

시판되는 생수 내 무기물 함량에 관한 연구

소유려 · 백병주 · 김재곤 · 양연미 · 김하나

전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소

국문초록

생수 내에는 많은 미네랄이 포함되어 있으며, 이 중 칼슘, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 불소는 생수통에 반드시 표기해야 할 무기물이다. 칼슘, 마그네슘, 불소와 같은 무기물은 치아형성에 관여하며, 적절하게 섭취시 치아우식증을 예방할 수 있다. 현행 먹는 샘물 수질기준에 따르면 무해무기물질인 칼슘과 마그네슘에 대한 기준치는 없으며, 유해무기물질인 불소와 같은 무기물은 2 mgF/L 이하로 규정하고 있다.

본 연구는 국내에서 판매되고 있는 생수 15종을 대상으로 칼슘, 마그네슘, 불소의 농도를 측정하였고, 생수 내 무기물 함량의 표기 여부 및 무기물 농도를 비교, 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 15개의 생수 중 1개의 생수를 제외하고 모두 칼슘함량을 표기하였다. 평균 칼슘농도는 34.68 ± 31.84 mg/L, 최대 128.91 ± 1.85 mg/L, 최소 2.0 ± 0.02 mg/L이었다.
2. 15개의 생수 중 2개의 생수를 제외하고 모두 마그네슘 함량을 표기하였다. 평균 마그네슘 농도는 9.22 ± 11.06 mg/L, 최대 30.43 ± 0.75 mg/L, 최소 0.0 mg/L이었다.
3. 15개의 생수 중 4개의 생수를 제외하고 모두 불소 함량을 표기하였다. 평균 불소 농도는 0.25 ± 0.33 mg/L, 최대 1.13 ± 0.04 mg/L, 최소 0.01 ± 0.03 mg/L이었다. 모두 생수는 현행 먹는 샘물 기준치인 2 mg F/L이하에는 만족시켰다.

주요어 : 생수, 불소, 칼슘, 마그네슘

I. 서 론

최근 경제적으로 윤택해지면서 생수의 소비가 팽목할 만큼 증가하였으며 이는 생수에 대한 사람들이 관심이 점차 높아 진 것을 의미한다.

생수 내에는 많은 미네랄이 포함되어 있으며, 이 중 칼슘, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 불소와 같은 무기물질 함량은 생수병에 반드시 표기해야 하는 항목이다. 현행 먹는 샘물 기준에 따르면 무해 무기물질인 칼슘과 나트륨, 칼륨, 마그네슘은 수질 기준에는 포함되어 있지 않지만, 불소와 같은 유해 무기물질은 2.0 mg/L이하로 규정되어 있다. 이에 반해 그리스나 다른 유럽 국가에서는 생수 내 칼슘, 나트륨, 알루미늄과 같은 무기물에 대한 농도 규정은 있으나, 불소 농도에 대한 규정은 하지 않고 있는 실정이다¹⁾.

미네랄 중에서 치아형성에 관련이 높은 무기물은 칼슘, 마그네슘, 불소 등이며, 이중 칼슘은 인체에 약 1,400~2,000 g정도 존재하며, 이 중 99%는 골격과 치아를 형성한다. 또한 타액 내 칼슘은 미성숙 또는 탈회 에나멜질 표면을 석회화시켜 치아우식증에 대한 감수성을 감소시키고, 완충작용을 하여 세균에 의한 에나멜의 미네랄 용해를 방해한다²⁾.

마그네슘은 체내에 20~30 mg정도 존재하며, 그 중 50~60%는 골격과 치아를 구성하며, 조상아모세포와 조법랑아세포가 석회화될 때 필요한 효소인 alkaline phosphatase의 조효소로 작용하고, 법랑질에 존재하는 칼슘에 대한 안정성을 증가시켜 치아우식을 예방한다²⁾.

불소는 필수 영양소는 아니지만, 치아맹출 전이나 맹출 후의 석회화시기에 불소를 섭취하면 법랑질, 백악질, 뼈 등에 불소이온이 수산화인회석의 수산기 이온과 치환되어서 불화인석을

교신저자 : 백 병 주

전북 전주시 덕진구 금암동 634-18 / 전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소 / 063-250-2215 / bjbaik@moak.chonbuk.ac.kr

원고접수일: 2009년 03월 12일 / 원고최종수정일: 2009년 06월 19일 / 원고채택일: 2009년 07월 08일

형성하여 탈무기질화 되는 것을 방지한다³⁾. 1878년 Magitot 등은 법랑질의 산에 의한 탈회작용 저항력은 부분적으로 법랑질내의 소량의 칼슘, 불화물 때문이라고 하였으며, 10여년후의 Chrichton과 Brown은 치아우식증은 부분적으로 불화물이 부족함으로써 발생한다고 하였다⁴⁾. 1908년 Mackay등은 만성적인 과량의 불소섭취는 치아형성과정에 치아불소증을 유발하나, 완전히 성장발육이 끝난 법랑질에서는 석회화 작용을 방해하지 않는다고 보고하였다⁵⁾.

