

6개월 이하 한국 영아의
국내시판 분유와 이유식을 통한
불소섭취량 추정

Estimation of daily-fluoride intake of
6 month old or younger infants from
commercialized powdered-milk and babyfood in Korea.

연세대학교 대학원

치 의 학 과

노 희 진

6개월 이하 한국 영아의
국내시판 분유와 이유식을 통한
불소섭취량 추정

Estimation of daily-fluoride intake of
6 month old or younger infants from
commercialized powdered-milk and babyfood in Korea.

연세대학교 대학원

치 의 학 과

노 희 진

6개월 이하 한국 영아의
국내시판 분유와 이유식을 통한
불소섭취량 추정

Estimation of daily-fluoride intake of
6 month old or younger infants from
commercialized powdered-milk and babyfood in Korea.

지도 권 호 근 교수

이 논문을 박사 학위논문으로 제출함

2005년 12 월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

노 희 진

노희진의 박사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2005년 12월 일

감사의 글

이 논문은 저 보다 제 주변에 계신 여러 분들의 도움과 희생이 있었기에 완성이 가능했습니다. 부족한 논문이지만 학위를 마칠 수 있도록 도와주신 여러분들께 머리 숙여 감사드립니다.

우선 예방치과에서 박사과정 하는 동안 늘 따뜻하게 대해주시고 격려해 주셨던 주임교수이신 권호근교수님, 학과일로 바쁘신 가운데 친정오빠처럼 챙겨주시고 배려해 주신 정원균교수님, 논문이 완성되기까지 논문을 저보다 더 꼼꼼히 읽어보시고 지도해 주신 홍석진교수님, 늘 편안한 지지자이자 버팀목이 되어주신 조영식교수님, 논문 시작부터 마무리할 때 까지 부족한 저를 지도해 주시고 함께 고민해 주신 김백일 교수님 감사합니다. 미국에서 공부할 수 있는 기회로 저에게 희망을 주시어 논문에 더욱 전념할 수 있도록 도와주신 손우성교수님 감사합니다. 실험 시작단계에서부터 저와 함께 준비하고 많이 도와준 김해선 선생님, 통계를 도와준 임아경 선생님, 항상 좋은 친구가 되어준 유자혜 선생님, 귀찮은 일들을 챙겨주었던 김민영, 정승화 선생님 감사합니다. 논문 쓰는 내내 마음써주고 걱정을 함께 해 주었던 치위생학과 김영남, 장선옥, 전현선, 최용금 선생님 감사합니다.

학위과정 내내 자식노릇 소홀히 한 저를 오히려 걱정해 주시고 도와주신 양가 부모님께 감사드립니다. 부족한 저를 아직도 후배인양 챙겨주는 남편과 늦깎이 공부를 하는 엄마를 둔 덕에 나이보다 어른스럽게 자라버린 우리 사랑스런 딸 한결이 사랑합니다. 제 공부하느라 제대로 돌봐주지 못한 아쉬움이 남는 우리 치위생학과 후배이자 제자들 에게도 사랑과 감사의 마음을 전합니다.

미처 감사의 말씀을 일일이 전하지 못했지만 주변의 모든 분들이 도와주시어 논문이 완성되었고 학위를 마칠 수 있었습니다. 앞으로도 성실한 모습 보여드리는 것이 여러분의 사랑에 보답하는 길이라 생각하고 생활하겠습니다. 감사합니다.

2005년 12월

노희진 올림

차 례

그림 및 표 차례	iii
국문 요약	v
I. 서론	1
1. 연구 배경 및 의의	1
2. 연구의 목적	5
II. 실험대상 및 방법	6
1. 실험 대상	6
가. 분유	6
나. 분말형 이유식	7
2. 실험 방법	8
가. 분유 및 분말형 이유식의 불소농도 측정	8
나. 월령별 영아의 일일 불소섭취량 조사	10
다. 체중별 영아의 일일불소섭취량 조사	11
라. 통계 분석 방법	11
III. 연구결과	12
1. 영아용 분유 및 분말형 이유식의 함량	12
가. 3개월 영아용 분유의 불소함량	13
나. 6개월 영아용 분유의 불소함량	14
다. 6개월 영아용 분말형 이유식의 불소함량	15
2. 증류수로 혼합한 영아용 분유 및 분말형 이유식의 불소농도	16
가. 3개월 영아용 분유의 불소농도	17
나. 6개월 영아용 분유의 불소농도	18
다. 6개월 영아용 분말형 이유식의 불소농도	19

3. 우리나라 영아의 일일불소 섭취량 추정	20
가. 3개월 영아용 분유 섭취 시 일일 불소섭취량 추정	21
나. 6개월 영아용 분유 섭취 시 일일 불소섭취량 추정	22
다. 6개월 영아용 분말형 이유식 섭취 시 일일 불소섭취량 추정	24
4. 우리나라 영아의 체중 당 불소섭취량 추정	26
가. 3개월 영아용 분유 섭취 시 체중 당 불소섭취량	27
나. 6개월 영아용 분유 섭취 시 체중 당 불소섭취량 추정	28
다. 6개월 영아용 분말형 이유식 섭취 시 체중 당 불소섭취량 추정	30
IV. 고찰	31
1. 실험 방법에 대한 고찰	31
가. 변형된 미세확산법	31
2. 실험 결과에 대한 고찰	33
가. 분유 및 분말형 이유식으로 인한 불소 섭취량	33
나. 외국 분유 및 분말형 이유식으로 인한 불소 섭취량의 비교	35
다. 불화된 물에 의한 불소섭취량	36
라. 제조사와 상품 별 분유와 분말형 이유식 불소함량의 차이	39
마. 연구의 한계	41
V. 결론	42
참고문헌	44
영문요약	52
부록	55

그림 및 표 차례

Figure 1. Fluoride analysis for powdered milk and powdered baby food	9
Figure 2. Teflon vessel	10
Table 1. Samples of powdered milk	6
Table 2. Samples of powdered babyfood	7
Table 3. Fluoride content of powdered milks and powdered baby foods	12
Table 4. Fluoride content of powdered milk for 3 month old infant	13
Table 5. Fluoride content of powdered milk for 6 month old infant	14
Table 6. Fluoride content of baby food for 6 month old infant	15
Table 7. Fluoride concentration of powdered milks and powdered baby foods	16
Table 8. Fluoride concentration of powdered milk for 3 month old infant ...	17
Table 9. Fluoride content of powdered milk for 6 month old infant	18
Table 10. Fluoride concentration of baby food for 6 month old infant	19
Table 11. Daily fluoride intake by powdered milks and powdered baby foods	20
Table 12. Estimated daily fluoride intakes from powdered milks for 3 month old infant	22
Table 13. Estimated daily fluoride intakes from powdered milks for 6 month old infant	23
Table 14. Estimated fluoride intakes from powdered baby food for 6 month old infant	25
Table 15. Fluoride intake of powdered milks and powdered baby foods by weight	26
Table 16. Estimated fluoride intakes for 3 month old infant by weight	28

Table 17. Estimated fluoride intakes from powdered milks for 6 month old infant by weight	29
Table 18. Estimated fluoride intakes from powdered baby food for 6 month old infant by weight	30
Table 19. ADA/CDT Guidelines for pediatric supplement dosage(1994)	34
Table 20. Estimation of daily fluoride intake from powdered milk and powdered baby food (per a kilogram of weight)	38
Table 21. Fluoride content of powdered milk and powdered baby food by manufacturer	39
Table 22. Fluoride content difference among products of same manufacturer ..	40
Table 23. Chronology of Development of the Human Dentition	55

국문요약

국내시판 분유와 분말이유식에 의한 6개월 이하 한국 영아의 불소섭취량 추정

본 연구는 2005년 현재 우리나라 6개월 이하 영아의 불소섭취량을 알아보고 그 적절성을 평가하기 위하여 우리나라에서 시판되고 있는 분유 및 분말이유식의 불소농도를 알아보고자 하였다. 이를 위해 현재 우리나라 제조회사에서 상품화되어 판매되고 있는 0-6개월 영아용 분유 20종과 분말이유식 8종의 불소함량을 HMDS를 이용한 변형된 미세확산법과 불소 전극봉을 이용하여 알아보았다. 결과는 다음과 같았다.

1. 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식에 함유된 불소농도는 각각 $0.74 \pm 0.55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $0.76 \pm 0.65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 이었다.

2. 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식을 제조상품별 권장 희석방법에 따라 희석하였을 때 희석분유 및 분말이유식의 불소농도는 각각 $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 이었다.

3. 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식의 일일 불소섭취량은 증류수로 희석하였을 때 $0.09 \pm 0.07 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, $0.45 \pm 0.62 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$ 로 추정되었다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때에는 각각 $0.75 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, $0.79 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, $0.83 \pm 0.70 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$ 로 추정되었다.

4. 우리나라 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식을 통한 체중 당 불소섭취량은 증류수로 희석하였을 때 $0.02 \pm 0.01 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

day⁻¹, 0.01 ± 0.01 mg·kg⁻¹·day⁻¹, 0.06 ± 0.08 mg·kg⁻¹·day⁻¹ 로 추정된다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 각각 0.13 ± 0.02 mg·kg⁻¹·day⁻¹, 0.10 ± 0.01 mg·kg⁻¹·day⁻¹, 0.11 ± 0.10 mg·kg⁻¹·day⁻¹ 로 추정되었다.

5. 이상의 결과로 우리나라에서 제조 판매되는 6개월 이하 영아의 분유 및 분말 이유식을 제조사의 권장 방법에 따라 희석하였을 때 희석 분유 및 분말 이유식의 불소농도가 0.3 ppm이상으로 조사된 제품은 3개월 영아용 분유 12 제품 중에는 없었고, 6개월 영아용 분유 12종 중 1개 제품이 0.33 μg·ml⁻¹으로 적정 범위를 초과하였다. 또, 6개월 영아용 분말 이유식 8종 중 3종에서 0.3 ppm이상의 불소농도를 갖는 것으로 조사되었는데 각각 2.13 μg·ml⁻¹, 2.02 μg·ml⁻¹, 0.61 μg·ml⁻¹ 이었다.

6. 체중 당 불소섭취량은 불소가 포함되지 않은 물로 희석할 경우 6개월 분말형 이유식 8종 중 2종에서 각각 0.13 mg·kg⁻¹·day⁻¹, 0.22 mg·kg⁻¹·day⁻¹으로 체중 당 권장량인 0.05–0.07 mg·kg⁻¹·day⁻¹을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 분유를 희석하는 경우 3개월과 6개월 용 모든 분유에서 체중 당 권장량을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었으며 분말형 이유식 중 4종에서 체중 당 권장량을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었다.

본 연구를 통하여 우리나라에서 제조 판매되는 6개월 이하 영아의 분유 및 분말이유식의 불소농도는 대부분 적정범위이지만 일부 이를 초과하는 제품들이 있음이 확인되었다. 따라서 분유 및 분말이유식의 불소농도가 제조과정에서 고려되어야 할 것으로 보인다. 또한 영아의 분유 및 분말 이유식을 희석할 때 불소가 함유되지 않은 물을 이용하는 것이 바람직 할 것이다.

핵심되는 말: 분유, 불소, 영유아, 이유식, 치아불소증

6개월 이하 한국 영아의 국내시판 분유와 이유식을 통한 불소섭취량 추정

<지도교수 권호근>

연세대학교 대학원 치의학과

노 희 진

I. 서론

1. 연구의 배경 및 의의

치아 형성과정 중 적절한 불소의 섭취는 발생중인 치아와 결합하여 법랑질의 결정 구조를 향상시키고, 소와열구의 깊이를 낮게 함으로써 치아우식증을 예방할 수 있고 초기탈회 치면을 재석회화 한다. 그러나 과량의 불소를 급격히 섭취하거나, 소량의 불소를 만성적으로 섭취하는 경우, 급성 위장/신장 장애, 치아와 골격의 불소과다증, 사망과 같은 다양한 부작용을 일으킨다. 체내 흡수된 불소는 신장을 통해 노와 함께 체외로 배설되거나 체내 광화된 조직에 저장된다. 성인의 경우 매일 섭취한 불소량의 50%, 소아의 경우 30%정도가 소변을 통해 체외로 배출되는 것으로 추정된다 (Fejerskov 등, 1996). 또 Ekstrand (1994)의 연구에 의하면 생후 37-410일 이하 영아에서 0.25 mg 이상의 불소가 공급된 경우 소변으로 배설되지 않고 신체에 정체되는 비율이 80%라고 보고하였다.

