

원 저

불소치약 사용후 시간변화에 따른 구강내 타액의 불소농도 변화에 대한 연구

권호근 · 김백일 · 이영희 · 김권수 · 조본정
연세대학교 치과대학 예방치과학교실

색 인 : 불소치약, 타액내 불소농도

I. 서 론

현재 많은 선진국에서 치아우식증 발생이 감소되고 있는 주요한 원인으로 많은 연구자들은 불소의 광범위한 사용을 들고 있다. 1942년 H.T. Dean이 마시는 물에 불소가 1 ppm만 함유되어 있어도 치아우식유병율을 감소시키는데 효과적이라는 사실을 발견한 이래로 불소는 상수도수에 첨가되거나 치과 임상에서 국소도포용 용액이나 젤 또는 일상적으로 사용하는 치약에 첨가되어 치아우식증 예방에 이용되었다¹⁾. 세계보건기구의 보고에 의하면 최근 20년간 치아우식증 발생의 감소는 불소치약의 광범위한 사용을 그 주요한 원인으로 들고 있다^{2), 3)}. 따라서 우리나라와 같이 상수도불소화나 공중구강보건사업이 널리 확대 실시되지 못한 지역에서는 개인 예방프로그램이 특히 중요하며 이러한 개인 예방프로그램에 있어서 불소치약의 사용은

매우 중요하다⁴⁾.

불소치약의 개발은 1945년 이전에 이미 시작되었고⁵⁾, 그후로도 불소치약의 치아우식에 방효과에 대한 많은 임상 실험과 연구가 진행되었다^{4), 6-8)}. 이러한 연구들을 통해 치약에 적절한 농도의 불소가 함유될 경우 불소치약이 치아우식증 예방에 매우 효과적인 방법임을 알아내게 되었다⁶⁾. 불소치약의 치아우식 예방효과를 알아보기 위한 최초의 임상실험에서는 0.1%의 불화나트륨과 탄산칼슘이 마모제로 함유된 불소치약을 이용하였다. 그러나 마모제와 불소와의 화학작용으로 유효 불소 함량이 급속히 감소하여 불화나트륨치약은 치아우식증 감소에 별효과가 없는 것으로 입증되었다⁶⁾.

초기 단계에 불소치약 제조에는 대부분 불화나트륨 (NaF)을 이용하였으나 현재는 여러 형태의 불소, 예를 들면 일불소인산나트륨 (SMFP), 불화주석 (SnF₂), amine fluoride 등이

* 본 연구는 1995년도 연세대학교 신입교원학술연구비 지원에 의해 수행됨

* 이 논문의 요지는 1996년 11월 1일 제2차 아시아예방치학회에서 발표하였음.

특성에 따라 사용되고 있다⁶⁾. 즉 초기 단계에는 불화나트륨 형태로 불소를 첨가하였으나 치약에 함유된 마모제와의 적합성 문제로 인하여 불화주석을 사용하게 되었다⁹⁾. 그 후 여러 연구에서 불화주석을 함유한 불소치약의 치아우식증 감소효과는 입증되었다¹⁰⁻¹⁴⁾. 그러나 불화주석이 치아를 착색시키고 치약에 함유된 마모제인 calcium pyrophosphate가 불소를 불활성화시킴으로써 유효기간이 단축되는 것으로 보고되었다¹⁵⁾. 1969년 일불소인 산나트륨과 IMP를 마모제로 함유한 치약이 미국치과의사협회의 공인을 얻게 되고¹⁶⁾, 다른 불소 형태에 비해 일불소인산이온이 치약에 함유된 대부분의 마모제와 적합하다는 사실이 밝혀진 이후 일불소인산나트륨을 치약에 널리 이용하게 되었다. 그러나 최근 들어 불화나트륨이 다른 불소화합물보다 치아우식증 예방에 효과적이라는 연구 결과가 보고되고 있으며 또한 hydrated silica와 같이 불화나트륨과 적합한 마모제가 개발되어 이를 치약에 이용하게 되었다¹⁷⁾. 따라서 현재 가장 널리 사용되는 불소제제로는 불화나트륨과 일불소인산나트륨이 있으며, 지난 10년간 이 두 제제의 상대적인 치아우식예방 효능에 대해 상당한 논란이 있어 왔다. 1991년 Mellberg가 보고한 바에 의하면¹⁸⁾ 적합한 마모제를 이용하기만 한다면 사용하는 불소형태와는 무관하게 효과가 있으며, 어느 경우든 불소농도를 증가시키면 효과도 증가한다고 하였다. 그러나 1991년 S. Bjarnason¹⁹⁾가 저농도 (300 또는 250 ppm)와 고농도 (1,000 ppm)의 불소 농도가 다른 두 종류의 불소치약의 치아우식 예방효과를 비교해 본 결과 통계적인 유의차는 없었다. 또한 두 연구 모두에서 저농도 이하의 불소 사용은 효과가 없음을 지적하였다. 불화나트륨의 항우식효능에 대한 실험 연구²⁰⁾나 일불소인산나트륨의 항우식효능에 대한 실험 연구²¹⁾에서 모두 불소치약의 항우식효능은 입증되었다. 그러나 불화나트륨과 일불소인산나트륨간 항우식효능의 비교연구들을 살펴보면 1988년 미국치과의사협회의 치과재료약제위원회와 1993년 International Scientific

Assembly에서의 보고와 Mellberg¹⁸⁾, Proskin²²⁾,²³⁾ 등에 의하면 두 불소제제간 효과의 차이가 없다고 하였다. 또한 불소치약의 항우식효능에 영향을 주는 요인으로는 타액내 불소의 유효성 (Availability)이 가장 중요한 변수임이 이미 제시된 바 있다²⁴⁾. 또한 칫솔질 후 타액내 불소 잔류는 불소치약에 함유된 불소 화합물의 형태 및 농도와 같은 변수들에 의해 결정된다²⁵⁾. 이밖에 요인으로 불소치약 사용 후 타액내 불소농도에 영향을 주는 요인으로 하루에 칫솔질하는 횟수, 치약 사용량, 칫솔질하는 시간, 칫솔질 후 양치하는 횟수 및 방법 등이 영향을 주는 것으로 보고되고 있다²⁶⁾.

