 칼슘 125.46, 인 90.48, 칼륨 294.06, 마그네슘

**Table 6.** Point and probabilistic estimated daily intake (EDI) for total children and adolescents

Macronutrient	Fixed point		Probabilistic								
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Minerals (mg/day)	Sodium	5.30	79.64	7.93	0.47	1.48	4.24	10.05	28.02	51.64	0.97-37.68
	Calcium	6.62	125.46	10.92	0.22	0.96	3.88	12.22	44.86	94.98	0.33-64.78
	Phosphorus	4.13	90.48	6.73	0.15	0.66	2.54	7.66	27.43	56.77	0.24-38.63
	Potassium	15.50	294.06	23.41	0.41	1.83	7.63	25.01	98.14	217.65	0.58-143.93
	Magnesium	0.46	17.20	1.11	0.06	0.21	0.61	1.46	3.87	6.89	0.11-5.10



**Fig. 1.** Probabilistic distribution of macrominerals intakes from non-alcoholic beverage.

섭취 17.20 mg/day였으며, 확률평가는 나트륨 28.02, 칼슘 44.86, 인 27.43, 칼륨 98.14, 마그네슘 3.87 mg/day로 단일값평가의 95th percentile EDI보다 0.2~0.4배 낮게 분석되었다. 한편 확률평가한 노출량을 토대로 극단섭취자의 노출량과 평균소비자의 노출량을 비교하면, 95th percentile EDI가 평균 EDI에 비하여 나트륨 3.5배, 칼슘 4.1배, 인 4.1배, 칼륨 4.2배, 마그네슘 3.5배 높은 노출량을 나타내었다.

**어린이와 청소년 섭취자군의 노출 평가 (Scenario II)**

어린이 및 청소년 중 비알콜성음료 섭취자군 (scenario II)의 다량무기질 노출량은 Table 7과 같다.

섭취자군 (scenario II)의 다량무기질 노출량을 살펴보면, 단일값평가의 평균 EDI는 나트륨 18.91, 칼슘 23.62, 인 14.75, 칼륨 55.31, 마그네슘 1.63 mg/day였으며, 확률평가의 평균 EDI는 나트륨 19.10, 칼슘 25.77, 인 15.83, 칼륨 56.56, 마그네슘 2.68 mg/day로 비알콜성음료에서 검출률이 낮았던 마그네슘을 제외하고 단일값평가를 통한 평균 EDI와 비교했을 때 1.0~1.1배 수준으로 비슷하게 분석되었으며, 마그네슘은 1.6배였다. 즉, scenario I에서는 단일값평가의 평균 EDI 결과에 비해 확률평가의 평균 EDI가 1.5~2.4배였던 것보다 scenario II에서는 섭취량 평가방법에 따른 평균값의 차이가 작았다.

Scenario II의 다량무기질의 95th percentile EDI는 단일값평가의 경우 나트륨 130.28, 칼슘 205.22, 인 148.82, 칼륨 481.01, 마그네슘 28.14 mg/day였으며, 확률평가의 95th percentile은 나트륨 62.67, 칼슘 101.95, 인 62.09, 칼륨 227.92, 마그네슘 8.67 mg/day로 단일값평가보다 0.3~0.5배 낮게 분석되어 평균 EDI와 달리 95th percentile EDI는 단일값평가 보다는

확률평가에서 낮은 수준으로 분석되었다.

확률평가한 노출량을 토대로 극단섭취자와 평균섭취자를 비교하면, 95th percentile EDI가 평균 EDI에 비하여 나트륨 3.3배, 칼슘 4.0배, 인 3.9배, 칼륨 4.0배, 마그네슘 3.2배 높은 노출량을 나타내었다. 또한 scenario I·II의 평균 EDI를 비교하면, scenario II가 scenario I에 비해 나트륨, 칼슘, 인, 칼륨, 마그네슘 모두 2.4배 높은 노출량을 나타내었으며, 95th percentile EDI는 나트륨 2.2배, 칼슘 2.3배, 인 2.3배, 칼륨 2.3배, 마그네슘 2.2배 높은 노출량을 나타내었다.