식음한 불소로 인해 나타나는 대표적 부작용은 치아불소증 (dental fluorosis)으로 치아 표면에 백색이나 황색 또는 갈색 반점이 불규칙 하게 나타나서 미용장애의 요인이 된다 (McKay, 1952; Ripa, 1999). 과량의 불소 복용으로 인한 치아불소증은 치아의 발육단계까지 장기간에 걸쳐 섭취한 불소의 총량에 기인하는 누적작용이 있다. 따라서 초기 광화 되는 치아들은 뒤늦게 광화 되는 치아에 비해 그 유병률이 낮은 것으로 알려져 있다. 또, 불소복용량이 일정하게 유지되더라도 혈장의 불소농도가 꾸준히 증가하므로 생애초기에 물, 분유, 불소 보충제 등으로 인한 불소노출이 증가되면 이후 치아불소증에 노출될 가능성은 더욱 커진다 (Fejerskov 등, 1996).

치아불소증이 있는 사람의 법랑질 불소함량은 정상적 법랑질 불소 농도에 비해 높고 법랑질 성숙기 동안 불소에 노출되었을 때만 발생한다 (Richards와 Fejerskov, 1992). 저 농도 불소를 법랑질 성숙단계 전과 성숙단계 중에 복용하였을 때를 비교하면 성숙단계 전부터 불소를 투여한 경우 치아불소증의 심도가 증가한다 (Sucking 등, 1988). 따라서, 일정기간 이후 불소를 더 이상 복용하지 않아도 과거의 불소복용 경험으로 오랫동안 혈장의 불소농도가 유지되기 때문에 생애초기 고농도 불소의 노출은 불소과다증 유병확률을 증가시킨다 (Fejerskov 등, 1996). 또한 저 농도의 불소를 복용한 경우에도 치아불소증이 보고 되었다 (Forrester와 Schulz, 1974; Suttie 등, 1972).

한 연구에 의하면 식수에 불소가 함유되어있지 않은 지역에서 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 3년간 보충한 경우 14%의 어린이에서 중등도 치아불소증이 확인되었다 (Aasenden과 Peebles, 1974). 또 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 장기간 섭취한 어린이들에서 경도 또는 경미도의 치아불소증 (mild or very mild fluorosis)이 보고 되기도 하였다 (Forrester와 Schulz, 1974; Suttie 등, 1972). 그러나, 유치는 광질화 과정이 영구치 보다 짧고 태반을 통해 적은 양의 불소만이 태아에 공급되기 때문에 치아불소증이 잘 발생되지 않아 (Znikin과 Babeaux, 1965; Babeaux과 Sipkin, 1966) 유치열 에서는 치아불소증을 거의 관찰 할 수 없고 비교적 광화가 늦게 일

어나는 제2대구치와 소구치가 불소에 의한 영향을 가장 많은 영향을 받게 된다 (Fejerskov 등, 1996).

사람의 치아는 출생과 함께 상 하악 제1대구치 경조직이 형성되기 시작하고 생 후 6개월까지 상악 절치, 상악 견치, 하악 절치와 하악 측절치, 하악 견치의 경 조직이 형성이 시작되며 상악 유전치과 유측절치, 제1유구치, 하악 유전치와 유측절 치의 법랑질이 완성된다 (Logan과 Kronfeld, 1993; DePaola 등, 1994). 특히 생애 초기는 심미적으로 중요한 전치 형성이 일어나는 시기로 식음 불소량은 보다 신 중하게 검토될 필요가 있다.

영아의 식이는 통상 생후 3개월까지는 모유 또는 인공조제분유가 주 에너지 공 급원이 되고, 생후 4-6개월에는 이유식을 병행하게 되며 월령증가에 따라 점차로 분유 및 이유식의 소비가 줄어가게 된다 (대한 소아과학회 영양위원회, 1994; 대한 소아과학회 서울지회, 2005). 따라서 생 후 6개월 까지는 필요열량의 대부분을 모 유 및 인공조제분유에 의지하여 체중 당 분유 및 분말 이유식의 섭취량이 가장 많은 시기로 이 시기에 섭취하는 식이의 불소농도는 매우 중요하다고 할 수 있다.

모유 내 불소농도는 여러 학자들에 의해 0.004-0.1 ppm 이하로 매우 낮게 보고 되어 (Ericsson과 Ribelius, 1971; Tinanoff와 Mueller, 1978; Spak 등 1982; Esala 등, 1982; Ekstrand 등, 1984) 모유로 키워지는 영아는 불소 균형에서 음의 값을 갖는다고 알려져 있다. 우리나라 에서도 김 (1995)의 보고에서 모유의 불소농도가 0.0045 ± 0.0001 ppm으로 매우 낮게 보고 된 바 있다.

유아용 조제분유는 다양한 양의 불소를 공급하는데, 여러 연구에서 각종 분유를 각기 증류수와 불소화된 물로 희석하여 그 불소농도를 보고 (Howat와 Nunn, 1981; Tinaoff와 Mueller, 1978; Ericsson와 Rebelius, 1971) 하는 등 많은 연구가 활발히 진행되었다. 분유를 먹는 경우 희석할 때 사용되는 물의 불소농도에 따라 섭취하는 불소농도가 달라지는데 불소농도가 높은 물이 사용되면 체중 당 불소

섭취량이 높으며 이는 특히 체중 당 분유 섭취량이 높은 출생 초기에 더욱 영향을 받는다 (Ekstrand, 1989).

미국의 경우 불소화 지역 음용수의 불소농도는 보통 약 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 였고, 이 지역의 공장에서 만들어진 분유의 불소함량은 보통 $0.2\text{-}0.31 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 였다. 그러나, 1978년 이후 불소화된 지역에서 각종 분유를 생산할 때 불소의 대부분이 유아용 분유에 혼합되기 전부터 물로부터 제거해왔고 영아용 분말 분유를 권장방법에 따라 희석하는 경우 불소농도는 $400\text{-}1000 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이다 (Fejerskov 등, 1996).

한편 우리나라 에서는 김 (1995)의 연구 결과 분유의 불소농도가 증류수로 희석하였을 때 $0.05 \pm 0.01 \text{ ppm}$ 이고, 0.8 ppm 으로 희석하였을 때 $0.84 \pm 0.05 \text{ ppm}$ 인 것으로 조사되었으며 수도물불소농도조정사업 지역에서 조제분유를 관급수로 희석할 경우 권장되는 양보다 과량의 불소를 섭취하게 된다고 보고하였다. 또, 박 등 (1995)은 우리나라 분말형 이유식을 증류수로 희석하였을 때 불소농도는 $0.09 \pm 0.05 \text{ ppm}$ 이라고 보고하였다.

우리나라에서 영아의 분유 및 분말이유식에 대한 연구로 김 (1995)과 박 (1995)의 연구가 있었다. 그러나, 영아의 불소섭취에 대한 연구는 이후로 활발히 진행되지 않았다. 김 (1995)과 박 (1995)의 보고에서 당시 분유 및 이유식의 불소농도가 매우 낮게 보고되었고 아직까지 우리나라 분유 및 이유식에서 불소의 농도에 대한 기준이 마련되어 있지 않은 상황이다. 현재 각 분유 및 분말 이유식 제조회사에서는 상품을 고급화하고 경쟁력을 높이기 위해 다양한 영양소를 함께 공급하고 있으며 이를 위해 여러 가지 재료를 분유에 포함시키고 있다. 분유의 경우 주재료가 원유이지만 이유식의 경우에는 원유를 포함한 다양한 재료를 사용하고 있으며 각 원재료의 종류 및 생산지 또는 생산시기에 따라서 이유식의 불소함량은 차이를 보일 것으로 생각된다.

따라서 현재 우리나라 영아의 불소섭취량을 알아보기 위하여 우리나라에서 제조판매 되는 분유 및 분말 이유식의 불소농도를 조사하고자 본 연구를 실시하였

다. 이를 위하여 우리나라에서 제조판매 되는 분유 및 분말 이유식의 불소농도를 조사하고 권장 섭취량과 희석방법 등을 조사하여 실제 우리나라 영아의 체중 당 불소섭취량을 확인하고 그 적절성을 평가하였다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 현재 국내에서 제조되어 시판되고 있는 영아용분유 및 분말 이유식의 불소함량을 조사하고, 생후 0-6개월 영아의 일일불소섭취량을 추정하여 적정성을 평가하는 것이다. 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 회사에서 제조 판매되는 0-3개월과 3-5개월 영아용 분유와 3-5개월 영아용 분말 이유식의 불소농도를 측정한다.

둘째, 제조사의 권장 섭취방법에 따라 희석한 경우 희석분유 및 분말 이유식의 불소농도를 측정한다.

셋째, 분유 및 분말 이유식을 주식으로 한 3개월과 6개월 영아의 1일 불소섭취량을 추정한다.

넷째, 분유 및 분말 이유식을 주식으로 한 6개월 이하 영아의 체중 당 1일 불소섭취량을 추정한다.

II. 실험대상 및 방법

1 실험 대상

가. 분유

국내 제조업체 제품으로 상품화 되어 시중에 유통되고 있는 4개 업체 12종의 0-3개월 영아용 분유와 12종의 3-5개월 영아용 분유를 수집하여 조사하였다. 2005년 5월 현재 국내 분유제조 업체에서 생산판매하고 있는 0-5개월 영아용 분유 총 20종으로 0-3개월, 3-5개월로 월령이 구분된 분유 16종과 0-5개월로 월령 구분된 분유 4종을 수집하여 조사하였다. 샘플 수집기간은 2005년 5월부터 2005년 10월 까지였다.

Table 1. Samples of powdered milk

Age of intake	Manufacturer	Product	Age of intake	Manufacturer	Product
3 Month	A	Af-1	6 Month	A	As-1
	A	Af-2		A	As-2
	A	Af-3		A	As-3
	A	Af-4		A	As-4
	B	Bf-1		B	Bs-1
	B	Bf-2		B	Bs-2
	B	Bf-3		B	Bs-3
	C	Cf-1		C	Cs-1
	C	Cf-2		C	Cs-2
	C	Cf-3		C	Cs-3
	D	Df-1		D	Ds-1
	D	Df-2		D	Ds-2

나. 분말형 이유식

국내 제조업체 제품으로 상품화 되어 시중에 유통되고 있는 국내 4개 업체의 8종의 3-6개월 분말이유식을 대상으로 하였다. 2005년 5월 현재 국내제조사에서 생산판매하고 있는 3-6개월 영아용 이유식 8종을 수집하여 조사하였다. 샘플 수집기간은 2005년 5월부터 2005년 10월 까지였다.

Table 2. Samples of powdered babyfood

Age of intake	Manufacturer	Product
6 Month	A	Aa-1
	A	Aa-2
	B	Ba-1
	B	Ba-2
	C	Ca-1
	C	Ca-2
	C	Ca-3
	D	Da-1

2. 실험 방법

가. 분유 및 분말형 이유식의 불소농도 측정

시료에서 불소의 분해확산을 위해 Hinoide 등 (1992)에 의해 개발된 5 M의 HClO_4 Hexamethyldisiloxane (HMDS) saturated solution을 이용한 변형된 미세확산법을 사용하였다. 불소의 미세확산을 위하여 밀폐되고 열과 화학적 저항성이 있는 Teflon vessel을 사용하였다. Teflon vessel의 본체는 내실 (inner compartment)과 외실 (outter compartment)로 나뉘어 있으며 뚜껑 부분은 스크류 타입으로 실리콘 씰러가 본체와 뚜껑이 만나는 부분에 위치하여 밀폐를 돕도록 고안되었다. 확산용액 (diffusion solution)으로는 5 M HClO_4 saturated HMDS 4 ml를 사용하였다. 불소포집액 (trapping solution)으로는 0.1 M NaOH 1 ml를 사용하였다.