이와 관련된 국내 연구로는 시판중인 불소치약의 칫솔질 후 타액내 불소이온농도 변화에 대한 연구 등이 있다^{27), 28)}. 1996년도 홍등은 일불소인산나트륨을 처리한 경우보다 불화나트륨으로 처리한 경우 법랑질내 불소 함량이 더 높았다고 보고하였다. 그러나 아직 국내에서는 불화나트륨함유치약과 일불소인산나트륨함유치약간에 칫솔질후 타액내 불소이온농도 차이에 대한 임상적인 비교연구가 미흡한 실정이다. 현재 불소치약과 관련하여 우리 나라에서 논란이 되고 있는 것은 현재 시판되는 불소치약이 과연 치아우식증 예방에 효과가 있을 정도로 유효 불소가 함유되어 있는가 하는 점과, 함유되어 있다면 그 효과의 정도와 지속시간은 얼마나 되는가 하는 점이다. 또한 치약의 불소 화합물로 많이 쓰이는 불화나트륨과 일불소인산나트륨 중 어느 것이 치아우식 예방효과가 더 높은가 하는 점이다. 일반적으로 불소치약의 효능을 평가하는 방법으로는 동물을 이용한 실험과 인체를 대상으로 하는 임상 시험 등이 있다. 그러나 치약의 효능을 측정하는 방법으로 치아우식증 발생 정도를 독립변수로 사용하는 임상 연구는 우식증 측정시 객관성을 유지하기 어렵고 다른 혼란 변수를 통제하기 어렵기 때문에 같은 치약을 사용하여도 상당히 다른 결과가 나올 수 있다. 본 연구에서는 치약의 우식 예방효과를 보기 위해서 실험군과 대조

군으로 나눈 후 현재 우리 나라에서 시판되고 있는 불화나트륨 함유치약과 일불소인산나트륨 함유치약 및 불소가 함유되어 있지 않지 않은 치약을 사용하여 칫솔질 후 타액내 불소의 잔류 농도 및 지속성에 대하여 조사하였다.

이에 본 연구의 목적은 첫째로 한국에서 시판되고 있는 불소치약에 함유된 불소의 효능을 알아보기 위하여 치아우식증 예방과 밀접한 관계가 있는 칫솔질 후 시간 변화에 따른 타액내 불소이온 농도의 변화를 조사하고자 하였다. 둘째는 국내에 시판 중인 불화나트륨 함유치약과 일불소인산나트륨 함유치약의 효능을 비교하기 위하여 두 종류의 치약 사용 후 시간에 따른 타액내 잔류불소이온농도 변화의 차이를 보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험 대상

연구 대상은 22세에서 25세의 모두 정상적인 자연치열을 가지고 있고 구강위생상태가 양호하고 건강한 남녀 치과대학생 32명의 선정하였다. 선정 방법은 현재 타액 분비에 영향을 미칠 수 있는 전신 질환, 예를 들어 두경부에 방사선 치료를 받고 있거나 류마티스성관절염, 쇼그렌중후군, 유육종증 등과 같은 자가 면역성 질환, 폐경기, 당뇨 (type I), 신경성 식욕부진, 영양 장애와 빈번하게 단식을 반복하는 경우 등이 없는 사람을 선정하였다. 또한 지난 6개월 동안 타액 분비에 영향을 준다고 알려져 있는 약물, 예를 들어 항우울제, 이뇨제, 항히스타민제와 마취제 등이나 기타의 구강건조증상을 치료하기 위해 약물을 복용한 사람은 연구 대상에서 제외하였다. 그리고 이들 실험 대상들에 대하여 자극성 타액과 비자극성 타액 분비율을 사전에 조사하여 비자극성 타액 분비율이 분당 0.1 ml 이하인 경우는 연구 대상에서 제외하였다^{29), 30)}. 또한 다른 전신 질환 등으로 인하여 약을 투여 받고 있는 경우나, 상수도불소화지역에 거

주하거나 음용수로 광천수를 이용하는 경우에도 실험 대상에서 제외시켰다. 이러한 방법에 의하여 최종적으로 32명을 선정하였다.

2. 실험 방법

2.1 연구 설계

본 임상 실험은 비교대조군 연구로 실험 대상들은 무작위로 세 군으로 나누어 대조군은 불소가 전혀 함유되지 않은 치약을 사용하게 하였고, 첫 번째 실험군은 일불소인산나트륨 (Sodium Monofluorophosphate, SMFP)이 함유되어 있는 치약을 사용하게 하였으며, 두 번째 실험군은 불화나트륨 (Sodium Fluoride, NaF)이 함유되어 있는 치약을 사용하게 한 후 타액내 불소 농도의 변화를 측정하였다.