1990년대 초 미국 Colorado주 Frederic MacKay와 G. V Black에 의해 음료수내 자연적으로 포함된 불소화합물에 의해 어린이의 치아우식증이 감소됨이 보고되었다. 이를 바탕으로 많은 역학적 조사가 이루어져 음료수내 불소와 치아우식증 감소의 관계를 확립시켰으며, 최대의 우식 예방 효과를 가지면서 부작용을 일으키지 않는 음료수내 불소 농도가 1.0 ppm이라는 결론을 얻었다⁶⁾.

유치는 생후 1년간 상당한 무기질 침착이 일어나는데 출생 직후부터 불소가 사용가능해야 최대의 보호 작용을 얻을 수 있다고 하며⁶⁾, 영구치 형성과정 중 전신적으로 불소를 사용하면 발생중인 치아와 결합하여 법랑질의 결정 구조를 향상시키고, 소와열구의 깊이를 낮게 함으로써 치아의 형태를 증진시켜준다⁷⁾. 이처럼 치아 발생 시기 동안 전신적으로 불소가 투여되면 치아 형태의 증진 및 치질 내산성을 증가시켜 치아우식증 예방효과가 나타난다.

식을 통한 불소 섭취는 생후 1년 간 매우 중요한데, 이는 체중에 비해서 상대적으로 많은 양을 섭취하며, 또한 경조직의 상당한 광화가 일어나기 때문이다⁸⁾. Fomon 등⁹⁾은 영아의 불소 섭취에 대한 문헌 고찰을 통해 영아시기 과량의 불소 섭취는 영구치에 치아불소증을 유발할 수 있다고 보고하였다. 한편 Featherstone¹⁰⁾과 Larsen 등¹¹⁾은 영아시기에 만성적으로 과량의 불소에 노출되는 경우 유치와 영구치 모두 영향을 미친다고 보고하였다. 특히, 심미적으로 중요한 상악 전치부 치아의 법랑질이 형성되는 시기인 3세 이전에 과량의 불소에 노출되지 않도록 특별히 주의할 필요가 있다고 하였다^{10,12)}. 이에 미국소아치과학회에서는 구강건강을 위해 매일 불소섭취량이 kg당 0.05-0.07 mg을 넘지 말아야 하며, 치아불소증을 예방하기 위해서는 kg당 0.1 mg의 불소섭취를 하지 말아야 한다고 보고하였다¹³⁾. 이에 저자는 실질적으로 마시는 생수내의 불소농도를 인지해야 할 필요성이 있다고 판단되어 생수 내 불소농도와 더불어 칼슘과 마그네슘의 농도를 측정하고 생수 내 무기물 함량의 표기 여부 및 무기물 농도를 비교, 검토하여 이를 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

총 15종의 시판 생수를 대상으로 하였으며, 이중 국내 생수는 10종, 해외 생수는 5종이었다. 유도결합 플라즈마 원자방출 분광 분석기(ICP-AES, Model 7500, Germany)에 표준용액을 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 50 ppm으로 희석한 뒤 검량

Table 1. Analytical condition of ICP-AES

| | |
|------------------|--|
| RF power | 1.2 Kw |
| Torch height | 15mm from inductive coil |
| Coolant gas rate | 14 L/min |
| Plasma gas rate | 1.2 L/min |
| Carrier gas rate | 0.7 L/min |
| Purge gas rate | 3.5 L/min |
| Optical system | Double grating in Czerny-turner mounting |

Table 2. Analytical condition of Ion Chromatography

| | |
|-------------|--|
| Column | IonPac AS 14A-5 μ m |
| Eluent | 0.008M Na ₂ CO ₃ / 0.008M NaHCO ₃ |
| Flow rate | 1 ml/min |
| Sample Loop | 50 μ l |
| Detector | Conductivity |
| Suppressor | AMMS III 2-mm |
| Analysis | 10min |

선을 작성하였다. 앞서 작성한 검량선에 준하여 각 표본의 칼슘 및 마그네슘을 측정하였고, ICP-AES기기로 칼슘과 마그네슘 농도를 측정할 때의 분석 조건은 Table 1와 같다.

불소농도는 이온크로마토그래피를 이용하여 측정하였고, 표준용액을 0.5 ppm, 1 ppm, 1.5 ppm을 희석하여 검량선을 작성한 뒤 IonPac AS14A칼럼을 장착한 DIONEX사 ICP-90 이온크로마토그래피로 각 표본의 불소를 측정하였다. 이온크로마토그래피로 불소 농도를 측정할 때의 분석 조건은 아래의 Table 2와 같다.

각 실험은 한 제품에 대해 5회씩 반복하였으며, 평균치, 표준편차, 유의차 등을 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 처리하였다. 생수군 간의 비교는 1-way ANOVA를 이용하였다.