시료에 포함된 불소는 5M HClO_4 에 의해 분리된다. 분리된 시료의 불소이온은 HMDS와 함께 확산되어 trimethylfluorosilane이 형성된다. 이때 만들어진 trimethylfluorosilane은 알칼리 용액인 0.1M의 NaOH를 만나면 가수분해가 일어나고 trapping solution으로 불소의 방출이 일어난다. 형성된 불소이온의 농도는 불소이온 농도 측정기 (ORION Model 720A PH/ISE)와 불소이온 전극 (ORION Fluoride Electrode 9609BN)을 이용하여 전위차를 측정하였다.

실험과정은 다음과 같다. 시료로 준비된 분유 및 분말형 이유식 각 0.5 g 을 Teflon vessel의 외실에 둔다. 시료가 준비된 Teflon vessel의 외실에 5 M HClO_4 saturated HMDS 4 ml를 넣어 시료가 충분히 젖도록 하였다. 그리고 Teflon vessel의 내실에는 확산된 불소를 포집하기 위한 trapping solution 으로 1 ml의 0.1 M NaOH를 넣었다. 실험 전 1 ml의 0.1 M NaOH를 넣은 내실의 무게를 측정해 두었다. 실험준비가 끝나면 뚜껑을 덮어 밀봉한 후 60°C 오븐에서 12시간 이상 두었다. 확산이 일어난 후 실온에 약 1시간 두어 Teflon vessel과 시료 및 약품

의 온도를 실온과 같아지도록 하였다. 뚜껑을 열고 내실을 분리하여 무게를 다시 확인하고 실험과정에서 증발된 수분을 증류수로 보충하였다. 여기에 0.1 ml의 Total Ionic Strength Adjustment BufferⅢ (TISABⅢ)를 넣고 진탕하여 불소이온 농도를 측정하였다. 모든 실험은 3회씩 측정되었으며 매 실험에서 5개의 Teflon vessel를 사용하였다. 이때 3개의 Teflon vessel에는 각각 1가지씩의 실험을 넣었다. 또한 나머지 2개의 Teflon vessel는 시료를 넣지 않고 변형된 미세확산이 일어나도록 하여 음성대조군으로 삼아 실험의 정확성을 높였다.

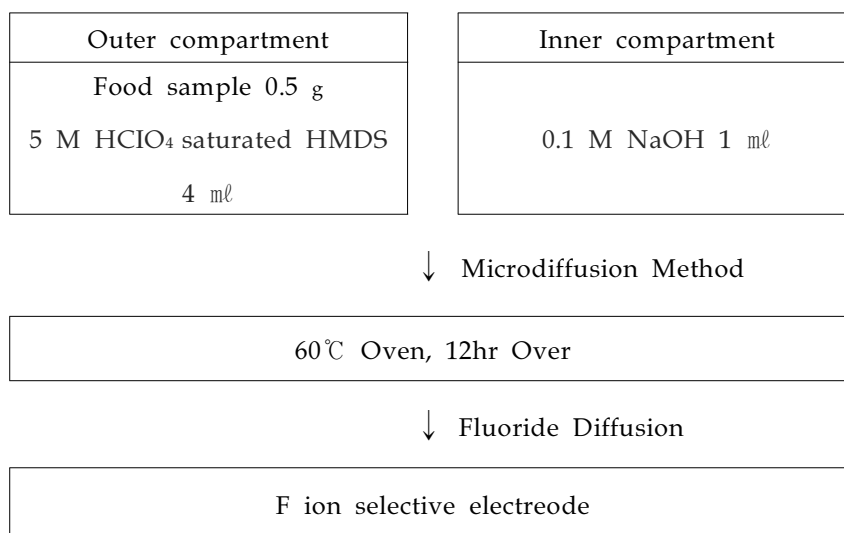


Figure 1. Fluoride analysis for powdered milk and powdered baby food

이후 용액의 불소이온농도를 측정하였다. 분유 및 분말이유식 내 불소농도를 측정하기 전 전 매번 새로운 표준불소용액을 만들어 전극의 감수성을 조정하였다. 표준용액은 불소용액 (NaF, 100± 0.5 ppm)을 증류수로 희석하여 각각 0.02, 0.05, 0.1, 1, 10 ppm 으로 만든 후 TISABⅢ 용액을 10% 넣어 만들었다. 만들어진 표준용액의 전위값을 측정하였다. 또한 전극봉의 감수성을 조절하기 위하여 1 ppm 희석표준용액과 10 ppm 희석표준 불소용액의 전위차가 54-60 mV가 되는지 확인하

였고 이를 통하여 표준용액 전위값을 대입하여 표준곡선을 만들었다. 실험을 통해 얻어진 전위값은 희석표준불소용액을 이용하여 만든 표준불소용액농도곡선에 대입하여 ppm으로 산출하였다. 각 시료는 3회씩 측정하였으며 자료는 평균값을 이용하였다.

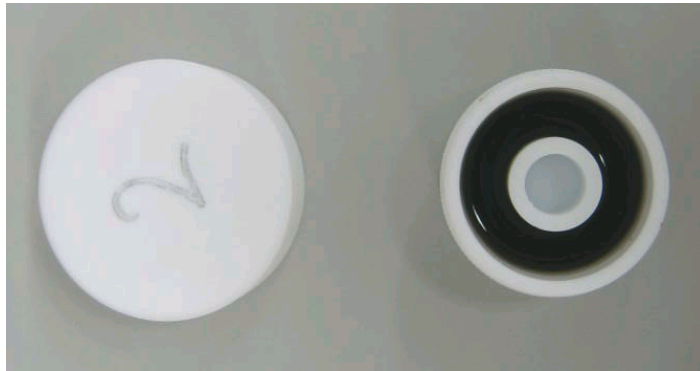


Figure 2. Teflon vessel

(Outer compartment diameter 4.9 cm, Inner compartment diameter 1.8 cm)

나. 월령별 영아의 일일 불소섭취량 조사

월령별 1일 불소섭취량을 조사하기 위해 월령별 분유섭취량과 분유를 희석하기 위한 물의 양을 조사하였다. 월령별 1일 분유 및 분말형 이유식과 희석용 물의 섭취량은 한국 소아발육 표준치 (대한 소아과학회, 2005)와 한국인 1일 영양권장량 (한국영양학회, 2000)을 기준으로 한 각 분유회사별 권장 섭취량을 근거로 조사하였다.

월령 구분에서 조사된 분유회사 제품의 0-3개월의 구분은 1998년 대한 소아과학회가 발표한 한국 소아발육 표준치를 근거로 할 때 분유 및 분말형 이유식 권장량을 기준으로 살펴본 결과 대부분 분유회사에서 출생 시부터 만 2개월을 기준으로 구분하고 있었다. 또한 3-6개월은 만 3개월부터 만 5개월까지의 영아를 기준으

로 구분되어 있었다. 분유회사별 월령에 따른 분유섭취량이 명확히 구분되어 있지 않아 본 연구에서는 비교적 명확히 분유섭취량을 확인 할 수 있는 3개월 (만 2개월)과 6개월 (만 5개월) 영아로 구분하여 분유 및 분말형 이유식 섭취량을 추정하였다 (이하 3개월과 6개월로 표시함).

다. 체중별 영아의 일일불소섭취량 조사

체중별 1일 불소섭취량은 한국 소아발육 표준치 (대한 소아과학회, 2005)와 한국인 1일 영양권장량 (한국영양학회, 2000)을 기준으로 분유 및 분말형 이유식을 회사별 권장 방법으로 희석하여 일일권장섭취량을 공급할 때 불소섭취량을 계산하였다.

라. 통계 분석 방법

실험에서 모든 시료는 같은 포장의 내용물을 3회씩 측정하였고, 측정치간 신뢰도를 알아보기 위해 Cronbach alpha값을 구하였다. alpha값이 0.998 으로 높은 신뢰도를 보였다. 또한 같은 제품의 서로 다른 포장에서의 불소농도의 일치도를 보기위해 32개 제품 중 6개 제품의 불소농도를 측정한 결과 alpha값이 0.997 로 매우 일관성 있는 결과를 나타내었다.

각 분유 및 분말분유의 불소함량 및 일일 불소섭취량과 체중당 불소섭취량에 대한 기술통계량을 구하였다. 월령별 불소함량 및 불소섭취량과 체중당 섭취량의 비교를 위해 일원분산분석 (ANOVA)과 duncan test를 시행하였다.

모든 통계분석은 Window SAS (statistical analysis system) 8.01 통계패키지 (SAS Institutem Inc. U.S.A)를 이용하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 영아용 분유 및 분말형 이유식의 불소함량

영아용 분유 및 분말형 이유식에 함유된 불소농도는 3개월과 6개월 분유의 경우 각각 $0.74 \pm 0.55 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.76 \pm 0.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었고 분말형 이유식의 경우 $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었다. 다중분석 결과 3개월과 6개월의 분유군 간의 불소농도에 유의한 차이가 없었으나, 6개월 분말형 이유식군과는 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$).

Table 3. Fluoride content of powdered milks and powdered baby foods

Fluoride content ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)						
Age of intake	Food	Median	Mean	SD	Min	Max
3 month	Powdered milk	0.60	0.74 ^a	0.55	0.25	2.44
6 month	Powdered milk	0.53	0.76 ^a	0.65	0.21	2.84
	Powdered baby food	1.32	4.75 ^b	5.71	0.61	14.84

^{a, b} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

가. 3개월 영아용 분유의 불소함량

3개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유의 불소농도를 각 3회씩 측정된 결과 평균 $0.74 \pm 0.55 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 조사되었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $2.14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균농도 보다 2.89배 높았고 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.27 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균농도보다 2.74배 낮았다. 다중분석 결과 생후 3개월 분유들의 각 제품 간 불소농도는 유의한 차이가 있었으며 ($P < 0.05$), 제조회사별 불소농도와, 각 분유회사 내 제품 간 불소농도는 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Fluoride content of powdered milk for 3 month old infant

Powdered milk Product	Fluoride content ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	Mean	SD
Cf-2	2.14 ^a	0.26
Bf-3	1.37 ^b	0.31
Bf-2	1.05 ^c	0.06
Af-3	0.76 ^d	0.04
Af-2	0.63 ^{de}	0.02
Af-1	0.62 ^{de}	0.05
Af-4	0.60 ^{def}	0.24
Cf-3	0.39 ^{efg}	0.02
Df-2	0.36 ^{fg}	0.02
Cf-1	0.32 ^g	0.02
Df-1	0.32 ^g	0.02
Bf-1	0.27 ^g	0.02

a, b, c, d, e, f, g by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

나. 6개월 영아용 분유의 불소함량

6개월 영아용 분유 12가지를 각 3회씩 측정한 결과 함유된 불소농도는 $0.76 \pm 0.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $2.54 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균 6개월 영아용 분유에 함유된 불소농도 보다 3.34배 높았으며 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.21 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균 6개월 영아용 분유의 불소농도보다 3.62배 낮았다. 다중분석 결과 생후 6개월 분유들의 각 제품 간 불소농도는 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$).

Table 5. Fluoride content of powdered milk for 6 month old infant

Powdered milk Product	Fluoride content ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	Mean	SD
As-3	2.54 ^a	0.26
Bs-3	1.37 ^b	0.31
As-4	0.94 ^c	0.35
Bs-1	0.82 ^{cd}	0.07
Bs-2	0.80 ^{cd}	0.02
Cs-2	0.57 ^{de}	0.05
As-2	0.51 ^{ef}	0.05
Cs-3	0.39 ^{ef}	0.02
Ds-2	0.36 ^{ef}	0.02
Cs-1	0.32 ^{ef}	0.02
Ds-1	0.29 ^{ef}	0.05
As-1	0.21 ^f	0.01

a, b, c, d, e, f by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

다. 6개월 영아용 분말형 이유식의 불소함량

6개월 영아용 분말형 이유식으로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 8가지의 상품화된 분말형 이유식의 불소농도는 $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 조사되었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $14.28 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균 6개월 영아용 분말이유식의 불소농도 보다 3.01배 높았고 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.63 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 평균 6개월 영아용 분말 이유식의 불소농도보다 7.54배 낮았다. 다중분석 결과 상품화된 분말형 이유식의 제품들 간 불소농도는 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.05$), 제조회사별 불소농도는 유의한 차이가 없었다.