실험대상자들에게는 실험에 들어가기 10일 전부터 불소가 함유되지 않은 동일한 치약과 동일한 칫솔을 사용하도록 하였다. 또한 이때부터 전 실험 기간을 통하여 불소 함량이 높은 식품, 예를 들어 해산물, 어패류, 녹차, 광천수 또는 광천수로 제조된 음료수 등의 섭취를 하지 않도록 사전에 교육을 실시하였다. 또한 사전 교육을 통하여 실험대상자들로 하여금 일일 칫솔질 횟수는 3회, 칫솔질 시간은 1분, 칫솔질 방법은 회전법, 사용하는 치약의 양은 1.5g 정도가 되도록 교육하였다. 본 실험은 조사 대상자와 분석자 모두 연구 대상 각각이 어느 실험군 혹은 대조군에 속해 있는지 알지 못하도록 이중맹검법 (double-blind technique)을 적용하여 실험을 실시하였다.

2.2 타액 표본 수집

타액표본수집 당일 연구자는 실험 대상들에게 다시 한 번 칫솔질 시간 (1분)과 방법 (회전법)에 대한 교육을 실시하였다. 칫솔질을 하기에 앞서 실험 대상들에게 2회 내지 3회 정도 비자극성 타액을 모아서 뱉게 하고 다시 비자극성 타액을 15ml 정도 시험관에 모아 기초 자료로 활용하였다. 다음에는 이미 교육한 바 있는 회전법으로 1분간 칫솔질을 하게 하였다. 치약은 약 1.5g 정도 이용하며 동일한 칫솔을 선정하여 사용하게 하였다. 칫

솔질 방법은 회전법을 이용하되 전치부, 소구치부, 대구치부를 각 한 부위로 하여 전 구강을 24부위로 나눈 다음 한 부위당 5회의 stroke으로 칫솔질하도록 하였다. 칫솔질 후 약 20 ml의 증류수를 이용하여 두 번에 나누어 양치하도록 하고, 일회 양치할 때 소요되는 시간은 약 5초로 하여 총 양치 시간이 10초가 되게 하였다. 칫솔질을 시행하고 양치한 후 즉시 흘러나오는 비자극성 타액을 수집하고, 칫솔질후 15분, 30분, 60분, 90분, 120분에 흘러나오는 비자극성타액을 수집하여 타액내 불소 농도 측정에 이용하였다. 실험이 종료될 때까지 약 2 시간여동안 음식물을 섭취하거나 기타 음료의 섭취를 피하도록 하였다.

2.3 불소농도 분석

실험 대상으로부터 타액을 15 ml 정도 채취하여 15분간 5,000 rpm으로 원심분리 (GPR centrifuge, Beckman®, USA)한 다음 부유액 (supernatant)만을 채집하였다. 또한 시료의 pH를 안정화시키기 위하여 Low-Level TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer)을 제조하였다. Low-Level TISAB은 500 ml의 증류수에 57 ml의 gracial acetic acid, 58 g의 gradient Sodium Chloride (NaCl)를 넣어 혼합한 뒤 수조에서 냉각시키고 여기에 5 M의 Sodium Hydroxide (NaOH)로 pH를 5.0~5.5 범위로 조정하여 최종 용액의 부피가 1 l가 되도록 하였다. 위와 같은 방법으로 제조한 Low-Level TISAB 용액 1 ml와 채취한 타액 부유액 1 ml를 혼합한 뒤 불소이온전극 (Orion® 9609BN, USA)을 불소이온측정기 (Orion® 920A digital pH/mV meter, USA)에 연결하여 측정하였다.

용액내 불소이온농도가 0.4 ppm (21.05 $\mu\text{mol/l}$) 이상인 경우는 불소이온농도 (ppm)와 전위 (mV)가 선형적인 관계를 이루기 때문에 2개의 기준점 (1, 10 ppm)을 설정하였다. 그러나 불소이온농도가 0.4 ppm (21.05 $\mu\text{mol/l}$) 이하인 경우에는 불소이온농도 (ppm)와 전위 (mV)가 비선형적인 관계를 이루기 때문에 보다 많은 7개의 기준점 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.10, 0.29, 0.48 ppm을 설정하여 표준화 곡선

(calibration curve)을 작성하였다.

전극이 용해도 평형에 의해 변화되기 때문에 표준 전극의 절대 전위는 온도에 의해 서서히 변화된다. 따라서 전극의 전위가 온도에 의해 변화되는 것을 방지하기 위하여 채취한 모든 타액 표본과 표준 용액을 25°C의 동일한 온도에서 측정하도록 하였다. 모든 시료는 자석교반기를 이용하여 열을 가하지 않은 상태에서 균일하게 혼합되도록 하면서 전위 (mV)를 측정하였고, 시료의 안정화를 위해 10분간 평형화 시간을 거치도록 하였다. 모든 시료는 불소 농도가 증가할 것으로 예상되는 순서대로 측정함으로써 고농도의 시료를 측정 후 저농도의 시료를 측정함으로써 나타날 수 있는 이월 효과 (carry-over effect)를 배제하도록 하였다.

3. 결과 분석

첫째, 실험에 들어가기 바로 전에 타액 분비율과 타액내 함유된 불소 함량 ($\mu\text{mol/l}$)이 세 구간 차이가 있는지 여부를 조사하고자 크루스칼-왈리스 검정 (Kruskal-Wallis test)을 시행하였다.

둘째, 치약을 이용하여 칫솔질을 시행하고 난 직후와 15분, 30분, 60분, 90분, 120분이 경과한 후 채취한 비자극성 타액내의 불소 농도의 측정 시간별로 농도의 통계적 유의차가 있는지 여부를 알아보기 위하여 크루스칼-왈리스 검정 (Kruskal-Wallis test)과 윌콕슨 순위합 검정 (Wilcoxon rank sum test)을 시행하였다.