**위해성 평가**

**어린이와 청소년 전체의 위해성 평가 (Scenario I)**

어린이 및 청소년 전체 (scenario I)의 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질 노출량에 대한 위해성 평가 결과는 Table 8과 같다.

비알콜성음료에 함유되어있는 다량무기질 중 목표섭취량이 설정되어있는 나트륨과 상한섭취량이 설정되어있는 칼슘 및 인에 대해서만 위해성 평가를 하였으며 그 결과를 살펴보면, 단일값평가를 통한 나트륨의 평균 %Goal은 0.27, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 0.26, 0.12였으며, 확률평가한 나트륨의 평균 %Goal은 0.39, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 0.43, 0.19로 목표섭취량과 상한섭취량에 비해 낮은 수준이었다. 확률평가한 결과가 단일값평가를 통한 %Goal 및 %UL의 평균값보다 나트륨 1.4배, 칼슘 1.7배, 인 1.6배 높게 분석되어 노출량평가와 같은 경향을 나타내었다.

그러나 극단섭취자의 위해성 평가에서 단일값평가를 통한 나트륨의 95th percentile %Goal은 3.97, 칼슘 및 인의 95th

**Table 7.** Point and probabilistic estimated daily intake (EDI) for consumers-only

Macronutrient	Fixed point		Probabilistic								
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Minerals (mg/day)	Sodium	18.91	130.28	19.10	1.72	4.63	11.52	24.83	62.67	111.60	0.44-82.38
	Calcium	23.62	205.22	25.77	0.68	2.82	10.50	30.45	101.95	204.76	0.09-142.18
	Phosphorus	14.75	148.82	15.83	0.50	1.94	6.82	19.07	62.09	120.09	0.08-85.46
	Potassium	55.31	481.01	56.56	1.40	5.66	21.28	63.54	227.92	493.57	0.22-330.07
	Magnesium	1.63	28.14	2.68	0.22	0.65	1.67	3.55	8.67	14.78	0.05-11.16

**Table 8.** Point and probabilistic estimates for total children and adolescents (scenario I)

	Fixed point		Probabilistic							
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range
Sodium (%Goal)	0.27	3.98	0.39	0.02	0.07	0.21	0.50	1.38	2.56	0.00-1.86
Minerals Calcium (%UL)	0.26	5.02	0.43	0.01	0.04	0.15	0.48	1.80	3.71	0.00-2.56
Phosphorus (%UL)	0.12	2.59	0.19	0.00	0.02	0.07	0.22	0.78	1.60	0.00-1.10



**Table 9.** Point and probabilistic estimates for consumers-only (scenario II)

	Fixed point			Probabilistic						
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range
Sodium (%Goal)	0.95	6.51	0.95	0.08	0.23	0.57	1.24	3.12	5.59	0.02-4.12
Minerals Calcium (%UL)	0.94	8.21	1.03	0.03	0.12	0.43	1.22	4.08	7.97	0.00-5.66
Phosphorus (%UL)	0.42	4.25	0.45	0.01	0.06	0.20	0.54	1.75	3.49	0.00-2.44

percentile %UL은 각각 5.02, 2.59였으며, 확률평가한 나트륨의 95th percentile %Goal은 2.56, 칼슘 및 인의 95th percentile %UL은 각각 3.71, 1.60이었다. 단일값평가를 통한 %Goal 및 %UL의 평균값보다 나트륨 0.6배, 칼슘 0.7배, 인 0.6배 낮게 분석되었다.

**어린이와 청소년 섭취자의 위해성 평가 (Scenario II)**

어린이 및 청소년 중 비알콜성음료 섭취자군 (scenario II)의 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질 노출량에 대한 위해성 평가 결과는 Table 9와 같다.

다량무기질의 섭취자군을 대상으로 한 위해성 평가 결과를 살펴보면, 단일값평가를 통한 나트륨의 평균 %Goal은 0.95, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 0.94, 0.42였으며, 확률평가한 나트륨의 평균 %Goal은 0.95, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 1.03, 0.45로 단일값평가 결과와 확률평가 결과가 거의 비슷한 수준으로 분석되어 노출량평가와 같은 경향을 나타내었다.