Table 6. Fluoride content of baby food for 6 month old infant

Baby food	Fluoride content ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	Mean	SD
Ca-1	14.28 ^a	0.52
Aa-1	14.17 ^a	0.40
Ca-2	4.32 ^b	0.16
Ca-3	1.56 ^c	0.68
Ba-1	1.38 ^{cd}	0.11
Da-1	0.85 ^{de}	0.15
Ba-2	0.82 ^{de}	0.06
Aa-2	0.63 ^e	0.01

^{a, b, c, d, e} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

2. 증류수로 혼합한 영아용 분유 및 분말형 이유식의 불소농도

영아용 분유 및 분말형 이유식을 제조회사별 권장섭취 방법에 따라 불소가 함유되지 않은 물로 희석한 경우 희석분유 및 이유식의 불소농도는 3개월과 6개월 분유의 경우 각각 $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 이었고 분말형 이유식의 경우 $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 이었다.

Table 7. Fluoride concentration of powdered milks and powdered baby foods

Age of intake	Food	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)				
		Median	Mean	SD	Min	Max
3 month	Powdered milk	0.05	0.10	0.09	0.03	0.32
6 month	Powdered milk	0.07	0.10	0.08	0.03	0.37
	Powdered baby food	0.17	0.49	0.66	0.09	2.10

· Fluoride concentration of reconstituted powdered milk and baby food by recommendation of manufacturer's reconstitution solution ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) = [fluoride concentration of powdered milk and baby food ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) \times daily intake of powdered milk and baby food (g)] / [daily intake of powdered milk and baby food + volume of water required for reconstitution of powdered milk and baby food (mL)]

가. 3개월 영아용 분유의 불소농도

3개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유를 불화되지 않은 물을 이용하여 제조사의 지시대로 희석하였을 때 희석분유의 불소농도는 평균 $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 으로 조사되었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $0.28 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 평균농도 보다 2.80배 높았고 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.04 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 평균보다 2.50배 낮았다.

Table 8. Fluoride concentration of powdered milk for 3 month old infant

powdered milk Product	Fluoride content ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	Mean	SD
Cf-2	0.28	0.03
Bf-3	0.18	0.04
Bf-2	0.15	0.01
Af-3	0.10	0.00
Af-4	0.08	0.03
Af-2	0.08	0.00
Af-1	0.08	0.01
Cf-3	0.05	0.00
Df-2	0.05	0.00
Df-1	0.04	0.00
Cf-1	0.04	0.00
Bf-1	0.04	0.00

나. 6개월 영아용 분유의 불소농도

6개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유의 불소를 제조사의 지시대로 희석하였을 때 각 분유의 불소농도는 평균 $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 으로 조사되었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $0.29 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 평균농도 보다 2.90배 높았고 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.02 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 평균농도보다 5.00배 낮았다.

Table 9. Fluoride content of powdered milk for 6 month old infant

Powdered milk Product	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	Mean	SD
As-3	0.29	0.03
Bs-3	0.16	0.04
As-4	0.11	0.04
Bs-2	0.10	0.00
Bs-1	0.09	0.01
Cs-2	0.07	0.01
As-2	0.06	0.01
Cs-3	0.05	0.00
Ds-1	0.04	0.01
Cs-1	0.04	0.00
Ds-2	0.04	0.00
As-1	0.02	0.00

다. 6개월 영아용 분말형 이유식의 불소농도

6개월 영아용 이유식으로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 8가지의 상품화된 이유식을 불화되지 않은 물을 이용하여 제조사의 지시대로 희석하였을 때 각 분말 이유식의 불소농도는 평균 $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 으로 조사되었다. 가장 높은 농도를 보인 제품은 $2.13 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 평균농도 보다 4.35배 높았고 가장 낮은 농도를 보인 제품은 $0.09 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 평균농도보다 5.44배 낮았다.

Table 10. Fluoride concentration of baby food for 6month old infant

Baby food	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	Mean	SD
Aa-1	2.13	0.06
Ca-1	2.02	0.07
Ca-2	0.61	0.02
Ca-3	0.22	0.10
Ba-2	0.20	0.01
Ba-1	0.14	0.01
Da-1	0.12	0.02
Aa-2	0.09	0.00

3. 우리나라 영아의 일일불소 섭취량 추정

우리나라 제조사에서 만들어져 상품화 된 영아용 분유 및 분말형 이유식을 각 제조회사의 권장 소비량에 따라 불소가 포함되지 않은 물로 희석하여 섭취하는 경우 일일 불소 섭취량은 3개월과 6개월 분유의 경우 각각 $0.09 \pm 0.07 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 6개월용 분말형 이유식의 경우 $0.45 \pm 0.59 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 였다. 다중분석 결과 각 분유와 분말형 이유식의 제품별 일일불소섭취량은 유의한 차이가 있었고, 분말형 이유식의 경우 일일 불소섭취량이 3개월과 6개월 분유보다 유의하게 높았다 ($P < 0.05$). 제조회사 별 불소 일일섭취량은 분유와 분말형 이유식 모두에서 유의한 차이가 없었다.

Table 11. Daily fluoride intake by powdered milks and powdered baby foods

Age of intake	Food	Fluoride intake ($\text{mg} \cdot \text{day}^{-1}$)				
		Median	Mean	SD	Min	Max
3 month	Powdered milk	0.08	0.09 ^a	0.07	0.03	0.32
6 month	Powdered milk	0.07	0.10 ^a	0.08	0.03	0.37
	Powdered baby food	0.10	0.45 ^b	0.59	0.03	1.78

^{a, b} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

· Daily fluoride intake in case of reconstitution by deionized distilled water (mg) = {fluoride concentration of powdered milk and baby food ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) \times daily intake of powdered milk and baby food (g)} / 1000

· Daily fluoride intake in case of reconstitution by water of fluoride concentration 0.8 ppm = daily intake of powdered milk and baby food(mg) + {daily volume of water required for reconstitution of powdered milk and baby food($\text{m}\ell$) \times 0.8/1000($\text{m}\ell$)}

가. 3개월 영아용 분유 섭취 시 일일 불소섭취량 추정

3개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유를 권장소비량에 따라 공급하는 경우 일일 불소섭취량은 $0.09 \pm 0.07 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 조사되었다. 가장 많은 불소를 함유한 제품을 통한 일일 불소섭취량은 $0.28 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 이었고 평균보다 3.11배 높았다. 가장 낮은 불소를 함유한 제품을 통한 일일 불소섭취량은 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 였고 평균보다 3.00배 낮았다. 다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 일일불소섭취량은 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.05$), 각 제품 제조회사 간 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다.

3개월 영아가 섭취하는 분유량은 $125.10 \pm 4.18 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 이를 희석하는데 사용되는 물은 $820 \pm 38.07 \text{ mL} \cdot \text{day}^{-1}$ 이다. 3개월 영아용 분유를 통한 불소섭취량은 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 $0.75 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 최대 $0.97 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균의 1.29배 이고 최소 $0.66 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 평균보다 1.14배 낮았다.

Table 12. Estimated daily fluoride intakes from powdered milks for 3 month old infant

Product	Powdered milk* (g)	Fluid† (ml)	Fluoride intake (g · mg ⁻¹ · day ⁻¹)	
			0 ppm‡ (mg)	0.8 ppm§ (mg)
Cf-2	130.0	870	0.28 ^a	0.97
Bf-3	117.0	783	0.16 ^b	0.79
Bf-2	126.0	774	0.13 ^b	0.75
Af-3	124.8	835	0.10 ^c	0.76
Af-4	124.8	835	0.08 ^c	0.74
Af-2	127.4	853	0.08 ^{cd}	0.76
Af-1	127.4	853	0.08 ^{cde}	0.76
Df-2	126.0	774	0.05 ^{def}	0.66
Cf-3	124.8	835	0.05 ^f	0.72
Df-1	126.0	774	0.04 ^f	0.66
Cf-1	130.0	870	0.04 ^f	0.74
Bf-1	117.0	783	0.03 ^f	0.66

a, b, c, d, e, f by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

* Amount of daily intake of powdered milk

† Amount of daily intake of fluid for diluted powdered milk

‡ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted deionized distilled water

§ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted 0.8 ppm water

나. 6개월 영아용 분유 섭취 시 일일 불소 섭취량 추정

6개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유를 권장소비량에 따라 공급하는 경우 일일 불소섭취량은 $0.10 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 조사되었다. 가장 많은 불소를 함유한 제품은 $0.74 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 7.40배 많았고 가장 적은 불소를 함유한 제품은 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 3.33배 적었다.

다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 일일불소섭취량은 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.05$), 각 제품 제조회사 간 분유를 통한 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다. 6개월 영아가 섭취하는 분유량은 $132.5 \pm 4.39 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 이를 희석하는데 사용되는 물은 $868.00 \pm 4.33 \text{ mL} \cdot \text{day}^{-1}$ 이다. 6개월 영아용 분유를 통한 일일 불소섭취량은 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 평균 $0.79 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며 최대 $1.03 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균의 1.30배 이고, 최소 $0.72 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 1.10배 낮았다.

Table 13. Estimated daily fluoride intakes from powdered milks for 6 month old infant

Product	Powdered milk* (g)	Fluid† (mL)	Fluoride intake ($\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)	
			0 ppm‡ (mg)	0.8 ppm§ (mg)
Cs-2	130	870	0.74 ^a	0.77
As-3	130	870	0.33 ^b	1.03
Bs-3	130	870	0.18 ^c	0.87
As-4	130	870	0.12 ^c	0.82
Bs-2	140	860	0.11 ^{cd}	0.80
Bs-1	130	870	0.11 ^{de}	0.80
As-2	130	870	0.07 ^{ef}	0.76
Ds-2	140	860	0.05 ^{ef}	0.74
Cs-3	130	870	0.05 ^{ef}	0.75
Ds-1	140	860	0.04 ^{ef}	0.73
Cs-1	130	870	0.04 ^{ef}	0.74
As-1	130	870	0.03 ^f	0.72

a, b, c, d, e, f by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

* Amount of daily intake of powdered milk

† Amount of daily intake of fluid for diluted powdered milk

‡ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted deionized distilled water

§ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted 0.8 ppm water

다. 6개월 영아용 분말형 이유식 섭취 시 일일 불소섭취량 추정

6개월 영아용 분말형 이유식으로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 8가지의 상품화된 분유를 권장소비량에 따라 공급하는 경우 일일 불소섭취량은 $0.45 \pm 0.59 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 조사되었다. 가장 많은 불소를 함유한 제품은 $1.88 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 4.18배 높았고, 가장 낮은 불소를 함유한 제품은 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 15배 낮았다. 다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 일일불소섭취량은 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.05$), 각 제품 제조회사 간 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다. 6개월 영아가 섭취하는 분말형 이유식량은 $78.50 \pm 63.33 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 이를 희석하는데 사용되는 물은 $468.75 \pm 224.19 \text{ ml} \cdot \text{day}^{-1}$ 이다. 6개월 영아용 분말형 이유식을 통한 일일불소섭취량은 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 $0.83 \pm 0.70 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며 최대 $2.30 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 평균보다 2.77배 높으며 최소 $0.14 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 5.93배 낮았다.