III. 연구 결과

1. 생수 내 칼슘 농도

15개의 생수 중 1개의 생수를 제외하고 모두 칼슘함량을 표기하였다. 표기된 14개의 생수 중 7개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 7개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 생수 내 평균 칼슘농도는 34.68 \pm 31.84 mg/L, 최대 128.91 \pm 1.85 mg/L, 최소 2.0 \pm 0.02 mg/L이었고(Table 3), 제품 간 유의차가 있었다(p<0.05) (Table 4).

2. 생수 내 마그네슘 농도

15개의 생수 중 2개의 생수를 제외하고 모두 마그네슘 함량을 표기하였다. 표기된 13개의 생수 중 6개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 7개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 생수

Table 3. Calcium concentration of 15 bottled water

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | * | * | | | * | * | | | * | * | * | * | | * |
| 2 | * | | | | * | * | | * | | * | * | * | | * | * |
| 3 | * | | | * | * | | | * | * | | * | * | | * | * |
| 4 | | | * | | | * | * | | | * | * | * | * | * | * |
| 5 | | * | * | | | * | * | | | * | * | * | * | * | * |
| 6 | * | * | | * | * | | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 7 | * | | | * | * | * | | * | * | | * | * | | * | * |
| 8 | | * | * | | | * | * | | | * | * | * | * | * | * |
| 9 | | | | | | * | * | | | * | * | * | * | * | * |
| 10 | * | * | | * | * | * | | * | * | | * | * | | * | * |
| 11 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | | * | * | * |
| 12 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | | * | * | * |
| 13 | * | | | * | * | * | | * | * | | * | * | | * | * |
| 14 | | * | * | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * |
| 15 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

*statistically significant(P<0.05)

Table 4. The Comparison of calcium concentration between 15 bottled water

| N0. | calcium concentration(mg F/L) | Labelled content(mg F/L) |
|-----|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | 38.48 ± 0.73 | 13.2~21.1 |
| 2 | 17.21 ± 0.13 | 5.8~34.1 |
| 3 | 7.26 ± 0.33 | 6~9 |
| 4 | 23.57 ± 0.19 | 15~49.6 |
| 5 | 31.61 ± 0.23 | 21.3~45.7 |
| 6 | 2.00 ± 0.02 | 2.2~3.6 |
| 7 | 13.04 ± 0.93 | 5~20 |
| 8 | 29.10 ± 0.19 | NL |
| 9 | 23.39 ± 0.24 | 17.0~63.3 |
| 10 | 13.03 ± 0.13 | 5~20 |
| 11 | 68.67 ± 0.16 | 80 |
| 12 | 64.08 ± 0.27 | 85.3 |
| 13 | 10.89 ± 0.10 | 11 |
| 14 | 49.03 ± 0.12 | 48.2 |
| 15 | 128.91 ± 1.85 | 23.3 |

*NL, not labelled

Table 5. Magnesium concentration of 15 bottled water

| N0. | magnesium concentration(mg F/L) | Labelled content(mg F/L) |
|-----|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | 6.90 ± 0.74 | 1.66~3.32 |
| 2 | 1.18 ± 0.14 | 0.8~5.4 |
| 3 | 22.23 ± 0.10 | 20~25 |
| 4 | 1.75 ± 0.36 | 1.7~5.7 |
| 5 | 1.39 ± 0.05 | 2.5~4.34 |
| 6 | 1.28 ± 0.01 | 2.2~3.6 |
| 7 | 3.86 ± 0.16 | 3~7 |
| 8 | 5.73 ± 0.04 | NL |
| 9 | 0.00 | 0.2~3.2 |
| 10 | 3.97 ± 0.02 | 3~7 |
| 11 | 26.51 ± 0.81 | 26 |
| 12 | 28.86 ± 0.33 | 34.2 |
| 13 | 0.00 | 1 |
| 14 | 30.43 ± 0.73 | 29.4 |
| 15 | 4.25 ± 0.45 | NL |

*NL, not labelled

Table 6. The Comparison of magnesium concentration between 15 bottled water

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * | * |
| 2 | * | | * | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 3 | * | * | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 4 | * | | * | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 5 | * | | * | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 6 | * | | * | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 7 | * | * | * | * | * | * | | | * | * | * | * | * | * | * |
| 8 | | * | * | * | * | * | | | * | * | * | * | * | * | * |
| 9 | * | * | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * |
| 10 | * | * | * | * | * | * | | | * | * | * | * | * | * | * |
| 11 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 12 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 13 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 14 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 15 | | * | * | * | * | * | | | * | * | * | * | * | * | * |

*statistically significant (P<0.05)

내 평균 마그네슘 농도는 9.22 ± 11.06 mg/L, 최대 30.43 ± 0.75 mg/L, 최소 0.0 mg/L이었고(Table 5), 제품 간 유의차가 있었다(Table 6).