셋째, 칫솔질을 시행하기 바로 전에 채취하였던 비자극성 타액과 칫솔질 시행 바로 직후와 15분, 30분, 60분, 90분, 120분이 경과된 후 채취한 비자극성 타액내의 불소 농도가 시간에 따라 변화하는 양상을 살펴보고자 하였다. 따라서 불소가 함유되지 않은 치약 및 NaF나 SMFP를 함유한 치약을 사용한 세 군 각각에서 시간에 따른 타액내 불소 농도의 변화 양상을 알아보기 위해 비모수적 검정 방법 중 후리드만 검정 (Friedman test)을 시행하였다.

Table 1. Salivary flow rate and fluoride concentration of unstimulated whole saliva at pre-experimental stage.

	NaF toothpaste		SMFP toothpaste		Control	
	Median	Range	Median	Range	Median	Range
Salivary flow rate (ml/min)	0.40	0.10~1.00	0.45	0.22~0.86	0.40	0.10~1.00
Fluoride concentration ($\mu\text{mol}/\ell$)	0.36	0.07~1.08	0.21	0.11~0.50	0.56	0.11~0.93

* : statistically significant ($p < 0.05$)

III. 연구 성적

1. 칫솔질 전의 비자극성 타액 분비량과 타액내의 불소 농도

본 실험에 들어가기 전에 먼저 실험 대상들에게서 5분간 흘러나오는 비자극성 타액을 채취하여 타액분비율 (ml/min)과 타액내 함유된 불소 함량 ($\mu\text{mol}/\ell$)을 측정하였다. 실험에 참가한 대상자들의 비자극성 타액분비율은 0.10~1.00 ml/min였으며, 세 군간 비자극성 타액분비율에 있어 통계적으로 유의한 차는 없었다. 또한 실험에 들어가기전 준비 단계에서 채취한 비자극성 타액내 불소 함량은 0.36 $\mu\text{mol}/\ell$ (0.007 ppm)으로 세 군간 비자극성 타액내 불소 함량에 통계적 유의차는 없었다 (Table 1).

2. 세 종류의 치약을 이용한 칫솔질 후 시간에 따른 타액내 잔류불소농도의 변화

세 종류의 치약 (불소가 함유되어 있지 않은 치약, 일불소인산나트륨을 함유한 치약, 불화나트륨을 함유한 치약)을 이용한 세 군에서 칫솔질하기 바로 전과 칫솔질 후 시간 변화 (칫솔질 직후, 15분, 30분, 60분, 90분, 120분 경과 후)에 따른 타액내 불소이온농도를 측정하였다 (Table 2).

불화나트륨 치약을 사용한 실험군에서 칫

솔질하기전 채취한 타액내 불소이온농도보다 칫솔질을 하고 난후 60분이 경과했을 때까지 타액내 불소 농도가 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 일불소인산나트륨이 함유된 치약을 사용한 군에서는 칫솔질후 15분이 경과할 때까지만 타액내 불소이온농도가 칫솔질전 채취한 타액내 불소이온농도에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 불소가 함유되지 않은 치약을 사용한 경우 칫솔질을 하자마자 채취한 타액에서만 칫솔질하기 전에 비해 타액내 불소 농도가 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 그러나 그 이후의 시간대에서는 타액내 불소 농도가 극미량으로 측정이 불가능하였다.

3. 세 종류의 치약을 이용한 칫솔질 후 각 시간별 타액내 잔류불소이온농도의 변화

세 군간 채취 시간별 비교시 칫솔질 직후, 30분이 경과한 후 채취한 타액내 불소 농도는 불화나트륨을 함유한 치약, 일불소인산나트륨을 함유한 치약, 불소를 함유하지 않은 치약을 사용한 군의 순서로 통계적으로 유의하게 높게 측정되었다 ($p < 0.05$). 그러나 15분, 60분, 90분 후 채취한 타액내 불소 함량은 일불소인산나트륨 함유치약에 비해 불화나트륨 함유치약을 사용한 군에서는 통계적

Table 2. Fluoride concentration of the unstimulated whole saliva at 0, 15, 30, 60, 90, 120 minutes and before toothbrushing with toothpaste containing no fluoride, sodium fluoride or sodium monofluorophosphate.

Minutes	NaF toothpaste		SMFP toothpaste		Control	
	Median ($\mu\text{mol}/\ell$)	Range ($\mu\text{mol}/\ell$)	Median ($\mu\text{mol}/\ell$)	Range ($\mu\text{mol}/\ell$)	Median ($\mu\text{mol}/\ell$)	Range ($\mu\text{mol}/\ell$)
before	0.36	0.07~ 1.08	0.21	0.11~ 0.50	0.56	0.11~0.93
0	28.30	24.60~31.57	12.18	2.57~27.48	1.04	0.45~2.04
15	9.31	2.49~28.90	2.13	0.14~ 4.45	UM	UM
30	3.62	1.93~24.25	0.55	0.00~ 2.47	0.19	0.16~1.02
60	1.26	0.36~ 8.37	0.29	0.28~ 0.29	UM	UM
90	1.11	0.25~ 4.60	0.39	0.18~ 0.60	UM	UM
120	0.19	0.16~ 1.83	0.44	0.08~ 5.26	UM	UM

* : statistically significant ($p < 0.05$)

UM : unmeasurable

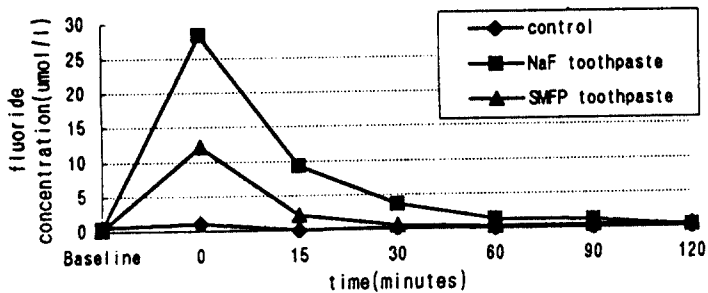


Figure 1. Fluoride concentration of the unstimulated whole saliva 0, 15, 30, 60, 90, 120 minutes and before toothbrushing with toothpaste containing no fluoride, sodium fluoride or sodium monofluorophosphate

으로 유의하게 높게 측정되었다 ($p < 0.05$). 그러나 불소를 함유하지 않은 치약을 사용하고 난후 15분, 60분, 90분, 120분에는 타액내 불소 함량이 극미량으로 측정이 불가능하였고 따라서 불소를 함유한 다른 군과의 비교도 불가능하였다.