Table 14. Estimated fluoride intakes from powdered baby food for 6 month old infant

Product	Powdered milk * (g)	Fluid† (ml)	Fluoride intake ($\text{g} \cdot \text{ml} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)	
			0 ppm‡ (mg)	0.8 ppm§ (mg)
Ca-1	120	730	1.71 ^a	2.30
Aa-1	72	408	1.02 ^b	1.35
Ca-2	120	730	0.52 ^c	1.10
Ba-1	40	360	0.06 ^d	0.34
Aa-2	72	408	0.05 ^e	0.37
Da-1	44	256	0.04 ^e	0.24
Ca-3	120	730	1.88 ^e	0.77

^{a, b, c, d, e} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

* Amount of daily intake of powdered milk

† Amount of daily intake of fluid for diluted powdered milk

‡ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted deionized distilled water

§ Daily intake of fluoride of powdered milk by diluted 0.8 ppm water

4. 우리나라 영아의 체중 당 불소섭취량 추정

우리나라 제조사에서 만들어져 상품화 된 영아용 분유 및 분말형 이유식을 각 제조회사의 권장 소비량에 따라 불소가 포함되지 않은 물로 희석하여 섭취하는 경우 3개월과 6개월 영아용 분유 섭취 시 체중 당 불소 섭취량은 각각 $0.02 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.01 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 6개월 분말형 이유식의 경우 $0.06 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 였다. 분말형 이유식의 경우 체중 당 불소섭취량이 3개월용과 6개월용 분유보다 유의하게 높았다 ($P < 0.05$).

Table 15. Fluoride intake of powdered milks and powdered baby foods by weight

Age of intake	Food	Fluoride intake ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)				
		Median	Mean	SD	Min	Max
3month	Powdered milk	0.01	0.02 ^a	0.01	0.01	0.06
6month	Powdered milk	0.01	0.01 ^a	0.01	0.00	0.05
	Powdered baby food	0.01	0.06 ^b	0.08	0.00	0.23

^{a, b} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

· Fluoride intake of powdered milk and baby food per weight ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) = daily intake of powdered milk and baby food (mg)/weight (kg)

가. 3개월 영아용 분유섭취 시 체중 당 불소섭취량

우리나라 3개월 영아의 평균체중은 5.66 kg이며 3개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유를 권장소비량에 따라 섭취하는 경우 체중 당 불소섭취량은 다음과 같았다. 불소가 포함되지 않은 물로 3개월 영아용 분유를 희석하여 섭취할 때 평균 $0.02 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며 가장 높은 불소를 함유한 제품의 경우 체중 당 섭취량은 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 2.50배 높고 가장 적은 불소를 함유한 제품의 체중 당 불소섭취량은 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균 보다 2.00배 낮은 것으로 조사 되었다. 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 체중 당 일일 불소 섭취량은 $0.13 \pm 0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정된다. 가장 많은 불소를 함유한 제품은 $0.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 평균보다 1.31배 높았으며 가장 적은 불소를 함유한 제품의 경우 $0.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 1.08배 낮게 조사 되었다. 다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.05$), 각 제품 제조회사 간 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다.

Table 16. Estimated fluoride intakes for the 3 month old infant by weight

Product	Fluoride intake with diluted water (mg)	
	0 ppm [*]	0.8 ppm [†]
Cf-2	0.05 ^a	0.17
Bf-3	0.03 ^b	0.14
Bf-2	0.02 ^b	0.13
Af-3	0.02 ^c	0.13
Cf-3	0.01 ^c	0.13
Cf-1	0.01 ^{cd}	0.13
Af-4	0.01 ^{cde}	0.13
Af-2	0.01 ^{def}	0.13
Af-1	0.01 ^{ef}	0.13
Df-2	0.01 ^f	0.12
Df-1	0.01 ^f	0.12
Bf-1	0.01 ^f	0.12

a, b, c, d, e, f by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

* Powdered milk reconstituted in water containing 0 ppm F

† Powdered milk reconstituted in water containing 0.8 ppm F

나. 6개월 영아용 분유섭취 시 체중 당 불소섭취량 추정

우리나라 6개월 영아의 평균체중은 7.76 kg이며 6개월 영아용 분유로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 12가지의 상품화된 분유를 권장소비량에 따라 섭취하는 경우 다음과 같았다. 체중 당 불소섭취량은 불소가 함유되지 않은 물로 희석하였을 때 $0.01 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며 가장 많은 불소를 함유한 제품은 $0.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균 보다 4배 많은 불소를 섭취하게 되는 것으로 조사되었다. 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 체중 당 불소 섭취량은 $0.10 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고 가장 많은 불소를 함유한 제품의 경우 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 1.30배

높았으며 가장 적은 불소를 함유한 제품은 $0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 1.11배 낮았다. 다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 있었고, 각 제품 제조회사 간 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$).

Table 17. Estimated fluoride intakes from powdered milks for 6 month old infant by weight

Product	Fluoride intake with diluted water (mg)	
	0 ppm [*]	0.8 ppm [†]
As-3	0.04 ^a	0.13
Bs-3	0.02 ^b	0.11
As-4	0.02 ^c	0.11
Ds-2	0.01 ^c	0.10
Ds-1	0.01 ^{cd}	0.09
Cs-3	0.01 ^{de}	0.10
Cs-2	0.01 ^{ef}	0.10
Cs-1	0.01 ^{ef}	0.10
Bs-2	0.01 ^{ef}	0.10
Bs-1	0.01 ^{ef}	0.10
As-2	0.01 ^{ef}	0.10
As-1	0.00 ^f	0.09

a, b, c, d, e, f by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

* Powdered milk reconstituted in water containing 0 ppm F

† Powdered milk reconstituted in water containing 0.8 ppm F

다. 6개월 영아용 분말형 이유식 섭취 시 체중 당 불소섭취량 추정

우리나라 6개월 영아의 평균체중은 7.76 kg이며 6개월 영아용 분말형 이유식으로 국내 4개 제조회사에서 제조 판매되는 8가지의 상품화된 분말형 이유식을 권장소비량에 따라 공급하는 경우 다음과 같았다. 체중 당 불소섭취량은 증류수로 희석하여 섭취하였을 때 $0.06 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며 가장 많은 불소를 함유한 제품의 경우 $0.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 평균의 3.67배 높았다.

0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때 $0.11 \pm 0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정된다. 가장 많은 불소를 함유한 제품의 경우 $0.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 평균보다 2.82배 높았고 가장 낮은 불소를 함유한 제품의 경우 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 평균보다 5.5배 낮은 불소섭취를 하게 된다. 다중분석 결과 각 제품섭취로 인한 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 있었고, 각 제조회사 간 체중 당 불소섭취량은 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

Table 18. Estimated fluoride intakes from powdered baby food for the 6 month old infant by weight

powdered milk Manufacturer	Fluoride intake with diluted water (mg)	
	0 ppm [*]	0.8 ppm [†]
Ba-2	0.00 ^a	0.02
Da-1	0.00 ^b	0.03
Aa-2	0.01 ^c	0.05
Ba-1	0.01 ^d	0.04
Ca-3	0.02 ^e	0.10
Ca-2	0.07 ^e	0.14
Aa-1	0.13 ^e	0.17
Ca-1	0.22 ^e	0.30

^{a, b, c, d, e} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

^{*} Powdered milk reconstituted in water containing 0 ppm F.

[†] Powdered milk reconstituted in water containing 0.8 ppm F.

VI. 고찰

1. 실험 방법에 대한 고찰

가. 변형된 미세확산법

HMDS 확산 방법은 1968년 Taves에 의해 개발되었다. 이 방법은 시료에 들어있는 불소를 작은 부피로 옮겨서 전극의 민감도 한계를 넘는 농도로 농축 시키는 것이다. 특히 분말형 이유식이나 우유와 같은 시료는 전극에 침착되어 전극을 불안정하게 한다. 그 정도는 시료에 포함된 단백질의 크기와 성질에 따라 다르나 2-9회 실시 후에는 반드시 제거해 주어야 한다. 그러나 HMDS 확산법을 사용하면 시료에 의한 오염 때문에 발생하는 부정확도를 제거할 수 있다. 즉 농도를 농축시켜서 전극으로 측정 가능한 농도를 만들어 주고 불순물을 제거하여 전극오염을 막아주는 확산법을 이용하면 0.02-10 ppm의 불소농도를 보다 정확하게 측정할 수 있다.

생체재료와 음식물에는 불소가 이온형태와 결합형태로 존재한다. 결합형태는 다시 산에 의해 이온상태로 될 수 있는 것과 그렇지 않는 것으로 나누어진다 (Duff, 1981; Spak 등, 1982; Taves, 1971). 분유 및 분말 이유식의 경우 대부분 낮은 농도로 존재하는데 이를 해결하기 위해서 확산 농축시키는 방법이 흔히 이용된다. 또, 산의 의해 이온형태로 전환될 수 없는 부분은 확산방법으로는 측정하기 곤란하여 소각을 시킨 뒤에 측정가능하다 (Venkateswarlu, 1975).

변형된 미세확산법은 시료의 분해와 확산을 동시에 행하는 효과적 방법으로 불소 포집액은 NaOH를 사용한다. Koga 등 (1990)은 Teflon vessel를 사용한 변형된 미세확산법을 사용하여 생체시료의 불소 회수율을 95% 이상을 얻어냈다. 이 방법은 기존방법인 수증기 증류법과 비교하여 10%높은 불소회수율을 보였는데 수증기 증류법이 전 처치로 시료를 재료 만드는 작업 등 그 분석조작이 복잡하여 불소의

손실이 있었던 것으로 예상하였다.

이 실험의 특징은 Teflon vessel이 내열성과 물리적 강도가 높아 microdiffusion을 이용한 불소 농도의 측정에 알맞고 (Singer와 Armstrong, 1954) 생체시료를 태우는 등의 조작을 가하지 않았다는 점 (Koga 등, 1990) 이다. 그리고 시료의 불소를 수집한 0.1M NaOH 용액을 다른 용기로 이동하지 않고 수집된 용기에서 그대로 측정함으로써 불소의 손실을 최소화 (Hinoide 등, 1992) 하여 미량의 저 농도 불소를 함유하고 있는 생체재료의 불소를 간단하고 빠르게 추출해 내는 방법이라는 점이다.

불소농도를 측정하는 데는 여러 가지 방법들이 소개되어오고 있는데, 이중 불소이온 전극을 사용하는 것이 그 간편성과 정확성에 의해 널리 사용되고 있다 (Edelstein 등, 1992; Weinberger 등, 1989). 통상 불소이온 전극의 측정한계는 10^{-6} M 정도이기 때문에 (Fry와 Taves 등, 1970) 이 보다 높은 농도로 농축되었을 때 정확성이 높고 선택적 확산으로 다른 불순물을 제거시켜 준다. 전극봉을 이용한 불소농도 측정은 비록 불소이온 전극이 hydroxide 이온이외에는 직접적인 간섭이 없기는 하지만, 농도자체에 반응하는 것이 아니라 활성도 (activity)에 대해 반응하기 때문에 전체적인 이온 세기를 맞추고 분유 및 분말형 이유식 내 존재하는 것보다 많은 양을 더해줌으로써 hydroxide 이온의 간섭을 피할 수 있는 범위로 용액을 완충시켜 주고, Fe^{3+} 나 Al^{3+} 와 결합되어 있을지 모르는 불소를 유리시키기 위한 citrate를 가하기 위해 TISAB을 첨가한다 (Frant와 Ross, 1968). 불소전극을 이용한 방법은 $1 \mu\text{mol}/\ell$ 에서 민감도 (sensitiviv) 한계를 가지며 전극의 상태에 따라 이 한계는 5-10배가 되기도 한다. 그러므로 우유, 혈장 등 불소농도가 매우 낮은 경우에는 정확하게 측정하기 어려우므로 농도를 농축시킬 필요가 있다. 음료수내 불소는 모두 이온형태로 존재하지만 혈액 등 생체재료와 음식물에는 이온형태와 결합형태로 존재한다. 결합형태는 다시 산에 의해 이온상태로 될 수 있는 것과 그렇지 않은 것으로 나뉘어진다고 (Duff, 1981; Spak 등, 1982; Taves, 1968, 1971). 또한 대부분이 매우 낮은 농도로 존재하는데 이를 해결하기 위하여 확산 농축시키는 방법이 널리 이용되고 있다.