3. 생수 내 불소 농도

15개의 생수 중 4개의 생수를 제외하고 모두 불소 함량을 표기하였다. 표기된 11개의 생수 중 9개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 3개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 생수 내 평균 불소 농도는 0.25 ± 0.33 mg/L, 최대 1.13 ± 0.04 mg/L, 최소 0.01 ± 0.03 mg/L이었고(Table 7), 제품 간 유의차가 있었다(Table 8).

Table 7. Fluoride concentration of 15 bottled water

| N0. | fluoride concentration(mg F/L) | Labelled content(mg F/L) |
|-----|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.22 ± 0.07 | 0.07~0.25 |
| 2 | 0.18 ± 0.08 | 0~1.2 |
| 3 | 0.02 ± 0.04 | NL |
| 4 | 0.09 ± 0.05 | 0.0~0.6 |
| 5 | 0.89 ± 0.17 | 0.5~1.0 |
| 6 | 0.07 ± 0.06 | NL |
| 7 | 0.09 ± 0.05 | 0~1 |
| 8 | 0.46 ± 0.03 | NL |
| 9 | 1.13 ± 0.04 | 0.6~1.9 |
| 10 | 0.75 ± 0.74 | 0~1 |
| 11 | 0.07 ± 0.06 | <0.2 |
| 12 | 0.31 ± 0.03 | <0.5 |
| 13 | 0.01 ± 0.03 | 0.1 |
| 14 | 0.04 ± 0.06 | 0.06 |
| 15 | 0.13 ± 0.33 | NL |

*NL, not labelled

Ⅳ. 총괄 및 고찰

대부분 지하 암반수층을 이용한 수질을 포장해서 판매하는 생수는 다른 물과 달리 풍부한 광물질을 함유하고 있다. 그런 의미에서 볼 때 우리 인체에 없어서는 안 될 필수 미량물질을 많이 함유된 물을 식음하는 것이 생리학적 면에서 좋다고 생각된다.

다량 원소인 칼슘은 인, 마그네슘과 더불어 뼈와 치아의 구성 성분으로 연령에 따른 일일 권장량은 약 200~900mg이다. 우리나라의 식생활을 고려할 때 일일 칼슘섭취는 부족한 실정이므로 칼슘의 섭취에 신경을 기울여야 하는 항목으로 알려져 있다. 부적절한 칼슘 섭취는 치아 구조보다는 골 질량에 더 영향을 주며, 치아 형성기나 성숙기에 칼슘 섭취가 부족하면 치아우식증 발생이 증가된다. 그러나 치아 형성 후에는 식이로부터 칼슘 결핍은 치아우식증 발생에 영향을 주지는 않는다¹⁴⁾.

소량 원소인 마그네슘은 인의 대사에 관계하는 효소를 활성화시켜 뼈와 치아의 형성 및 유지에 커다란 역할을 하며, 일일 권장량은 칼슘 섭취량의 반으로도 충분하다. 마그네슘의 결핍은 법랑아세포와 상아모세포에 영향을 미쳐 법랑질과 상아질의 과형성을 초래하며, 치조골 형성의 감소, 치주인대의 확장, 치은비대 등이 동반된다¹⁴⁾. 칼슘, 마그네슘의 함유량은 물의 경도를 나타내는 것으로 먹는 물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급되고 있으나, 단일 원소로는 항목에 포함되어 있지 않다¹⁵⁾. 생수의 경도는 물 속의 칼슘 및 마그네슘이온의 양을 이것에 대응하는 CaCO₃ ppm으로 환산하여 나타낸 것으로 0~75ppm은 연수, 75~150 ppm은 비교적 약한 경수, 150~300 ppm을 경수, 300 ppm 이상은 강한 경수로 판단되며, 현행 먹는 물 수질기준에 따르면 경도는 500mg/L를 넘지 아니한 것으로 규정하고 있다. 인체에 미치는 영향에 대한 영국의 Morris 등과 스웨덴의 Blorek 등은 수도물 중의 총경도가 변성심질환 사망률과의 사이에 역상관이 있다고 하였으며, 미국의 Schroeder는

Table 8. The Comparison of fluoride concentration between 15 bottled water

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | * | | * | | | * | * | | | | * | * | |
| 2 | | | * | | * | | | * | * | | | | * | | |
| 3 | * | * | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 4 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 5 | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 6 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 7 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 8 | * | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * |
| 9 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 10 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 11 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 12 | | | * | * | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * |
| 13 | * | * | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 14 | * | | | | * | | | * | * | | | * | | | |
| 15 | | | | | * | | | * | * | | | * | | | |

*statistically significant (P<0.05)

수돗물 중의 마그네슘, 칼슘, 중탄산염, 유화물, 불화물 함량이 많을수록 순환기 질환 특히 관상동맥질환 사망률이 낮아진다고 하였다¹⁶⁾. 본 연구에서는 경도를 조사하지 않았으나, 칼슘과 마그네슘을 측정된 결과 각각 평균치는 34.68 ± 31.84 mg/L 및 9.22 ± 11.06 mg/L이었다. 이는 최¹⁷⁾가 생수를 이용하여 조사한 칼슘 및 마그네슘의 평균치인 14.7 ± 10.7 mg/L, 3.25 ± 2.54 mg/L와 비교하면 높은 수치였다. 그러나 생수를 통하여 섭취한 칼슘과 마그네슘의 양은 매우 적으며, 따라서 다른 식품을 통하여 추가적인 보충이 필요하다고 생각된다.