또한 극단섭취자의 위해성 평가에서 단일값평가를 통한 나트륨의 95th percentile %Goal은 6.51, 칼슘 및 인의 95th percentile %UL은 각각 8.21, 4.25였으며, 확률평가한 나트륨의 95th percentile %Goal은 3.12, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 4.08, 1.75였다. 단일값평가를 통한 %Goal 및 %UL의 평균값보다 나트륨 0.4배, 칼슘 0.5배, 인 0.4배 낮게 분석되어 노출량의 95th percentile 평가와 같은 경향을 나타내었다.

확률평가한 위해성평가 결과를 토대로 극단섭취자 (95th percentile)의 %Goal 및 %UL과 평균 %Goal 및 %UL을 비교하면, 95th percentile %Goal 및 %UL이 평균 %Goal 및 %UL에 비하여 나트륨 3.3배, 칼슘 4.0배, 인 3.9배 높아 노출량과 결과가 동일하였다. 또한 scenario I에 비해 scenario II의 평균 %Goal 및 %UL를 비교하면 나트륨, 칼슘, 인 모두 2.4배 높은 값을 나타내어 노출량 결과와 동일하였으나, 95th percentile %Goal 및 %UL는 나트륨 1.2배, 칼슘 1.1배, 인 1.1배 높아 노출량 결과보다는 차이가 작았다.

**고 찰**

연령별 단위체중 당 비알콜성음료인 음료, 액상커피, 가공

우유 및 액상차 섭취량이 성인층 (20~49세, 8,270명)과 노년층 (50세 이상, 7,761명)에 비해 어린이 및 청소년층 (1~19세, 6,082명)이 5.05 g/kg bw/day로 가장 높아 어린이 및 청소년층을 우리나라 전체 인구집단 중 비알콜성음료 섭취량 평가가 필요한 위험가능집단으로 설정하여, Scenario I은 1~19세에 해당하는 어린이 및 청소년 6,082명 전체를 대상으로 평균 소비자 및 극단소비자의 비알콜성음료의 섭취량을 조사하였으며, scenario II는 1~19세 어린이와 청소년 중 비알콜성음료를 섭취한 1,704명을 대상으로 대상 식품의 소비자만의 평균 소비자와 극단소비자의 비알콜성음료의 섭취량을 조사하였다.

Scenario I에서 비알콜성음료를 통한 어린이와 청소년의 평균 및 극단소비자의 확률평가한 다량무기질 평균 추정식이 섭취량은 나트륨 7.93, 칼슘 10.92, 인 6.73, 칼륨 23.41, 마그네슘 1.11 mg/day였으며, 95th percentile EDI는 나트륨 28.02, 칼슘 44.86, 인 27.43, 칼륨 98.14, 마그네슘 3.87 mg/day였다. 이 중 나트륨 노출량 (95th percentile EDI)은 2009년 국민건강영양조사<sup>23)</sup>에 의하면 1세 이상의 나트륨 일일섭취량인 4,645.4 mg에 비해 0.17% 및 0.60%에 해당되는 양이었다.

어린이 및 청소년 중 비알콜성음료 섭취자군 (scenario II)의 경우 확률평가한 다량무기질 평균 EDI는 나트륨 19.10, 칼슘 25.77, 인 15.83, 칼륨 56.56, 마그네슘 2.68 mg/day였으며, 95th percentile EDI는 나트륨 62.67, 칼슘 101.95, 인 62.09, 칼륨 227.92, 마그네슘 8.67 mg/day였다.

이 중 나트륨의 노출수준을 확률평가한 평균 및 95th percentile EDI는 나트륨 일일섭취량인 4,645.4 mg에 비해 0.41, 1.35%에 해당되는 양이었다.

칼슘, 칼륨, 마그네슘과 같은 무기질은 혈압을 낮추고,<sup>28,29)</sup> 칼슘 섭취량과 칼슘/인 섭취비율, 칼슘 밀도가 높을수록 수축기 혈압이 낮았다<sup>30)</sup>는 연구 보고가 있는데, 본 연구 결과에서는 비알콜성음료를 통한 나트륨의 섭취량보다는 칼슘과 칼륨의 섭취량이 더 높았다.