4. 치약을 이용한 칫솔질 후 채취한 양치액내 불소 함량

세 종류의 치약을 이용하여 칫솔질을 시행

한 후 구강 양치액을 통해 빠져나오는 불소 이온농도를 알아보기 위해, 모든 실험 대상으로 하여금 동일한 양 (40 ml)의 증류수를 이용하여 2회에 걸쳐 양치하게 하여 뱀아낸 물속의 불소이온농도를 측정하였다.

뱀아낸 양치액 속의 불소 함량을 측정하여 본 결과 불화나트륨을 함유한 치약을 사용한 실험군에서 불소이온농도가 현저하게 높게 측정되었고, 일불소인산나트륨을 함유한 치약, 불소를 함유하지 않은 치약을 사용한 대

Table 3. Comparison of fluoride concentration of the unstimulated whole saliva at 0, 15, 30, 60, 90, 120 minutes and before toothbrushing with toothpaste containing no fluoride, sodium fluoride or sodium monofluorophosphate.

	Time (minutes)						
	baseline	0	15	30	60	90	120
No-fluoride vs. Sodium fluoride		*	NC	*	NC	NC	NC
No-fluoride vs. SMFP		*	NC	*	NC	NC	NC
Sodium fluoride vs. SMFP		*	*	*	*	*	

* : statistically significant (p < 0.05)

NC : could not be compared

Table 4. Fluoride concentration of the paste/ saliva/water slurry spattd after mouthrinsing with 40 ml distilled water.

	NaF toothpaste		SMFP toothpaste		Control	
	Median	Range	Median	Range	Median	Range
Fluoride concentration ($\mu\text{mol/l}$)	339.58	285.26~434.34	22.30	14.21~28.27	1.75	0.86~4.45
Fluoride concentration (ppm)	6.45	5.42~8.25	0.42	0.27~0.50	0.03	0.01~0.09

* : statistically significant (p < 0.05)

조군의 순서로 높게 측정되었으며 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다 (p < 0.05).

IV. 총괄 및 고찰

본 연구는 현재 우리 나라에서 시판되는 불소치약의 치아우식증 예방 효과를 알아보기 위하여 불화나트륨함유치약과 일불소인산나트륨함유치약을 사용하여 칫솔질을 시행하였을 때 타액내의 잔류 불소이온농도와 유효

농도의 잔류시간은 얼마나 되는가를 조사하였다. 일반적으로 불소치약을 사용하여 칫솔질을 하였을 때 타액내의 잔류 불소이온농도에 영향을 미치는 요인은 불소치약에 함유된 불소 화합물의 형태 및 농도와 같은 변수들에 의해 결정된다²⁵⁾. 이밖에 요인으로 일일 칫솔질 횟수, 치약 사용량, 칫솔질하는 시간, 칫솔질후 양치하는 횟수 및 방법 등이 영향을 주는 것으로 보고되고 있다²⁶⁾. 따라서 본 연구에서는 실험군, 대조군 모두 동일한 칫솔질 방법과 시간, 양치 방법을 사용하였다. 또한 비자극성 타액 분비량 조사 결과도 실험

군인 불화나트륨함유치약을 사용한 군의 경우 증양값은 0.40 ml/min, 일불소인산나트륨 함유치약을 사용한 군의 경우는 0.45 ml/min, 대조군의 경우는 0.40 ml/min으로 세 군간 통계적인 유의차도 없었고 ($p < 0.05$), 분비량도 Mercer가 조사한 정상인의 평균 분비량 0.25~0.35 ml/min과 비교하여 볼 때 이 범위를 크게 넘지 않는 것으로 나타났다. 또한 칫솔질 전의 타액내 불소 농도 역시 세 군 모두 정상인의 타액내 불소농도범위에서 벗어나지 않는 것으로 나타났다 (Table 1 참조). 이상의 결과로 볼 때 실험 대상은 모두 정상적인 타액 분비량을 보이고 타액내의 불소 농도도 정상 범위에서 크게 벗어나지 않는 것으로 보아 실험전에 실시한 교육도 실험대상자가 충실히 지킨 것을 알 수 있다. 세 군 모두 타액 분비량이나 타액내의 불소 농도도 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 보아 실험군, 대조군의 배정은 합리적으로 이루어진 것으로 볼 수 있다.