유해 무기물질로 분류되는 불소는 영구치가 형성되는 성장기인 9세 이하의 어린이가 1 mg/L 이상 함유한 물을 마시면 치아불소증이 발생하지만 1 mg/L 정도 함유한 물을 항상 마시면 오히려 충치 예방효과가 있는 것으로 알려져 있다. 불소는 유해 무기물로 현행 먹는 샘물 수질 검사 기준은 2.0 mg/L 이하로 규정하고 있다. 본 연구의 조사결과에서 평균 불소 농도는 0.25 ± 0.33 mg/L, 최대 1.13 ± 0.04 mg/L, 최소 0.01 ± 0.03 mg/L이었다. 이는 최¹⁷⁾가 생수를 이용하여 조사한 평균 불소 농도인 0.16 ± 0.16 mg/L와 비교하면 다소 높게 나타났으며, 김 등¹⁸⁾이 조사한 평균 불소 농도인 0.71 ± 0.68 mg/L와 비교하면 낮게 나타났다. 그러나 모든 생수들은 현행 먹는 샘물 수질 기준치를 만족시켰다.

이번 실험에서 제조회사가 제시한 농도와 측정된 농도간의 차이를 보였다. 칼슘과 같은 경우 표기된 14개의 생수 중 7개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 7개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 마그네슘의 경우 표기된 13개의 생수 중 6개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 7개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 불소의 경우 표기된 11개의 생수 중 9개에서는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되었으며, 나머지 3개의 생수는 제조회사가 제시한 범위 내에 포함되지 않거나 일치하지 않았다. 이러한 차이가 생긴 가능성을 생각해 보면, 첫째, 측정된 기기의 정확도와 둘째, 정기적인 원수에 대한 수질 검사가 이루어지지 않았을 가능성과 셋째, 제품용수 처리 공정을 제대로 따르지 않았을 가능성을 생각해 볼 수 있다. Anna Enno¹⁹⁾은 금속 용기와 유리 용기에 따른 불소 농도 변화를 측정된 결과, 금속 용기의 경우 원 불소의 30%가 감소하였다고 보고하였고, M. J. Larsen²⁰⁾은 식수 내 불소의 농도의 시간에 따른 기복성에 대해 유럽 및 아프리카의 광범위한 지역을 대상으로 연구를 시행하였는데, 기후 및 다른 국소적 인자로 인해 많은 변동을 보였음을 보고하였다. 이러한 변동이 무시할 정도라는 가정 하에 실제로 많은 연구들이 행해졌으며, 저자의 연구도 그러한 점을 고려하지 못했다. 좀 더 시간적, 공간적 간격을 두고 대상을 수집하지 못하였으며, 차후 광범위하고 집중적인 연구가 더 필요하리라 생각된다.

섭취된 불소는 체내에 흡수되어 경조직에 저장되거나 신장을 통해 소변 또는 대변으로 배설된다²¹⁾. Ekstrand 등²²⁾은 생후

37-410일 이하의 영아에게 0.25 mg이상의 불소가 공급된 경우 배설되지 않고 신체 내에 남아있는 비율이 무려 80%라고 보고하였다. 또한 Fomon과 Ekstrand²³⁾는 흡수된 불소의 보유율이 어른에 비해 영아에서 특히 높았는데, 그 이유는 생애 초기에는 신장의 노폐물 제거 능력이 어른에 비해 떨어지는데 비해서 상대적으로 경조직에 불소가 많이 침착될 수 있기 때문일 것이라고 하였다. 또한 동물실험의 경우 미량의 불소에 지속적으로 노출되는 경우가 고농도의 불소에 간헐적으로 노출된 경우에 비해 치아불소증의 위험이 증가한다고 보고되었다²⁴⁾.