2. 실험 결과에 대한 고찰

가. 분유 및 분말형 이유식으로 인한 불소 섭취량

Wiatrowski 등 (1975)은 생후 6개월까지 영아용 불소섭취가 추천되는 기준보다 높아 불소 보조제가 필요 없다고 하였으며 불소섭취량을 낮추는 방법까지 제시되었다. 이 연구에서 음료수 불소농도가 0.2 ppm 이하인 지역에서도 6개월까지는 불소보조제를 주지 않고, 6-18개월까지는 하루 0.25 mg을 줄 것을 주장하였다. Tinanoff와 Mueller (1978)는 분유자체의 불소농도 때문에 불소보조제가 필요 없다고 주장하여 비록 음료수 불소 농도가 낮은 지역에 살더라도 분유에 적절한 양의 불소가 들어있다면 불소보조제가 필요 없다고 하였다. Adair와 Wei (1978)도 생후 6개월까지의 영아에서 불소보조제를 투여하는 경우 과도한 양의 불소를 섭취하게 된다고 하였다. 1994년 제정된 ADA/CDT Guidelines for pediatric supplement dosage (Pendrys, 2000)에 의하면 0.3 ppm 미만의 음용수 불화 지역에서 생후 6개월 까지 추가의 불소 복용이 필요 없다고 명시되어 있으며 6개월 이상 영 유아에서 일일적정 불소섭취량은 0.25-0.5 mg이 권장되어왔다. 한편, 미 환경보호국 (The U.S. Environmental Protection Agency: EPA)은 미국내 각 주의 음용수 불소 농도 최대허용기준을 4 ppm 이라고 하였으며, 권장농도는 2 ppm 이라고 발표하였다 (EPA, 1998). 1995년 한국영양학회에서는 한국인 영양권장량에 불소의 매일 적정식음범위가 1.5-4.0 mg이라 명시되어 있으나 그러나 이와 같이 규정하게 된 이유가 미국 NRC (National Research Council)에서 제시한 매일 적정식음범위를 그대로 인정한 결과라고 추측 되었다 (김 등, 2002).

Table 19. ADA/CDT Guidelines for pediatric supplement dosage (1994)

Client Age	LEVEL OF FLUORIDE IN PRIMARY WATER		
	SUPPLEMENT		
	<0.3 ppm F	0.3-0.6 ppm F	>0.6 ppm F
Birth to 6 months	None	None	None
6months to 3 years	0.25 mg	0	0
3 years to 6 years	0.50 mg	0.25 mg	0
6 years to 16 years	1.00 mg	0.50 mg	0

· From Pendrys DG: Risk of enamel fluorosis in nonfluoridated and optimally fluoridated populations : Considerations for dental professionals. Journal of the American Dental Association 131:746,2000

우리나라 6개월 이하 영아의 분유 및 분말 이유식을 불소가 함유되지 않은 물로 권장방법에 따라 희석하는 경우 희석된 분유 및 분말 이유식의 불소농도는 $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ (3개월 분유), $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ (6개월 분유), $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ (6개월 분말 이유식) 으로 조사되어 분말 이유식의 경우 과량의 불소를 복용하는 것으로 조사되었다. 권장 방법에 따라 희석하였을 때 희석 분유 및 분말 이유식의 불소농도가 0.3 ppm 이상으로 조사된 제품은 영아용 분유 24제품 중에는 없었다. 그러나, 6개월 영아용 분말 이유식 8종 중 3종에서 0.3 ppm 이상의 불소농도를 갖는 것으로 조사되었으며 각각 2.13 ppm, 2.02 ppm, 0.61 ppm 이었다.

여러 연구자들의 연구에 의하면 경도의 치아불소과다증을 유발시키는 최대허용 불소섭취량은 $0.04-0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이고, 0.1 ppm 의 물로 희석한 농축액 또는 영·유아용 분유는 치아불소증을 일으킨다고 하였다 (Baelum 등, 1987; Farkas와 Farkas, 1974; Forsman, 1977; Tothk, 1975). 또 일일 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이상의 불소를 치아의 석회화시기에 공급받는 경우 mild 또는 very mild fluorosis 에 노출된 인이 되며 반점치아를 유발 한다고 알려져 왔다 (Farkas와 Farkas 등, 1974). 영아

의 체중 당 매일 불소섭취량에 대한 연구에서 Wiatrowski 등 (1975)은 0.07-0.16 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 라고 보고하였으며 Heilman 등 (1997)은 0.05-0.07 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이 적정 불소복용량이라고 보고하였다. 미국의 Institute of Medicine에 의하면 6개월 이하 영아에서 치아불소증을 포함한 인체에 부작용을 일으키지 않는 안전한 불소 섭취량은 체중 당 0.001 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이며, 대부분의 영아에서 인체에 해가 되지 않는 최대허용 불소섭취량은 체중 당 0.1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 이라고 보고한 바 있다 (Institute of Medicine, 1997).

우리나라의 경우 상품화된 분유 및 분말 이유식을 제조사의 권장섭취량에 따라 섭취할 때 일일 체중 당 불소 섭취량은 $0.02 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (3개월 영아용 분유), $0.01 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (6개월 영아용 분유), $0.06 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (6개월 영아용 분말 이유식)로 추정되었다. 3개월 분유와 6개월 분유에서 체중당 적정범위인 0.05-0.07 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 를 초과하는 제품은 없었으며 6개월 이유식 8종 중 2종의 제품에서 각각 0.13 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, 0.22 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 적정 식음범위를 초과하는 것으로 조사되었다.

나. 외국 분유 및 분말형 이유식으로 인한 불소 섭취량의 비교

최근 조사된 외국의 상품화된 분유와 불소농도를 비교해 본 결과 다음과 같았다. 일본의 상품화된 분유 10종의 불소농도는 0.30-1.00 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (mean 0.50 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) (Tomori 등, 2004) 으로 우리나라 24종의 0.2-2.84 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (mean 0.760 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)보다 낮았다. 또한 분유를 제조사의 권장방법에 따라 불소가 함유되지 않은 물로 희석하였을 때 희석분유의 불소농도는 일본의 10종 (Tomori 등, 2004), 미국의 4종 (Buzalaf 등, 2004)과 우리나라 24종에서 각각 0.04-0.12 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$, 0.07-0.21 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$, 0.03-0.37 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ 로 우리나라 분유 중 고농도 불소를 함유한 제품이 있는 것으로 조사되었다. 또한 이 결과는 1995년 김 등의 연구에서 5가지 분유를 통해 조사된 0.05 \pm 0.01 ppm 에 비해 다소 높았다. 그러나 본 연구의 경우 시료의 개수가 일본의 2.4배 미국시료의 6배로 많아 정확한 비교가 가능한 것은 아니었다.

다. 불화된 물에 의한 불소섭취량

대부분 우리나라 영아용 분유와 분말형 이유식은 물로 희석하여 섭취한다. 따라서 물에 함유된 불소농도는 영아의 일일 불소섭취량에 중요한 영향을 미친다. 더구나 다른 연령대에 비해 체중 당 많은 양의 분유 및 분말형 이유식을 섭취하게 되는 0-6개월 영아 시기는 특히 물을 통해 섭취하는 불소의 양이 매우 중요하다. 1975년 이후로 영유아식에 대한 많은 연구들 (Vlachou 등, 1992; Singer와 Ophiaug 등, 1979; Ophaug 등, 1980; Nishijima 등, 1993; Johnson과 Bawden 등, 1987; Hattab와 Wei 등, 1988; Dabeka 등, 1982)이 여러 나라를 중심으로 이루어졌는데 분석방법이나 식이패턴에 따라 다양한 수준으로 추정됨을 보고 하였다. 그러나 그 차이는 대부분 상품화된 분유를 희석하는데 사용되는 물 (Wiatrowski 등, 1975) 과 지역별 분유 및 분말형 이유식의 원료의 불소농도 (Krmer 등, 1974)에 의해 좌우되는 것으로 보고되었다. 우리나라의 경우 수돗물 불소화 사업이 시행되고 있는 지역의 경우 0.8 ppm의 농도로 불화된 물을 식음하게 되는데, 3개월과 6개월 분유 그리고 6개월 분말형 이유식을 0.8 ppm의 불화된 물로 희석하여 섭취하는 경우 일일 불소섭취량은 각각 $0.75 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.79 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.83 \pm 0.70 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 를 섭취하게 된다. 체중 당 불소섭취량은 $0.13 \pm 0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.10 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.11 \pm 0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정할 수 있다. 0.8 ppm의 불화수로 희석하는 경우 해외 여러 나라의 연구에서와 마찬가지로 우리나라의 경우에도 모든 분유 및 분말 이유식 섭취 시 영아의 적정불소식음범위인 $0.05\text{-}0.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 을 초과하게 된다.

Magarita 등 (1996)은 호주에서 영아용 분유를 1.0 ppm의 불화된 물로 희석하는 경우 체중 당 불소 섭취량의 65-97%를 물에서 섭취하게 된다고 보고 하였다. 이시기의 특징은 필요열량의 대부분을 모유 또는 분유로 공급 받는 시기로 체중 당 물 섭취량이 높기 때문일 것이다. 우리나라의 경우 3개월 영아용 분유, 6개월 분유, 6개월 분말형 이유식을 희석할 때 사용되는 물의 양은 각각 $820 \pm 38.07 \text{ ml} \cdot \text{day}^{-1}$, $868 \pm 4.33 \text{ ml} \cdot \text{day}^{-1}$, $468.75 \pm 224.19 \text{ ml} \cdot \text{day}^{-1}$ 이다. 3개월 영아용 분유의 경우

0.8 ppm의 물로 분유를 희석하는 경우 총 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 섭취하며 이 중 물을 통해 섭취하는 불소는 $0.11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 총 불소 섭취량의 84.6%이다. 6개월 영아의 경우 이유식과 분유를 혼용하는 시기이다. 대한 소아과학회 영양위원회에서는 6개월 월령까지 일일 약 1회의 이유식을 권장하므로 6개월 영아용 분유 권장량에서 1회 분량을 줄이고 대신 1회 분량의 분말형 이유식을 추가하는 것 (대한 소아과학회 영양위원회, 1994)으로 1일 불소섭취량을 추정 하였다. 이 경우 분유로부터 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 섭취하게 되며 분말형 이유식으로부터 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 섭취하게 된다. 그리고 이들을 희석할 때 0.8 ppm의 물을 사용하게 되면 $0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 섭취하게 되어 총 $0.11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 불소를 섭취하며 이 중 물을 통해 섭취하는 불소는 총 불소섭취량의 81.8%이다. 0.8 ppm의 물로 분유 및 분말 이유식을 희석할 때 3개월 영아의 체중 당 불소섭취량이 6개월 영아의 체중당 섭취량 보다 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 초과한다. 그 이유는 분말형 이유식의 경우 회사별 섭취방법이 우유병에 넣어 먹이는 방법과 숟가락으로 떠먹이는 방법의 두 가지로 제시되며, 숟가락으로 떠먹이는 경우는 우유병에 넣어 먹이는 경우보다 적은양의 물을 혼합하게 되어 비교적 적은양의 물과 함께 분말형 이유식을 섭취하게 되기 때문이다.

Table 20. Estimation of daily fluoride intake from powdered milk and powdered baby food

	3 month old infant		6 month old infant	
	mg · kg ⁻¹ · day ⁻¹	%	mg · kg ⁻¹ · day ⁻¹	%
Powdered milk	0.02	15.4	0.01	9.1
Powdered baby food			0.01	9.1
0.8 ppm diluted water	0.11	84.6	0.09	81.8
Total	0.13	100	0.11	100

우리나라에서 분유를 희석하는 물은 일반적으로 불화되지 않은 수돗물과 불화된 수돗물 그리고 상판화된 생수, 지하수 및 정수기 이용 등을 고려할 수 있다. 우리나라에서 불화되지 않은 도시 관급수의 불소이온 농도는 0.0-0.9 ppm 이고 시판 지하수의 불소이온농도는 0.0-0.7 ppm 으로 조사된 바 있다 (이 등, 2001). 정수기의 경우 역삼투압 방식은 불소를 완전히 제거하도록 설계되어 불소를 포함하지 않으며 정수기를 사용하는 경우 대부분의 불소가 소실된다고 보고 된 바 있다 (이 등, 1993).