한편 항우식 효능과 밀접한 관계가 있는 칫솔질 후의 타액내 불소 농도 및 잔류시간도 table 2에서 보듯이 칫솔질후 증류수로 양치한 후에 채취한 타액의 불소 농도의 증양값도 대조군의 경우 1.04 $\mu\text{mol/l}$ 에 비해 불화나트륨치약을 사용한 군에서는 28.3 $\mu\text{mol/l}$, 일불소인산나트륨치약을 사용한 군에서 12.18 $\mu\text{mol/l}$ 로 훨씬 높게 측정되었으며, 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다. 불화나트륨치약을 사용한 군의 타액내 불소 농도는 일불소인산나트륨치약을 사용한 군에 비해 2배 이상 높았으며, 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$). 한편 타액내 잔류 불소농도는 점차 감소하여 불화나트륨치약을 사용한 군의 경우 90분까지는 1.11 $\mu\text{mol/l}$ 로 칫솔질을 시행하기 전보다 높게 측정되었으며, 일불소인산나트륨치약을 사용한 군의 경우는 30분까지만 높게 나타났으며 그 이후는 칫솔질 전과 차이가 없었다 ($p < 0.05$). 이상의 결과로 볼 때 일불소인산나트륨치약에 비해 불화나트륨치약으로 칫솔질하였을 경우 타액내 불소이온농도도 높고 잔류시간도 긴

것으로 나타났다. 또한 칫솔질후 증류수로 양치한 용액 속의 불소 농도도 불화나트륨치약을 사용한 경우 6.45 ppm, 일불소인산나트륨치약을 사용한 경우 0.42 ppm으로 불화나트륨치약을 사용한 군에서 현저히 높은 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 현재 우리나라에서 시판되는 치약은 구강내 타액의 불소 농도와 구강내의 잔류불소이온농도로만 볼 때는 불화나트륨치약이 일불소인산나트륨치약보다 치아우식 예방효과가 더 우수함을 알 수 있다.

과거에는 불화나트륨에 적합한 치약 마모제가 개발되지 않아 주로 일불소인산나트륨을 치약에 이용하였다. 그러나 calcium pyrophosphate와 같이 불화나트륨에 사용 가능한 마모제가 개발됨으로써 불화나트륨함유치약이 개발되자 불화나트륨치약과 일불소인산나트륨치약의 치아우식 예방 효과 차이에 대한 논란이 있게 되었다. 현재 많은 학자들이 일불소인산나트륨에 비해서 불화나트륨이 우식억제효과가 더 큰 것으로 보고하고 있다. 그 근거로서 불화나트륨은 화학적으로 가장 간단한 불소 화합물이며 낮은 pH에서도 HF가 생성되지만 일불소인산나트륨은 복잡한 형태의 염으로 불소를 유리하려면 phosphatase에 의한 가수분해가 필요하다. 또한 불화나트륨은 일불소인산나트륨에 비해 상당한 정도로 당대사를 억제하며 낮은 pH에서 실험한 결과 불화나트륨이 일불소인산나트륨보다 산생성억제효과가 더 큰 것으로 나타났다. 그밖에 C. Bruun²⁵⁾, Mary F. Johnson³¹⁾ 등이 시행한 연구나 G.K. Stookey⁷⁾ 등이 시행한 meta-analysis 연구에서도 불화나트륨치약이 일불소인산나트륨치약에 비해 더 효과적인 것으로 보고하였다. White의 실험논문³²⁾에 의하면 일불소인산나트륨치약, 불화나트륨치약, 일불소인산나트륨과 불화나트륨이 혼합된 치약 등 세 종류의 치약을 이용하여 재석회화율을 비교한 실험 연구에서 일불소인산나트륨치약은 32%, 불화나트륨과 일불소인산나트륨이 혼합된 치약은 35%, 불화나트륨을 함유한 치약에서는 64%로 나타났다.

Damato의 불화나트륨과 일불소인산나트륨을 함유한 치약의 재석회화율을 비교한 연구에서도 박테리아의 가수분해작용이 존재하더라도 불화나트륨의 재석회화율이 더 높은 것으로 나타났다³³⁾. 또한 치태내의 불소 농도도 불화나트륨을 함유한 치약보다 일불소인산나트륨을 함유한 치약을 사용하였을 때가 더 낮다고 보고되고 있다. 이와 같은 임상적인 효능의 차이는 Stephen³⁴⁾과 Marks³⁵⁾ 등에 의한 3년간의 임상 역학 조사에 의해서도 입증된 바 있다.

한편 Page³⁶⁾는 약산성용액에서 72시간 동안 매우 낮은 농도인 0.014 ppm의 불소 용액에서도 탈회가 방지됨으로써 항우식 효과가 있다고 보고하였으며, Gibbs 등³⁷⁾은 *in vitro*에서는 0.06 ppm에서 법랑질의 재석회화를 촉진한다고 보고하였다. 일반적으로 법랑질의 탈회와 재석회화에 영향을 미칠 수 있는 농도는 1~3 $\mu\text{mol/l}$ (0.02~0.06 ppm)으로 보고 있다. 이러한 면에서 본 실험에서는 법랑질 재석회화에 영향을 줄 수 있는 농도가 유지되는 시간은 불화나트륨치약은 칫솔질후 90분, 일불소인산나트륨치약은 30분 정도 지속되는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 불화나트륨의 치아우식 예방효과가 일불소인산나트륨보다 더 우수하다. 현재 우리 나라에서 시판되고 있는 불소 치약 중 불화나트륨이 함유된 불소치약은 단 두 종류뿐이며 그 외의 대다수가 일불소인산나트륨을 함유하고 있다. 이러한 이유는 일불소인산나트륨이 마모제와 배합 및 제작이 용이하기 때문인 것으로 생각되나 불화나트륨치약이 치아우식 예방 효과가 높다는 점에서 장기적으로는 불화나트륨을 함유한 치약의 제작이 보다 많이 보편화되어야 한다고 사료된다.