치아불소증과 불소섭취에 관한 선행 연구를 살펴보면, Wiatrowski 등²⁵⁾은 영아의 체중 당 매일 섭취하고 있는 불소식음량에 대한 연구에서 적정 불소식음량은 0.07~0.16 mg/kg/day라고 주장하였고, Heilman 등²⁶⁾은 0.05~0.07 mg/kg/day라고 보고하였다. Farkas와 Farkas²⁷⁾은 12세 이하 어린이에서 심미적으로 문제가 되는 치아불소증을 피할 수 있는 안전한 섭취량은 0.05~0.07 mg/kg/day이고, 0.10 mg/kg/day 이상의 불소가 치아의 석회화 시기인 생후 8년간 장기간 공급될 경우에는 경미도 이상의 치아불소증을 유발할 수 있다고 보고하였다. 최근 Hong 등²⁸⁾의 생후 4년간 불소섭취량과 상악 전치부 치아불소증과의 관련성에 대한 연구에 의하면 치아불소증에 대해서 안전하다고 여겨지는 불소섭취량의 범위는 0.04~0.057 mg/kg이며, 생후 2년간은 심미적으로 가장 중요한 부위인 상악 전치부 치아불소증이 일어날 수 있는 가능성이 가장 높은 시기라고 주장하였다. 미국의약협회의회(Institute of Medicine)에서는 6개월 이하의 영아에서 치아불소증을 포함한 인체 부작용을 일으키지 않는 안전한 불소섭취 범위는 모유의 불소농도를 기준으로 0.001~0.003 mg/kg/day이고, 대부분의 영아들에게 심미적으로 치아불소증에 대한 안전한 불소섭취량(tolerable upper intake level)은 0.7 mg/day이며²⁾, 이를 체중 당 환산할 경우 0.1 mg/kg/day라고 보고한 바 있다. 한편, Burt²⁹⁾는 불소섭취량과 치아불소증에 대한 다양한 선행 연구를 검토한 결과 치아불소증에 안전한 불소섭취량은 0.05~0.07 mg/kg/day라고 결론을 내렸다. 이러한 여러 선행 연구들을 살펴볼 때, 심미적으로 문제가 되지 않는 범위 내에서 치아불소증을 일으키지 않는 안전한 불소섭취 범위는 0.05~0.07 mg/kg/day이라고 생각된다.

우리 나라 아동 표준체중과 불소필요량(0.05-0.07 mg F/Kg body weight)을 계산하였는데, 생후 7일에서 1년까지 체중 당 150 ml 정도의 Fluid를 섭취하며³⁰⁾, 영아의 경우 대부분을 분유나 모유를 섭취한다고 가정하면 적당한 양의 불소농도는 0.33-0.47 ppm정도이며, 0.67 ppm이상이면 체중 당 0.1 mg이상의 불소를 섭취한다고 하였다¹⁸⁾. 나이와 연관되어 추천되는 불소 섭취량을 살펴보면 Table 9와 같다. Howat와 Nunn³¹⁾과 Tinanoff와 Mueller⁸⁾는 각종 분유를 각기 증류수와 불소화된 물로 희석하여 그 불소농도를 보고했고, Ericsson과 Rebelius³²⁾는 각기 다른 농도의 불소를 함유한 물로 희석했을 때의 농도를 보고하였으며, 분유를 먹는 경우 분유를 희석할 때

Table 9. Age related recommended fluoride intake(mg) calculated by body weight

| Age (months) | weight (Kg) | 0.05 mg F/Kg | 0.07 mg F/Kg | Fluid intake(ml) |
|--------------|-------------|--------------|--------------|------------------|
| at birth | 3.32 | 0.17 | 0.23 | 498 |
| 1 | 5.02 | 0.25 | 0.35 | 753 |
| 2 | 6.02 | 0.30 | 0.42 | 903 |
| 3 | 6.85 | 0.34 | 0.48 | 1028 |
| 4 | 7.39 | 0.37 | 0.52 | 1108 |
| 5 | 7.83 | 0.39 | 0.55 | 1174 |
| 6 | 8.17 | 0.41 | 0.57 | 1225 |
| 7 | 8.46 | 0.42 | 0.59 | 1268 |
| 8 | 8.77 | 0.44 | 0.61 | 1315 |
| 9 | 9.01 | 0.45 | 0.63 | 1351 |
| 10 | 9.40 | 0.47 | 0.66 | 1409 |
| 11 | 9.69 | 0.48 | 0.68 | 1453 |
| 12 | 9.88 | 0.49 | 0.69 | 1481 |

사용되는 물의 불소농도에 따라 불소농도가 달라지는데 불소농도가 높은 물이 사용되면 체중 당 불소 섭취량이 높고, 이는 특히 체중 당 분유 섭취량이 높은 출생 초기에 더욱 그러하다고 하였다³³⁾. 상수도수 불화지역에서 조제분유를 관급수로 희석한 경우 대부분이 0.8 ppm 이상으로 0.67 ppm보다 높다고 할 수 있고 상수도수 불소화가 이루어지지 않은 지역에서 불소농도가 높은 생수로 분유를 희석했을 때에도 마찬가지로 할 수 있다. 이처럼 본 연구에서 최고 불소농도(1.13±0.04 mg/L)를 보인 생수는 관급수 이상의 불소를 함유하고 있기 때문에 이를 이용하여 분유를 희석했을 때 과량의 불소를 섭취를 하게 된다. Ekstrand 등³⁴⁾은 모유나 분유등과 같이 불소를 섭취했을 때 90% 이상이 흡수되었다고 보고하였으나, Spak 등³⁵⁾은 65~72% 정도의 생체이용율을 보고하였다. 섭취한 불소가 전부 다 흡수되지는 않지만, 성인에 비해 불소 배출 기능이 떨어진 영아에서는 상대적으로 경조직에 불소가 많이 침착이 될 수 있다는 점을 고려하여 부모들은 불소농도가 낮은 생수들을 이용하여 분유를 희석시켜 주는 것이 바람직하리라 여겨진다. 이에 부모님들은 실질적으로 아이들이 마시는 생수내의 불소농도를 인지해야 함이 반드시 필요하다고 하겠다. 이를 위해 생수제조회사는 수원지를 바꿀 때마다, 또 적어도 계절마다 불소농도를 측정하여 정확한 불소함량을 표기하는 것이 바람직하리라 여겨진다.