또한 칼슘과 인의 섭취비율이 두 무기질의 체내 대사에 매우 중요한 요인으로 다뤄져왔는데, 인의 섭취량은 동물실험에서 칼슘 섭취량에 비해 너무 높으면 칼슘의 흡수를 저해하고 뼈의 손실이 일어났으며, 이러한 관련성은 급성장기에 있는 영유아나 청소년기에 중요한 의미가 있다.<sup>14,30)</sup> 1998년부터



2007년까지 한국인의 칼슘에 대한 인 섭취 비율을 살펴보면, 칼슘의 섭취량은 감소하고 있어 칼슘과 인의 섭취비 (Ca : P) 도 감소 추세에 있으며 섭취비는 1 : 2.1~2.3으로 칼슘 섭취에 비해 인의 섭취가 다소 많은 편인 것에 비해,<sup>16)</sup> 본 연구의 확률 평가 결과 음료를 통한 칼슘과 인의 섭취비율이 평균, 95th percentile 모두 1.6 : 1로서 비알콜성음료를 통한 칼슘의 섭취량이 인보다 더 높았다.

칼륨은 나트륨과는 반대로 노 중 칼슘배설을 감소시켜 식사에서의 나트륨 : 칼륨 비가 감소하면 요로 칼슘 배설량이 감소하게 되며,<sup>31)</sup> 이 때 각각의 무기질보다는 나트륨과 칼륨의 비율이 혈압과 관련성이 더 높으며, 나트륨과 칼륨의 비율이 1에 가까운 수준이 되는 정도가 되어야 한다고 제시하고 있다.<sup>5,32)</sup> 그러나 나트륨은 우리나라 사람들의 81%가 영양소 섭취기준의 200% 이상을 섭취하고 있으나, 반면에 칼륨은 영양소 섭취기준의 25~75% 섭취자가 70%를 나타내고 있다.<sup>33)</sup> 그러나 확률평가 결과 비알콜성음료를 통한 나트륨 : 칼륨 섭취비율은 평균 및 95th percentile 각각 1 : 3.0, 1 : 4.4로 나타났다.

나트륨은 미국과 캐나다에서는 혈압상승을 독성종말점으로 하여 최저 독성량을 산출함으로써 식염섭취량을 제한하고 있지만, 미국과 캐나다뿐만 아니라 우리나라 역시 2005년 국민건강영양조사에 따르면 성인의 나트륨 섭취량이 남·녀 각각 충분섭취량의 416%와 335%로써 매우 높고, 특히 남·녀 각각 67.5%와 52.5%가 상한섭취량을 초과하는 높은 섭취수준으로 나타나고 있다. 따라서 WHO에서는 목표 섭취량을 5 g 이하 (나트륨 2,000 mg), 미국·캐나다는 상한섭취량을 6 g (나트륨 2,300 mg), 일본은 권장섭취량 10 g을 권하고 있으며, 우리나라의 경우 식이관련 만성 질환의 예방을 위한 목표 (섭취량으로 5.1 g (나트륨 2,000 mg)을 제시하고 있다.

칼슘의 과잉섭취에 의한 위험성은 신석증 (nephrolithiasis), 우유-알칼리증후군, 칼슘-무기질 상호작용에 의한 타 무기질 대사 이상 등이 있으며,<sup>15)</sup> 우유-알칼리증후군을 독성종말점으로 사용하여 상한섭취량을 2,500 mg/일로 추정하고 있다.<sup>16)</sup> 인의 과잉섭취는 세포외액의 인산농도를 증가시키며 고인산혈증을 초래하며 칼슘흡수장애를 일으킨다.<sup>15)</sup> 미국과 우리나라의 경우 인은 고인산혈증을 독성종말점으로하여 상한섭취량을 3,500 mg/일로 추정하였으며, 1~8세의 유아 및 아동의 경우 신장의 기능을 고려하여 3,000 mg/일로 추정하였다.<sup>16)</sup>

다량무기질은 목표섭취량이 설정되어있는 나트륨과 상한섭취량이 설정되어있는 칼슘 및 인에 대해서만 위해성 평가를 하였으며 그 결과를 살펴보면, Scenario I의 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질 노출량에 대한 위해성 평가 결과 확률평가한 나트륨의 평균 %Goal은 0.39, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 0.43, 0.19였으며, 극단섭취자의 위해성 평가