V. 결 론

현재 우리 나라에서 시판되는 불화나트륨 치약과 일불소인산나트륨치약을 사용하여 칫

솔질을 하였을 경우 타액내 잔류 불소이온농도와 유효 농도의 잔류시간은 얼마나 되는가 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 칫솔질 직후 증류수로 양치한 후에 채취한 타액내 불소 농도는 불소가 함유되지 않은 치약을 사용한 군에서는 1.04 $\mu\text{mol/l}$, 불화나트륨치약을 사용한 군에서는 28.3 $\mu\text{mol/l}$, 일불소인산나트륨치약을 사용한 군에서는 12.18 $\mu\text{mol/l}$ 로 불소를 함유한 치약을 사용한 군에서 높게 측정되었으며 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

2. 한편 타액내의 잔류 불소이온농도는 점차 감소하여 불화나트륨치약에서는 60분까지는 칫솔질 전보다 높았고 일불소인산나트륨치약을 사용한 경우는 15분까지만 높게 측정되었으며 그 이후에는 칫솔질 전과 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p < 0.05$).

3. 칫솔질후 증류수로 양치한 후 벨아넨 양치액내의 잔류불소이온농도는 불화나트륨치약을 사용한 군에서는 6.45 ppm, 일불소인산나트륨을 사용한 군에서는 0.42 ppm으로 불화나트륨을 사용한 군에서 더 높게 측정되었으며, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

4. 비자극성 타액 분비량 조사 결과도 실험군인 불화나트륨치약을 사용한 군에서는 0.40 ml/min, 일불소인산나트륨치약을 사용한 군에서는 0.45 ml/min, 불소가 함유되지 않은 대조군의 경우는 0.40 ml/min으로 세 군간 통계적인 유의차가 없었다.

이상의 결과로 볼 때 현재 우리 나라에서 시판되는 치약 중 타액내 불소 농도와 구강내 잔류 불소이온농도는 불화나트륨치약이 일불소인산나트륨치약보다 훨씬 높고, 잔류시간도 긴 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Dean HT, Arnold FA, Elvove E: Domestic water and dental caries. Pub Hlth Rep

- 1942; 57: 1155-1179.
2. Kalsbeek and Verrips: Dental caries prevalence and the use of fluorides in different European countries. *JDR* 1990; 69(Spec No): 728-732(discussion 820-823).
 3. Kalsbeek H, Truin GJ, et al.: Tooth loss and dental caries in Dutch adults. *Community Dent Oral Epidemiol* 1991; 19: 201-204.
 4. König KG: Role of fluoride toothpastes in a caries-preventive strategy. *Caries Res* 1993; 27 (suppl 1): 23-28.
 5. Bibby BG: Test of the effect of fluoride-containing dentifrices on dental caries. *JDR* 1945; 24: 297-303.
 6. Mellberg JR, Ripa LW: Fluoride in preventive dentistry (Theory and clinical application). : Chicago, Quintessence books, 1983.
 7. Stookey GK, DePaola PF, Featherstone JDB, et al.: A critical review of the relativew anticaries efficacy of sodium fluoride and sodium monofluorophosphate dentifrices. *Caries Res* 1993; 27: 337-360.
 8. Attin T, Hellwig E: Salivary fluoride content after toothbrushing with a sodium fluoride and an amine fluoride dentifrice followed by different mouthrinsing procedures. *J Clin Dent* 1996; 7: 6-8.
 9. Harris NO, Christen AG: Primary Preventive Dentistry. 4th ed. Norwalk U.S.A.: Appleton and Lange, 1995.
 10. Muhler JC, Radike AW: Effect of a dentifrice containing stannous fluoride on dental caries in adults. II. Results at the end of two years of supervised use. *JADA* 1957; 55: 196-198.
 11. Muhler JC: Effect of a stannous fluoride dentifrice on caries reduction in children during a three year study period. *JADA* 1962; 64: 216-224.
 12. Zacherl WA, McPhail CWB: Final Report on the efficacy of a stannous fluoride-calcium pyroophosphate dentifrice. *J Can Dent Assoc* 1970; 36: 262-264.
 13. Torell P, Ericsson Y: Two year clinical tests with different methods of local caries prevention. Fluoride application in Swedish schoolchildren. *Acta Odont Scand* 1965; 23: 287-322.
 14. Gish CW, Muhler JC: Effect on dental caries in children in a natural fluoride area of combined use of three agents containing stannous fluoride: a prophylactic paste, a solution, and a dentifrice. 1965; 70: 914-920 (and personal communication).
 15. Zacherl WA: CLinical evaluation of an aged stannous fluoride-calcium pyroophosphate dentifrice. *J Can Dent Assoc* 1972; 38: 155-157.
 16. American Dental Association, Council on Dental Therapeutics. Council classifies Colgate with MFP (sodium monofluorophosphate) in group A. *JADA* 1969; 79: 937.
 17. Mellberg JR: Effect of two sodium fluoride dentifrices on fluoride uptake and remineralization in situ. *Am J Dent* 1990; 3(2): 51-55.
 18. Mellberg JR: Fluoride dentifrices: current status and prospects. *Inter Dent J* 1991; 41: 9-16.
 19. Bjarnason S, Finnbogason SY: Effect of different fluoride levels in dentifrice on the development of approximal caries. *Caries Res* 1991; 25: 207-212.
 20. White DJ: Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. I. Effects on early lesions: F uptake, surface hardening and demineralization. *Caries Res* 1987; 21(2): 126-140.
 21. Møller IJ, Holst JJ, Sorensen E: Caries reducing effect of a sodium monofluorophosphate dentifrice. *Bri Dent J*