라. 제조사와 상품 별 분유와 분말형 이유식 불소함량의 차이

분유와 이유식의 불소함량은 분유의 경우 평균 $0.76 \pm 0.60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 이고 이유식의 경우 평균 $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 이었다. 이러한 연구의 결과를 살펴볼 때 분유는 원유가 주 재료가 되므로 각 제품별 불소농도에 큰 차이가 없는 반면 분말형 이유식은 다양한 재료가 포함되어 보다 높은 농도의 불소가 포함된 것으로 보인다. 제조회사와의 관련성을 보기위해 제조사별 분유와 분말형 이유식의 불소농도를 다중분석한 결과 분유군에서 제조회사 간 불소농도는 유의한 차이가 있었으며 ($P < 0.05$) 분말형 이유식군에서 제조회사 간 불소농도는 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Table 21. Fluoride content of powdered milk and powdered baby food by manufacturer

Manufacturer	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	Powdered milk	Powdered baby food
A	0.85 ± 0.70^a	7.40 ± 7.42
B	0.95 ± 0.42^a	1.10 ± 0.32
C	0.62 ± 0.73^a	6.72 ± 5.81
D	0.33 ± 0.04^b	0.85 ± 0.16

All values are mean \pm SD.

^{a, b} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

각 분유와 분말형 이유식의 같은 제조회사 내 제품 간 불소농도 차이를 보면 A, B, C, D 네 개 업체에서 제조되는 업체 내 분유 및 분말형 이유식간 불소함량에서 유의한 차이를 보여 ($P < 0.05$) 같은 제조회사에서도 분유 및 분말형 이유식의 불소함량에 차이가 있는 것으로 조사되었다.

Table 22. Fluoride content difference among products of same manufacturer

Manufacturer	Product	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Manufacturer	Product	Fluoride concentration ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
A	Aa-1	14.17 ^a	B	Bs-2	0.80 ^b
A	As-3	2.54 ^b	B	Bf-1	0.27 ^a
A	As-4	0.94 ^c	C	Ca-1	14.28 ^a
A	Af-3	0.76 ^{cd}	C	Ca-2	4.32 ^b
A	Af-2	0.64 ^{cd}	C	Cf-2	2.14 ^c
A	Aa-2	0.63 ^{cd}	C	Ca-3	1.56 ^d
A	Af-1	0.61 ^{cd}	C	Cs-2	0.57 ^e
A	Af-4	0.60 ^{cd}	C	Cs-3	0.39 ^e
A	As-2	0.51 ^{de}	C	Cf-3	0.39 ^e
A	As-1	0.21 ^e	C	Cf-1	0.32 ^e
B	Ba-1	1.38 ^a	C	Cs-1	0.32 ^e
B	Bs-3	1.37 ^a	D	Da-1	0.85 ^a
B	Bf-3	1.37 ^a	D	Df-2	0.36 ^b
B	Bf-2	1.05 ^b	D	Ds-2	0.36 ^b
B	Bs-1	0.82 ^b	D	Df-1	0.32 ^b
B	Ba-2	0.82 ^b	D	Ds-1	0.29 ^b

^{a, b, c, d, e} by Duncan's multiple range test

Means with the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

원산지별 불소농도를 국내원료9종, 수입원료19종, 혼합원료 (국내+수입) 4종으로 구분하여 살펴본 결과 각각 불소농도는 $0.97 \pm 0.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $1.41 \pm 3.10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $5.12 \pm 5.74 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 순으로 조사되어 국내 원료의 경우 가장 낮은 불소농도가 측정되었다.

마. 연구의 한계

분유 및 이유식의 경우 각 원료의 생산 시기나 원료의 생산지에 따른 변화가 있을 수 있다. 본 연구는 샘플수집기간이 2005년 5월부터 2005년 10월까지로 제한적이어서 각 시기별 또는 원산지별로 불소의 함량이 달라질 수 있음을 고려해야 할 것이다.

분유 및 분말 이유식 섭취량 및 회석 방법은 분유 및 분말 이유식을 공급하는 사람에 따라 공급량이나 회석방법에 있어 차이가 있을 것이다. 그러나, 본 연구에서는 이러한 차이에 대한 고려가 이루어지지 못했으며 제조사의 월령별 권장량 및 권장방법에 따른 섭취량을 근거로 하였기 때문에 실제 섭취량과는 다소 차이가 있을 수 있다.

본 연구에서 우리나라 영아의 불소섭취기준을 미국 등 해외연구에 두었는데 이는 아직 우리나라 영아에서 적정불소 소비량에 대한 기준이 없기 때문이다. 불소 섭취 기준에 대한 다각적 연구를 통해 우리나라 인구의 연령별, 체중별 불소섭취 기준이 세워진다면 보다 적절한 영아의 불소섭취기준을 세울 수 있을 것이다.

VII. 결론

본 연구는 우리나라 4개 제조사에서 제조 판매되는 0-6개월 영아용 분유 및 분말형 이유식의 불소농도를 조사하여 우리나라 6개월 이하 영아의 불소섭취량을 조사하고자 하였다. 우선, 우리나라의 6개월 이하 영아가 분유 및 분말 이유식의 불소농도를 조사하였다. 이를 바탕으로 분유 및 분말 이유식을 통해 섭취하는 일일 불소 섭취량과 체중 당 불소섭취량을 추정하였다. 불소농도 측정을 위하여 Teflon vessel를 이용한 변형된 미세확산법을 이용하여 분유 및 분말 이유식의 불소를 분리하였으며 수소이온농도이온선택성전극연결이온농도측정기 (ORION Model 720A PH/ISE)와 불소이온 전극 (ORION Fluoride Electrode 9609BN)을 사용하여 불소농도를 측정하였고 그 결과는 다음과 같았다.

1. 우리나라 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식에 함유된 불소농도는 각각 $0.74 \pm 0.55 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.76 \pm 0.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 이었다.
2. 우리나라 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식을 제조상품별 권장 희석방법에 따라 희석하였을 때 희석분유 및 분말이유식의 불소농도는 각각 $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 이었다.
3. 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식의 일일 불소섭취량은 증류수로 희석하였을 때 $0.09 \pm 0.07 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.10 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.45 \pm 0.62 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정된다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 희석하였을 때에는 각각 $0.85 \pm 0.09 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.90 \pm 0.8 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.89 \pm 0.76 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정되었다.
4. 우리나라 3개월과 6개월 영아용 분유와 6개월 영아용 분말형 이유식을 통한 체중 당 불소섭취량은 증류수로 희석하였을 때 $0.02 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.01 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.06 \pm 0.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정된다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 희

석하였을 때 각각 $0.13 \pm 0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.10 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.11 \pm 0.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정되었다.

이상의 결과로 우리나라에서 제조 판매되는 6개월 이하 영아의 분유 및 분말 이유식을 제조사의 권장 방법에 따라 희석하였을 때 희석 분유 중 불소농도가 0.3 ppm 이상으로 조사된 제품은 3개월 영아용 분유 12종과 6개월 영아용 분유 12종 중에 없었다. 그러나, 6개월 영아용 분말 이유식 8종 중 3종에서 0.3 ppm 이상의 불소농도를 갖는 것으로 조사되었는데 각각 $2.13 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, $2.02 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, $0.61 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 이었다.

또, 체중 당 불소섭취량은 불소가 포함되지 않은 물로 희석할 경우 6개월 분말형 이유식 8종 중 2종에서 각각 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 으로 체중 당 권장량인 $0.05\text{-}0.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었다. 이를 0.8 ppm의 불화수로 분유를 희석하는 경우 3개월과 6개월 용 모든 분유에서 체중 당 권장량을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었으며 분말형 이유식 중 4종에서 체중 당 권장량을 초과하는 불소를 섭취하게 될 것으로 추정되었다.

본 연구를 통하여 우리나라에서 제조 판매되는 6개월 이하 영아의 분유 및 분말이유식의 불소농도는 대부분 적정범위이지만 이를 초과하는 제품들이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 분유 및 분말이유식의 불소농도가 제조과정에서 고려되어야 할 것으로 보인다. 또한 영아의 분유 및 분말 이유식을 희석할 때 불소가 함유되지 않은 물을 이용하는 것이 바람직할 것으로 조사되었다.

참고문헌

김종욱: 각종 분유내의 불소 농도와 영아 불소 섭취에 관한 연구. 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 서울, 1995.

대한소아과학회 서울지회 편저: 아기의 영양. 연령별 육가백과 내용 중 별책. 2005.

대한 소아과 학회 영양위원회: 이유식. 1994.

박선이: 시판되는 이유식의 불소 함량과 유아의 불소 섭취에 관한 연구. 석사학위 논문, 서울대학교 대학원, 서울, 1995.

이광수, 김진태. 김종철: 불소화 상수에 대한 정수기 사용 시 불소농도변화에 관한 연구. 대한 소아과학회지 20(1): 309-317, 1993.

이희용, 백대일, 김종배, 문혁수: 도시관급수 및 시판지하수의 불소이온농도에 관한 조사연구. 대한 구강보건학회지 25 : 61-77, 2001.

한국영양학회: 한국인 영양권장량 7차 개정. 사단법인 한국영양학회. 2000.

Aasenden R, Peebles IC: Dffects of fluoride supplementation from birth on human deciduous and permanent teeth. *Archs Oral Bio* 19: 321-326, 1974.

Adair SM, Wei SHY: Supplemental fluoride recommendations for infants based on dietary fluoride intake. *Caries Res* 12: 86-82, 1978.

Adar SM, Wei SHY: Fluoride content of commercially prepared strained fruit juices. *Pediatric Dent* 1: 174-76, 1979.

American Dental Association : Prescribing fluoride supplements. In Accepted Dental Therapeutics 1975. Chicago.

Babeaux WL, Sipkin I: Dental aspects of the prenatal demineralization of fluoride. *J Oral ther Pharmacol* 3(2): 124-135, 1996.

Baelum V, Fejerskov O, Manji F, Larsen MJ: Daily dose of fluoride and dental fluorosis. *Dan Dent J* 91: 452-6, 1987.

Burt BA: The increase in dental fluorosis in the United States. Should we be concerned? *Pediatric Dent* 16(2):146-151, 1993.

Buzalaf MA, Damante CA, Trevizani LM, Granjeiro JM: Risk of fluorosis associated with infant formulas prepared with bottled water. *J Dent Child* May-Aug; 71(2): 110-3, 2004.

Dabeka RW, McKenzie AD, Conacher HBS, Kirkpatrick DC: Determination of fluoride in Canadian infant foods and calculation of fluoride intakes by infants. *Can J Public Health* 73:188-191, 1982.

DePaola DP et al: Nutrition in relation to dental medicine. In Shils ME et al. (eds): *Modern Nutrition in Health and Disease*, 8th ed. 1994, pp. 1007-1028, Lea & febiger, Philadelphia.

Duff EJ: Total and ionic fluoride in milk. *Caries Res* 15: 406-408, 1981.

Edelstein BL, Cottrel D, O'Sullivan D, Rinanoff N: Comparison of colorimeter

and electrode analysis of water fluoride. *Pediat Dent* 14(1): 47-49, 1992.

Ekstrand J, Spak CJ, Univestad H: Distribution of fluoride to human breast milk, Following intake of high doses of fluoride. *Caries Res* 18:93-95, 1984.

Ekstrand J: Fluoride intake in early infancy. *J Nutr* 119: 1856-1860, 1989.

Ekstrand J, Fomon S, Zegler EE and Nelson S: Fluoride pharmacokinetics in infancy. *Pediatr Res* 35: 157-63, 1994.

Ericsson Y, Rebelius U: Wide variations of fluoride supply to infants and their effect. *Caries Res* 5: 78-88, 1971.

Esala S, Vuori E, Helle A: Effect of maternal fluoride intake in breast milk fluorine content. *Br J Nutr* 48: 201-204, 1982.

Farkas CS, Farkas EJ: Potential effect of food processing on the fluoride content of infant foods. *Sci Total Environ* 2: 399-405, 1974.

Fejerskov O, Ekstrand J, Nriani A, Burt B: Fluoride in dentistry 2nd edition, 1996.