에서 확률평가한 나트륨의 95th percentile %Goal은 2.56, 칼슘 및 인의 95th percentile %UL은 각각 3.71, 1.60이었다. 비알콜성음료 섭취자군 (scenario II)의 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질 노출량에 대한 위해성 평가 결과는 확률평가한 나트륨의 평균 %Goal은 0.95, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 1.03, 0.45였으며, 극단섭취자의 위해성 평가에서 확률평가한 나트륨의 95th percentile %Goal은 3.12, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 4.08, 1.75였다. 따라서 국민건강영양조사 결과<sup>23)</sup> 2007~2009년 만 1세 이상의 식품군별 평균 섭취량 중 음료·주류가 175.3 g으로 총 섭취량 1,323.8 g에 비해 13.2%라는 점을 감안하면 비알콜성음료 섭취자군 (scenario II)의 평균 및 극단소비자의 비알콜성음료를 통한 다량무기질 섭취수준은 목표섭취량 및 상한섭취량에 대한 기여도가 낮다고 할 수 있다.

우리나라 초등학교들 중 가공식품을 섭취한 학생들을 대상으로 조사한 자료<sup>26)</sup>에 의하면 탄산음료, 가공우유, 오렌지주스를 통한 나트륨의 섭취량이 45.8 mg/day로 하루 평균 나트륨 섭취량이었던 940.1 mg의 4.9%, 목표섭취량인 2,000 mg의 2.3%로 본 연구 결과의 섭취자군 중 극단섭취자보다 다소 낮았다.

한편 본 연구의 무기질 분석을 위한 과채음료, 탄산음료, 혼합음료, 액상커피, 액상차의 시료 수의 비율은 각각 39.2, 13.2, 30.4, 9.6, 7.6%로 음료의 유형별 생산량<sup>1)</sup>에 비해 무기질 분석 시료 수의 비율은 탄산음료가 낮고 과채음료와 혼합음료의 비율이 높아, 이에 따른 비알콜성음료를 통한 다량무기질 섭취량 평가에 다소 오차가 발생할 수 있다. 또한 본 연구는 음료 중 미량 함유되어 있는 다량무기질의 섭취량 평가로, 음료 중 함량이 높은 당류 등의 섭취량 평가가 이루어져야 할 것이다.

## 요 약

본 연구는 단위 체중 당 비알콜성음료 섭취량이 가장 높았던 1~19세의 어린이 및 청소년을 대상으로 비알콜성음료를 통한 다량무기질의 추정식이섭취량을 산출하여 평가하고자, 음료, 액상커피 및 액상차의 다량무기질의 실측치와 제4기 국민건강영양조사 중 영양조사 (조사 1일 전 식품섭취내용, 24시간 회상법)의 섭취량을 이용하였다.

이를 위하여 어린이 및 청소년 6,082명 전체의 비알콜성음료의 평균소비자와 극단소비자의 비알콜성음료 섭취량을 파악하기위하여 평균, 95percentile 및 분포를 적용한 경우 (scenario I)와 비알콜성음료를 섭취한 어린이와 청소년 1,074명의 섭취량 평균, 95percentile 및 분포를 적용한 경우 (scenario II)로 나누어 살펴보았다.

다량무기질인 나트륨, 칼슘, 인의 위해성평가는 추정식이섭취량과 한국인 영양섭취기준의 목표섭취량 (2.0 g/day) 및 상한섭취량 (칼슘: 2,500 mg/day, 인: 3,000~3,500 mg/day)을 비교하여 %Goal, %UL값으로 위해성 평가를 하였다.

이 때 위해도 평가방법은 평균과 95th percentile을 이용하는 단일값평가와 point value를 사용하는 경우에 발생할 수 있는 불확실성을 최소화하기 위하여 각 변수의 확률밀도함수 (Probabilistic Density Functions, PDFs)를 이용한 Monte Carlo simulation을 실시하여 확률평가를 하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Scenario I의 비알콜성 음료의 평균 및 95th percentile 섭취량은 74.4 ± 2.2, 404.7 g/day로 극단섭취자는 평균섭취자에 비해 5.4배 더 많은 양을 섭취하였다. Scenario II의 평균 및 95th percentile 섭취량은 265.4 ± 5.8, 662.0 g/day로, 극단섭취자는 평균섭취자에 비해 2.5배 더 많은 양을 섭취하였다. 또한 Scenario II의 평균섭취자는 scenario I의 평균섭취자에 비해 3.6배 더 많은 양을 섭취하였으며, scenario II의 극단섭취자는 scenario I의 극단섭취자에 비해 1.6배 더 많은 양을 섭취하였다.