본 연구에서 생수의 칼슘 및 마그네슘, 불소 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 특히 불소와 같은 유해무기물질은 적정 농도에서 분명 효과적인 우식예방 물질임에는 틀림이 없으나, 과량 섭취한 경우 치아불소증과 같은 부작용이 나타날 수 있다. 특히 불소함량이 높은 생수를 이용하여 분유를 희석할 경우 아이들은 권장치 이상의 불소를 섭취하게 되지만, 이것이 반드시 치아불소증과 같은 불소 부작용을 유발시킨다고는 볼 수 없으며, 향후 다양한 생수 내의 불소농도와 그것의 생체이용률 및 치아불소증 발생등 불소섭취 평가에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

저자는 국내에서 판매되고 있는 생수 15종을 대상으로 ICP-AES를 이용하여 칼슘과 마그네슘을 측정하였고, 이온크로마토그래피를 이용하여 불소를 측정하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시판되는 15개의 생수 평균 칼슘농도는 34.68±31.84 mg/L, 최대 128.91±1.85 mg/L, 최소 2.0±0.02 mg/L이었다. 생수 내 칼슘농도는 제품 간 유의차가 있었다(P<0.05).
2. 15개의 생수 평균 마그네슘 농도는 9.22±11.06 mg/L, 최대 30.43±0.75 mg/L, 최소 0.0 mg/L이었다. 생수 내 마그네슘 농도는 제품 간 유의차가 있었다(P<0.05).
3. 15개의 생수 평균 불소 농도는 0.25±0.33 mg/L, 최대 1.13±0.04 mg/L, 최소 0.01±0.03 mg/L이었다. 생수 내 불소 농도는 제품 간 유의차가 있었으며(P<0.05), 현행 먹는 샘물 수질기준치인 2 mgF/L이하에 대한 조건을 만족시켰다.

참고문헌

1. Zohouri FV, Maguire A, Moynihan PJ : Fluoride content of still bottled waters available in the North-East of England, UK. *British Dental Journal*, 195:515-518, 2003.
2. National Research Council Study Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intake : Dietary Reference Intakes for Calcium, phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. National Academy Press, 288-313, 1997.
3. Center for Disease Control(CDC) : Public Health Service report on fluoride benefits and risk. 266:1061-1062, 1066-1067, 1991.
4. 김인숙, 오정숙, 이은숙 등 : 치과영양학(제4판). Komoon-sa Medical Science, 140-141, 2006.
5. 예방치학연구회 : 현대예방치학(제2판). 군자출판사, 175-177, 2008.
6. Marthaler TM : The value of caries prevention of other methods of increasing fluoride ingestion, apart from fluoridated water. *Int Dent J*, 17: 606-618, 1967.
7. Aasenden R, Peebles IC : Effects of fluoride supplementation from birth on human deciduous and permanent teeth. *Arch. Oral Biol*, 19:321-326, 1974.
8. Tinanoff N, Mueller B : Fluoride content in milk and formula for infant. *J Dent Child*, 46:53-55, 1978.
9. Fomon Sj, Ekstrand J, Ziegler EF : Fluoride intake