Forrester DJ and Schulz EM: In Workshop on Fluorides and Dental Caries reduction. 1974, University of Maryland, Baltimore.

Forsman B: Early supply of fluoride and enamel fluorosis. *Scand J Dent Res* 85: 22-30, 1977.

Frant MS and Ross JW: Use of total ionic strength adjustment buffer for

electrode determination of fluoride in water supplies. *Anal Chem* 40(7): 1169-1171, 1968.

Fry BW and Traves DR: Serum fluoride analysis with the fluoride electrode. *J Lab Clin Med* 75(6): 1020-1025, 1970.

Hattab FN, Wei SHY: Dietary sources of fluoride for infants and children in Hong Kong. *Pediatr Dent* 10: 13-18 1988.

Helliman JR, Kiritsy MC, Levy SM: Fluoride concentrations of infant foods. *J Am Dent Assoc* 128: 857-863, 1997.

Hinoide M, Koga H, Inoue K, Imai S, Takaesu Y, Nishizawa T: Modified microdiffusion method of fluoride analysis with a Teflon vessel. *Journal of Dental Health* 42: 239-245, 1992.

Howat AP, Nunn JH: Fluoride levels in milk formulations. *Brit Dent J* 150: 276-278, 1981.

Institute of Medicine: Fluoride. In. Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and Fluoride. 1997, 288-313. National Academy Press, Washington D. C.

Johnson J, Bawden JW: The fluoride content of infant formulas available in 1985. *Pediatr Dent* 9: 33-37, 1987.

Koga H, Tanabe Y, Rakaesu Y; Modified Microdiffusion Method for fluoride Analysis of Foodstuffs. *Shikwa Gakuho* 90: 979~982, 1990.

Krmer L, Osis D, Wiatrowski E, Spencer H: Dietary fluoride in different areas

in the United States. *Am J Clin Nutr* 27: 590-594, 1974.

Leverett D: Appropriate use of systemic fluoride. Considerations for the '90s. *J Pub Health Dent* 51(1): 42-47, 1991.

Logan WAG, Kronfeld R: Adapted and slightly modified by Massler and Shour. *J Am Dent Assoc* 20: 420, 1933.

Margarita Silva CD, Eric C, Reynolds EC: Fluoride content of infant formulae in Australia. *Australian Dental Journal* 41(1): 37-42, 1996.

McKay FS: The study of mottled enamel. *L Am Dent Assoc* 44(2): 133-137, 1952.

Nishijima MT, Koga H, Maki Y, Rakaesu Y: A comparison of daily fluoride intakes from food samples in Japan and Brazil. *Bull Tokyo dent Coll* 34: 43-50, 1993.

Ophaug RH, Singer L, Harland BF: Estimated fluoride intake of average two-year-old children in four dietary regions in the United States. *J Dent Res* 59: 777-81, 1980.

Ophaug RH, Singer L and Harland BF: Estimated fluoride intake of 6-month old infants in four dietary regions of the United States. *Am J Clin Nutr* 42: 701-707, 1980.

Pendrys D and Stamm J: Relationship of total fluoride intake to beneficial effects and enamel fluorosis. *J Dent Res* 69(Spec Iss): 529-538, 1990.

Pendrys DG: Risk of enamel fluorosis in nonfluoridated and optimally fluoridated populations : Considerations for dental professionals. *Journal of the*

American Dental Association 131: 746, 2000.

Richards A, Fejerskov O: Enamel fluoride concentrations in relation to stage of enamel development. *J Dent Res* 72:96, 1992.

Ripa L W, Clark DC: Water fluoridation In Harris NO, Garcia-Godoy F. Primary preventive dentistry, 5th ed. 1999, 155-197, Appleton & Lange, Stanford.

Singer L, Armstrong WD: Determination of fluoride procedure based upon diffusion of hydrogen fluoride. *Anal Chem* 26: 904~906, 1954.

Singer L, Ophaug RH: Total fluoride intake of infants. *Pediatrics* 63: 460-466, 1979.

Spak CJ, Ekstrand J, Zylberstein D: Bioavailability of fluoride added to baby formula and milk. *Caries Res* 16: 249-256, 1982.

Sucking GW, Thurley DC, Nelson DGA: The macroscopic and scanning electron-microscopic appearance and microhardness of the enamel, and the related histological changes in the enamel organ of erupting sheep incisors resulting from a prolonged low daily dose of fluoride. *Arch Oral Biol* 33: 361-73, 1988.

Suttie JW, Carlsson JR, Faltin EC: Effect of alternating periods of high and low fluoride ingestion on dairy cattle. *J Dairy Sci* 55: 790-804, 1972.

Szpunar SM, Burt BA: Evaluation of appropriate use of dietary fluoride supplement in the US. *Community Dent Oral Epidemiol* 20(3): 148-154, 1992.

Szpunar SM, Burt BA: Trends in the prevalence of dental fluorosis in the

United States : A review. *J of Pub Health Dent* 47(2)71-79, 1987.

Taves DR: Evidence that there are two forms of fluoride in human serum. *Nature* 217: 1050-1051, 1968.

Taves DR: Comparison of "organic" fluoride in human and nonhuman serums. *J Dent Res* 50(3): 783, 1971.

Tinaoff N, Mueller B: Fluoride content in milk and formula for infants. *J Dent Child* 46: 53-55, 1978.

Tomori T, Koga H, Maki Y, Takaesu Y: Fluoride analysis of foods for infants and estimation of daily fluoride intake. *J. Bull Tokyo Coll* 45(1): 19-32, 2004.

Toth K: fluoride ingestion related to body weight. *Caries Res* 9: 290-1(abstract), 1975.

U.S. Public Health Service: Review of Fluoride: Benefits and Risks. Report of the Ad Hoc Subcommittee to Coordinate Environment Health and Related Programs. February 1991, Washington DC.

Venkateswarlu P: Fallacies in the determination of total fluoride and nonionic fluoride in the diffusates of unashes sera and ultrafiltrates. *Biochem Med* 14: 368-377, 1975.

Vlachou A, Drummond BK, Curzon MEJ: Fluoride concentrations of infants foods and drinks in the United Kingdom. *Caries Res* 26: 29-32, 1992.

Weinberger SJ, Johnston DW, Wright GZ: A comparison of two systems for

measuring water fluoride ion level. *Clin Prev Dent* 11(5): 19-22, 1989.

Wiatrowski E, Kramer L, Osis D, Spencer H: Dietary fluoride intake of infants, *Pediat* 55: 517-522, 1975.

Zipkin I, Babeaux WL: Maternal transfer of fluoride. *J Oral Ther Pharmacol* 58: 652-665, 1965.

Abstract

Estimation of daily-fluoride intake of 6 month old or younger infants from commercialized powdered-milk and babyfood in Korea.

Hie-Jin Noh

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Ho-Kwen Kwon, D.D.S, M.P.H, Ph.D)

The purpose of this study was to analyse the fluoride content of Korean infant powdered milk and powdered babyfood, to estimate daily fluoride intake calculated and to evaluate the proper intake amount of fluoride for a 6 month old or younger infant from commercialized powdered milk and babyfood in Korea in 2005. The fluoride concentrations of 20 kinds of commercialized powdered milk and 8 kinds of commercialized powdered babyfood samples were assessed by a modified microdiffusion method and fluoride ion selective electrode.

The obtained results were as follow;

1. The concentration of fluoride content in powdered milks for 3 month old and 6 month old infant and powdered baby foods for 6 months infant were $0.74 \pm 0.55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $0.76 \pm 0.65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ and $4.75 \pm 5.71 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively.

2. The fluoride concentration of powdered milks for 3 month old infant was $0.10 \pm 0.09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, fluoride concentration of powdered milks for 6 month old infant was $0.10 \pm 0.08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ and fluoride concentration of powdered babyfoods for 6 month old infant was $0.49 \pm 0.66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

3. When these baby foods are diluted with distilled water, the estimates of daily fluoride intake were as follows. The estimate of powdered milks for 3 month old infant was $0.09 \pm 0.07 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, that of powdered milks for 6 month old infant was $0.10 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$ and that of powdered babyfood for 6 month old infant was $0.45 \pm 0.62 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$. In case of reconstituting 0.8 ppm fluoride water, the estimates of daily fluoride intake were as follows. The estimate of powdered milks for 3 month old infant was $0.75 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$, that of powdered milks for 6 month old infant was $0.79 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$ and that of powdered baby food for 6 month old infant was $0.83 \pm 0.70 \text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$.

4. In case of reconstituting distilled water, the estimates of daily fluoride intake per weight were as follows. the estimate of powdered milk for 3 month old infant was $0.02 \pm 0.01 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$, that of powdered milk for 6 month old infant was $0.01 \pm 0.01 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ and that of powdered babyfood for 6 month old infant was $0.06 \pm 0.08 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$. In case of reconstituting 0.8 ppm fluoride water, the estimates of daily fluoride intake per weight were as follows. The estimate of powdered milk for 3month old infant was $0.13 \pm 0.02 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$, that of powered milk for 6 month old infant was $0.10 \pm 0.01 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ and that of powdered babyfood for 6 month old infant was $0.11 \pm 0.10 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$.

5. As the results mentioned above, there was no powdered milk out of 12 kinds of powdered milk for 3 month old infant that went over 0.3 ppm fluoride concentration. However, there was one powdered milk for 6 month old infant that went over 0.3 ppm fluoride concentration. In addition, there were 3 out of 8 powdered baby foods for 6 month old infant that went over 0.3 ppm fluoride concentration; which are $2.13 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, $2.02 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, $0.61 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectively.

6. In case of reconstituting no fluoride water, there were 2 out of 8 powdered babyfoods for 6 month old infant, estimated to exceed the recommendation of daily fluoride intake per weight ($0.05\text{--}0.07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$). Their estimates of daily fluoride intake per weight were $0.13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ and $0.22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$. In case of reconstituting 0.8 ppm fluoride water, all powdered milk products were estimated to exceed the recommendation of daily fluoride intake per weight and there were 4 babyfoods for 6 month infant that were estimated to exceed the recommendation of daily fluoride intake per weight.

Based on this study, most of powdered milk and babyfood products in Korea contain the appropriate concentration of fluoride, but there were some products that exceeded the recommendations. For this reason, manufacturers should consider the content of fluoride in their manufacturing process. It was desirable to use no fluoride water in diluting powdered milk and baby foods.

Key Word: babyfood product, dental fluorosis, fluoride, infant, powdered milk

부록1.

Table 23. Chronology of Development of the Human Dentition

Tooth	Hard Tissue Formation Begins		Enamel Complete	
	Primary Dentition	Permanent Dentition	Primary Dentition	Permanent Dentition
Maxillary				
Central incisor	4 mo in utero	3-4 mo	11/2 mo	4-5 yr
Lateral incisor	4 1/2 mo in utero	10-12 mo	2 1/2 mo	4-5 yr
Cuspid	5 mo in utero	4-5 mo	9 mo	6-7 yr
First bicuspid		11/2-13/4 yr		5-6 yr
Second bicuspid		2-2 1/4 yr		6-7 yr
First molar	5 mo in utero	at birth	6 mo	2 1/2-3 yr
Second molar		2 1/2-3 yr	11 mo	7-8 yr
Mandibular				
Central incisor	4 1/2 mo in utero	3-4 mo	2 1/2 mo	4-5 yr
Lateral incisor	4 1/2 mo in utero	3-4 mo	3 mo	4-5 yr
Cuspid	5 mo in utero	4-5 mo	9 mo	6-7 yr
First bicuspid		13/4-2 yr		5-6 yr
Second bicuspid		2 1/4-2 1/2 yr		6-7 yr
First molar	5 mo in utero	at birth	5 1/2 mo	2 1/2-3 yr
Second molar	6 mo in utero	2 1/2-3 yr	10 mo	7-8 yr

Adapted and slightly modified by Massler and Shour from Logan WAG, Kronfeld R : J Am Dent Assoc 1993;20:420.

From DePaola DP et al. Nutrition in relation to dental medicine. In Shils ME et al.(eds): Modern Nutrition in Health and Disease, 8th ed. Lea & Febiger, 1994; 1007-1028, Philadelphia.