2) 비알콜성음료에 존재하는 다량무기질의 분포는 마그네슘을 제외하고 대부분 왼쪽으로 기울어진 분포를 나타내었다. 비알콜성음료 섭취량 분포는 scenario I에서는 대부분 Logistic 분포를 나타내었으나, scenario II 경우에는 왼쪽으로 기울어진 Max Extreme분포가 되었다.

3) Scenario I에서 확률평가한 다량무기질의 평균 EDI는 나트륨 7.93, 칼슘 10.92, 인 6.73, 칼륨 23.41, 마그네슘 1.11 mg/day였으며, 95th percentile EDI는 나트륨 28.02, 칼슘 44.86, 인 27.43, 칼륨 98.14, 마그네슘 3.87 mg/day이었다. 다량무기질은 목표섭취량이 설정되어있는 나트륨과 상한섭취량이 설정되어있는 칼슘 및 인에 대해서만 위해성 평가를 하였으며 그 결과를 살펴보면, 확률평가한 나트륨의 평균 % Goal은 0.39, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 0.43, 0.19이며, 나트륨의 95th percentile %Goal은 2.56, 칼슘 및 인의 95th percentile %UL은 각각 3.71, 1.60이었다. Scenario II에서 확률평가한 다량무기질의 평균 EDI는 나트륨 19.10, 칼슘 25.77, 인 15.83, 칼륨 56.56, 마그네슘 2.68 mg/day이었으며, 95th percentile EDI는 나트륨 62.67, 칼슘 101.95, 인 62.09, 칼륨 227.92, 마그네슘 8.67 mg/day였다. 확률평가한 나트륨의 평균 %Goal은 0.95, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 1.03, 0.45이었으며, 나트륨의 95th percentile %Goal은 3.12, 칼슘 및 인의 평균 %UL은 각각 4.08, 1.75였다.

4) 비알콜성음료 섭취를 통한 다량무기질 중 나트륨, 칼슘, 인의 노출수준은 목표섭취량과 상한섭취량을 초과하는 인

구집단은 없는 것으로 나타났으며, Scenario I·II에서 나트륨, 칼슘, 인의 평균 및 95th percentile %Goal 및 %UL은 모두 5 이내로 낮은 수준이었다.

Literature cited

- 1) Statistics Korea. Korea Statistical Information Service (KOSIS), press release (2009-08-09). Daejeon: Statistics Korea; 2009. Available from: [http://kosis.kr/abroad/abroad\\_01List.jsp?parentId=D](http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp?parentId=D)
- 2) Boulton TJ, Magarey AM, Cockington RA. Tracking of serum lipids and dietary energy, fat and calcium intake from 1 to 15 years. *Acta Paediatr* 1995; 84(9): 1050-1055
- 3) Lee JM, Park HJ, Park SM. A survey on eating behaviors of pre-school children for development snack. *Korean J Food Cult* 2003; 18(2): 151-159
- 4) Choi YS, Chang N, Joung H, Cho SH, Park HK. A study on the guideline amounts of sugar, sodium and fats in processed foods met to children's taste. *Korean J Nutr* 2008; 41(6): 561-572
- 5) World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation. WHO Technical Report Series 916. Geneva: World Health Organization; 2003
- 6) Korea Centers for Disease Control and Prevention, Ministry of Health and Welfare. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005 -Nutrition Survey-. Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2006
- 7) Food Standards Agency. Salt and health. London: Food Standards Agency; 2003
- 8) Institute of Medicine. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Washington, D.C.: National Academies Press; 2004
- 9) Kang BS, Park MS, Cho YS, Lee JW. Beverage consumption and related factors among adolescents in the Chungnam urban area. *Korean J Community Nutr* 2006; 11(4): 469-478
- 10) Song MJ, An EM, Shon HS, Kim SB, Cha YS. A study on the status of beverage consumption of the middle school students in Jeonju. *Korean J Community Nutr* 2005; 10(2): 174-182
- 11) Breslau NA, McGuire JL, Zerwekh JE, Pak CY. The role of dietary sodium on renal excretion and intestinal absorption of calcium and on vitamin D metabolism. *J Clin Endocrinol Metab* 1982; 55(2): 369-373
- 12) Avioli LV. Calcium and phosphorus. In: Shils ME, Young VR, editors. *Modern Nutrition in Health and Disease*, 7th edition. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988. p.142-158
- 13) Kim SH, Choi BY. Ca and P balance in Korean female adolescents. *Korean J Nutr* 2001; 34(4): 433-439
- 14) Jeong HK, Kim JY, Lee HS, Kim JY. The effect of dietary calcium and phosphate levels on calcium and bone metabolism in rats. *Korean J Nutr* 1997; 30(7): 813-824
- 15) Institute of Medicine. Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Washington, D.C.: National Academies Press; 1997
- 16) The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2010
- 17) Renwick AG. Needs and methods for priority setting for estimating the intake of food additives. *Food Addit Contam* 1996; 13(4): 467-475
- 18) Nutriscan Limited, Trinity College. An evaluation of the methodologies for the estimation of intakes of food additives and contaminants in the European community. Dublin: Nutriscan