- and prevalence of dental fluorosis: trends in fluoride intake with special attention to infant. *J Public Health Dent*, 60:131-139, 2000.
10. Featherstone JDB : The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc*, 131:887-899, 2000.
 11. Larsen MJ, Senderovitz F, Kirkegaard E, et al. : Dental fluorosis in the primary and permanent dentition in fluoridated areas with consumption of either powdered milk or natural cow's milk. *J Dent Res*, 67:822-825, 1988.
 12. Myers HM : Fluorides and dental fluorosis. *Monogr Oral Sci*, 1:1-74, 1978.
 13. Silverstone LM : The caries preventive regimen. *Dent Update*, 5: 41-48, 1978.
 14. 김인숙, 오정숙, 이은숙 등 : 치과영양학(제4판). Komoon-sa Medical Science, 81-83, 2006.
 15. 이성호, 송희봉, 조찬래 : 국내 시판샘물의 수질특성에 관한 연구. *J of KSEE*, 14: 2119-2128, 2002.
 16. 김두희 : 보건학 총론. 학문사, 581-586, 1987.
 17. 최한영 : 먹는 샘물의 위생학적 연구. Junior College, 15:81-98, 1995.
 18. 김정옥, 김종철, 손동수 : 각종 분유내의 불소 농도와 영아 불소 섭취에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 22:1-14, 1995.
 19. Anna Enno : Fluoride content of prepackaged fruit juices and carbonated soft drink. *Med. J Aust*, 2:340-342, 1976.
 20. Larsen MJ : Fluctuation of fluoride concentration in drinking water : a collaborative study. *International Dental Journal*, 39:140-146, 1989.
 21. Ekstrand J, Ziegler EE, Nelson SE, et al. : Absorption and retention of dietary and supplemental fluoride by infant. *Adv Dent Res*, 8:175-180, 1994.
 22. Ekstrand J, Fomon SJ, Ziegler EE, et al. : Fluoride pharmacokinetics in infancy. *Pediatr Res*, 35:157-163, 1994.
 23. Fomon SJ, Ekstrand J : Fluoride and dental fluorosis. *Monogr Oral Sci*, 7:1-74, 1978.
 24. Angmar MB, Whitford GM : Plasma fluoride levels and enamel fluorosis in the rat. *Caries Res*, 16:334-339, 1982.
 25. Wiatrowski E, Kramer L, Osis D, et al. : Dietary Fluoride intake on infants. *Pediatrics*, 55:517-522, 1975.
 26. Heilman JR, Kiritsy MC, Levy SM, et al. : Fluoride concentration of infant foods. *J Am Dent Assoc*, 128:857-863, 1997.
 27. Farkas CS, Farkas EJ : Potential effect of food processing on the fluoride content of infant foods. *Sci Total Environ*, 2:399-405, 1974.
 28. Hong L, Levy SM, Broffitt B, et al. : Timing of fluoride intake in relation to development of fluorosis on maxillary central incisor. *Community Dent Oral Epidemiol*, 34:299-309, 2006.
 29. Burt BA : The changing patterns of systemic fluoride intake. *J Dent Res*, 71:1228-1237, 1992.
 30. Valman HB : The first year of life : feeding and feeding problem. *Brit Med J*, 280:457-460, 1980.
 31. Howat AP, Nunn JH : Fluoride levels in milk formulations. *Birt Dent J*, 150:276-278, 1981.
 32. Ericsson Y, Rebelius U : Wide variations of fluoride supply to infants and their effect. *Caries Res*, 5: 78-88, 1971.
 33. Ekstrand J : Fluoride intake in early infancy. *J Nutr*, 119: 1856-1860, 1989.
 34. Ekstrand J, Hardell LI, Spak CJ : Fluoride balance studies on infants in a 1-ppm-water-fluoride area. *Caries Res*, 18:87-92, 1984.
 35. Spak CJ, Ekstrand J, Zylberstein D : Bioavailability of fluoride added to baby formula and milk. *Caries Res*, 16:249-256, 1982.

Abstract

THE STUDY FOR THE MINERAL CONTENTS OF BOTTLED WATER

Yu-Ryeo So, Byeoug-Ju Baik, Jae-Gon Kim, Yeon-Mi Yang, Ha-Na Kim

Department of Pediatric Dentistry and Oral Bioscience, School of Dentistry, Chonbuk National University

Drinking water has lots of minerals, especially calcium, sodium, kalium, magnesium, and fluoride must be labelled on the bottle about their contents. Minerals like calcium, magnesium, and fluoride have influence to the tooth development. Appropriately taking some minerals, dental caries can be prevented somewhat degree. There is no guide line about innocuous minerals like calcium and magnesium, however, noxious mineral like fluoride, should be contained less than 2 mgF/L according to the current drinking water standard.

Hereupon, it is necessary to recognize the concentration of fluoride in drinking water, so I studied 15 samples of domestic drinking water on sale about the concentration of calcium and magnesium, fluoride. The results obtained were as follows :

1. 14 drinking waters in 15 samples showed various Ca concentration. The average Ca concentration is 34.68 ± 31.84 mg/L, the highest is 128.91 ± 1.85 mg/L and the lowest is 2.0 ± 0.02 mg/L.
2. 13 drinking waters in 15 samples indicate the Mg concentration. The average concentration is 9.22 ± 11.06 mg/L, the highest is 30.43 ± 0.75 mg/L and the lowest is 0.0 mg/L.
3. 11 drinking waters in 15 samples indicate the F concentration. The average concentration is 0.25 ± 0.33 mg/L, the highest is 1.13 ± 0.04 mg/L and the lowest is 0.01 ± 0.03 mg/L. All samples are satisfied the current drinking water standard, 2 mg F/L.

Key words : Bottled water, Fluoride, Calcium, Magnesium