- 1968; 124: 209-213.
22. Proskin JR: Statistical considerations related to a meta-analytic evaluation of published caries clinical studies comparing the anticaries efficacy of dentifrices containing sodium fluoride and sodium monofluorophosphate. *Am J Dent* 1993; 6 Spec No: S43-49.
 23. Proskin HM, Volpe AR: Comparison of the anticaries efficacy of dentifrices containing fluoride as sodium fluoride or sodium monofluorophosphate. *Am J Dent* 1995; 8(1): 51-58.
 24. Afflitto J, Schmid R, Esposito A, et al.: Fluoride availability in human saliva after dentifrice use: correlation with anticaries effects in rats. *JDR* 1992; 71(Spec Iss): 841-845.
 25. Bruun C, Givskov H, Thylstrup A: Whole saliva fluoride after toothbrushing with NaF and MFP dentifrices with different F concentrations. *Caries Res* 1984; 18: 282-288.
 26. Duke SA: The condition occurring in vivo when brushing with toothpastes. *Bri Dent J* 1982; 152(2): 52-54.
 27. 조성열, 최유진: 각종 치약의 불소이온농도에 관한 조사 연구. *대한구강보건학회지* 1984; 8: 109-118.
 28. 이성호, 최유진: 치약내 불화물의 유효성에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1991; 15(1): 7-26.
 29. Duckworth RM, Morgan SN: Oral fluoride retention after use of fluoride dentifrices. *Caries Res* 1991; 25: 123-129.
 30. Thylstrup A, Fejerskov O: Textbook of Clinical Cariology. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard, 1994.
 31. Johnson MF: Comparative efficacy of NaF and SMFP dentifrices in caries prevention: a meta-analytic overview. *Caries Res* 1993; 27: 328-336.
 32. White DJ: Reactivity of Fluoride Dentifrices with Artificial Caries. *Caries Res* 1988; 22: 27-36.
 33. Damato FA, Stephen KW, Edgar WM: In situ remineralization studies using SMFP and NaF dentifrices. *JDR* 1994; 73(Abstr): 272.
 34. Stephen KW, McCall DR, Chester RK: The effect of NaF and SMFP toothpastes on three-year caries increments in adolescents. *Inter Dent J* 1994; 44: 287-295.
 35. Marks RG, Conti AJ, Moorhead, Cancro L, Agostino RBD: Results from a three-year caries clinical trial comparing NaF and SMFP fluoride formulations. *Inter Dent J* 1994; 44: 275-285.
 36. Page DJ: A study of Effect of Fluoride Delivered from Solution and Dentifrices on Enamel Demineralization. *Caries Res* 1991; 25: 251-255.
 37. Gibbs CD, Huntington E, Lynch RJM, Atherton SA, Duckworth RM: Effect of low levels of fluoride on calcium uptake by lesions in human enamel. *Caries Res* 1993; 27(Abstr): 218.

-ABSTRACT-

Salivary fluoride concentration after toothbrushing with NaF- and SMFP-containing toothpastes

Hokwen Kwon, Baekil Kim, Younghee Lee, Kwonsoo Kim, Bonkyoung Cho

*Department of Preventive Dentistry & Public Oral Health
College of Dentistry, Yonsei University*

Key Words : Fluoride Toothpaste, Salivary Fluoride concentration

The aim of this research was to evaluate the anticaries efficacy of two type, NaF- and SMFP-containing toothpastes which manufactured in Korea. For these, salivary fluoride concentrations after toothbrushing using of two fluoride containing and no-fluoride containing toothpastes were investigated at clinical trial.

Thirty-two healthy adults aged 22-25 years were selected as the subjects. All subjects met the screening criteria of having natural dentition, resided in non-fluoridated areas, and with a normal salivary secretion rate, i.e. > 1.0 ml/minute. A double blind case-control study was carried out to compare the salivary fluoride concentrations after toothbrushing with sodium monofluorophosphate (1,000 ppm), sodium fluoride (1,000 ppm), and no fluoride-containing toothpastes. The participants were randomly assigned to three groups as follows: (a) the group used no fluoride-containing toothpaste, (b) used SMFP-containing toothpaste, and (c) used NaF-containing toothpaste. All of the subjects brushed with 1.5 g test dentifrice for 1 minute and immediately rinsed twice with 40 ml distilled water and then expectorated saliva/water slurry. Non-stimulated whole saliva samples of all the subjects were collected at 0, 15, 30, 60, 90, 120 minutes after toothbrushing. The saliva samples were centrifuged during 15 minutes and collected supernatant. Low-level TISAB (1 ml) were added to 1 ml of the samples. Salivary fluoride concentrations were measured by use of fluoride-sensitive electrode (Orion 9609BN, USA). Statistical analysis of the fluoride concentrations was performed by Kruskal-Wallis test and Wilcoxon rank sum test.

1. Salivary fluoride concentrations immediately after toothbrushing were $1.04 \mu\text{mol}/\ell$ using no fluoride-containing toothpaste group, $28.3 \mu\text{mol}/\ell$ using NaF-containing toothpaste group, and $12.18 \mu\text{mol}/\ell$ using SMFP-containing toothpaste group. Toothbrushing with NaF- and SMFP-containing toothpaste group gave higher salivary fluoride concentration than no fluoride-containing toothpaste group, and toothbrushing with NaF-containing toothpaste group gave higher salivary fluoride concentration than SMFP-containing toothpaste group ($p < 0.05$).

2. Salivary fluoride concentrations at 0, 15, 30, 60 minutes after toothbrushing with NaF-containing toothpaste group increased than baseline ($p < 0.05$). Salivary fluoride concentrations at 0, 15 minutes after toothbrushing with SMFP-containing toothpaste group increased than baseline ($p < 0.05$).

3. The amount of unstimulated saliva was $0.40 \text{ ml}/\text{min}$ NaF-containing toothpaste group, $0.45 \text{ ml}/\text{min}$ SMFP-containing toothpaste group, and $0.40 \text{ ml}/\text{min}$ no fluoride-containing toothpaste group. And there was no statistically significant difference among groups.