- Limited; 1992
- 19) Codex Alimentarius Commission. Guidelines for simple evaluation of food additive intake. Rome: Food and Agriculture Organization; 1989
  - 20) Yoon HJ, Lee MG, Lee CH, Lee JO, Lee CW. Assessment of maximum use levels and estimation of theoretical maximum daily intake for 9 food additives in Korea by the Budget Method. *J Food Hyg Saf* 1999; 14(2): 186-194
  - 21) Yoon HJ, Park HK, Lee CH, Park SK, Park JS, Kim SH, Lee JO, Lee CW. Assessment of estimated daily intake for preservatives by maximum permitted level and national food disappearance data. *J Food Hyg Saf* 2000; 15(3): 179-185
  - 22) World Health Organization. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food: a joint publication of FAO and WHO. Dietary exposure assessment of chemicals in food. Geneva: World Health Organization; 2009. Environmental Health Criteria 240, Chapter 6
  - 23) Korea Centers for Disease Control and Prevention, Ministry of Health and Welfare. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-3). Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2009
  - 24) Kim SD, Moon HK, Park JS, Yang HR, Yi YJ, Han EJ, Lee YC, Shin GY, Kim JH, Chae YZ. The content of macrominerals in beverages, liquid teas, and liquid coffees. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012; 41(8): 1134-1143
  - 25) Kim SD, Yun ES, Chang MS, Park YA, Jung SO, Kim DG, Kim YC, Chae YZ, Kim MY. Survey of daily caffeine intakes from children's beverage consumption and the effectiveness of nutrition education. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2009; 38(6): 709-720
  - 26) Kang MH, Yoon KS. Elementary school students' amounts of sugar, sodium, and fats exposure through intake of processed food. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2009; 38(1): 52-61
  - 27) The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2010
  - 28) Vaskonen T. Dietary minerals and modification of cardiovascular risk factors. *J Nutr Biochem* 2003; 14(9): 492-506
  - 29) Maurice ES, Vernon RY. Nutrition and diet in hypertension. In: Shils ME, Young VR, editors. Modern Nutrition in Health and Disease, 7th edition. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988. p.1272
  - 30) Choi MK, Lee WY, Park JD. Relation among mineral (Ca, P, Fe, Na, K, Zn) intakes, blood pressure, and blood lipids in Korean adults. *Korean J Nutr* 2005; 38(10): 827-835
  - 31) Stamler J, Cirillo M. Dietary salt and renal stone disease. *Lancet* 1997; 349(9050): 506-507
  - 32) Morris RC, Sebastian A. Potassium-responsive hypertension. In: Laragh JH, Brenner BM, editors. Hypertension: Pathophysiology, Diagnosis, and Management, 2nd edition. New York: Raven Press; 1995
  - 33) Korea Centers for Disease Control and Prevention, Ministry of Health and Welfare. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-1). Cheongwon: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2007