

불소바니쉬가 법랑질의 내산성 및 재광화에 미치는 영향

조민정 · 심형순 · 이향님 · 김승희 · 박지일 · 김은미 · 하명옥

광주보건대학 치위생과

색인 : 내산성, 불소바니쉬, 재광화

1. 서론

치아우식증은 치아상실을 초래하는 만성질환이나 예방법의 발달로 인해 유병율이 점진적으로 감소하는 추세이며^{1,2)} 치아우식증을 예방하는 데는 여러 가지 방법이 있으나 이 중 많은 임상연구를 통해 효과가 입증된 불소를 이용하는 방법이 가장 널리 쓰이고 있다³⁾.

불소는 치질에 침착되어 치아표면의 경도를 증가시키고 치질의 내산성을 높이거나 탈회된 치질의 재광화를 촉진함으로써 치아우식증을 예방하는 것으로 알려져 있다⁴⁾.

불화물을 이용한 치아우식증의 예방법에는 크게 나누어 전신적 복용법과 국소적 도포법이 있다. 이 중 국소적 도포법은 1940년대 초반 Bibby⁵⁾에 의해 NaF가 소개된 이후 오늘날에 이르기까지 전문가들에 의해 활용되고 있으며 여기에는 SnF₂, APF, 불소바니쉬 등의 제제들이 사용되고 있다.

불화물 제제 중 NaF는 2%를 사용할 경우 항우식효과가 있으며 다른 불화물에 비하여 안정성이 높고 다루기가 수월하여 수용액으로 만들어서 면봉으로 도포하기도 하고 이온도포법, 양치용액 등으로 다양하게 이용되고 있다.

SnF₂는 NaF 도포방법의 대체물로 사용되었지만 수용액 상태에서 맛이 좋지 않고⁶⁾ 치아변색이나 치은자극과 같은 부작용 등이 있어 현재 사용이 저조한 실정이다. 반면에 APF는 2% 불화나트륨 용액에 인산을 섞어 만든 산성불화인산염으로서 비교적 안정적이고 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 불화물 제제이다. 산성불화인산염내의 미해리 불화수소가 불화나트륨에 존재하는 F나 HF₂보다 훨씬 더 쉽게 법랑질내의 결정공간과 그 외의 미세경로를 통해 확산되는 특징이 있으며 법랑질에 침착된 불소의 양이 불화석이나 불화나트륨에 비해 많으므로 우식감소효과가 더 오래 지속된다고 Brudevold와 Naujoke⁷⁾가 보고하였다. 이러

한 APF는 용액 또는 thixotropic gel 형태로 사용되는데 용액으로 도포하는 것보다 gel 형태로 국소도포할 경우 우식예방효과가 더 높고 tray를 사용하기 때문에 편리할 뿐만 아니라 시술시간이 짧아서 임상에서 선호도가 높다⁸⁾. 이처럼 환자의 선호도가 높고 우식예방효과가 크기 때문에 학동기 이전의 어린이들에게 가장 적합한 불화물로 알려져 왔으나 어린이나 장애인의 경우에는 국소도포시 불소를 삼킬 수 있고 섭취한 불소로 인해 일시적인 오심과 구토 등의 불편감이 있을 뿐만 아니라 수용성으로 치질과의 접촉시간도 짧아 그 효과가 지속적이지 못하고 또한 산성이므로 글래스아이오노머나 복합레진과 같은 심미수복재의 표면을 더 거칠게 만든다는 보고들도 있다^{9,10)}. 그래서 근래에는 불소를 좀 더 안전하고 효과적으로 적용시킬 수 있는 방법의 하나로 불소바니쉬의 사용이 관심을 받고 있다. 불소바니쉬는 치아 부착성이 좋은 천연레진에 고농도의 NaF를 장시간 치아에 접촉시킴으로써 높은 우식예방효과를 얻는다고 알려져 있으며 술식이 간단하고 편리하여 환자들에게 적용하기 쉽고 또한 불소를 과다하게 섭취할 위험성이 적을 뿐만 아니라 불소겔이나 불소 거품(foam)에 비해 시술시간이 짧다는 장점도 갖고 있다. Seppa 등¹¹⁾에 의하면 APF gel은 국소도포시 약 6분, 불소바니쉬는 약 2분이 소요된다고 하였다.

Shobba¹²⁾는 인도에서 아동들을 대상으로 불소바니쉬와 산성불화인산염겔을 도포한 후 우식감소효과를 비교한 결과 모두 효과가 있었으나 바니쉬가 더 우수하였다고 보고하였으며 미국에서도 우식위험도가 높은 아동들에게 불소바니쉬의 사용이 권장되고 있다¹³⁾.

Marinho 등¹⁴⁾도 불소바니쉬, 불소겔, 불소양치, 불소치약에 대한 불소적용효과를 문헌 등으로 확인한 결과 불소바니쉬가 가장 높은 우식예방효과를 나타냈다고 하였으며 Seppa 등¹¹⁾도 임상연구를 통해 불소바니쉬가 치아우식증의 초기 증세

인 탈회를 예방하고 이미 존재하는 법랑질 병소의 진행을 지연시킨다고 하였다. 이러한 불소바니쉬는 70년대부터 개발되기 시작하여 현재 유럽의 여러 국가에서 활발하게 사용되고 있으나 국내에서의 사용은 아직 초기 단계이며 관련 연구도 많지 않은 실정이다.

이에 본 연구는 사용하는 불화물의 종류에 따라 우식에 대한 저항효과가 다양하다는 점을 감안하여 국소도포용 불화물 제제 중 국내 사용이 초기 단계인 불소바니쉬와 기존에 일반적으로 사용해 온 APF gel의 법랑질에 대한 내산성 및 재광화에 미치는 영향과 효과를 비교 검토하여 두 가지 중 우식예방효과가 높은 불화물을 장애우나 협조가 낮은 어린이, 고우식활성자들에게 임상적으로 활용하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1. 연구재료

본 연구에서는 임상에서 사용되고 있는 불소제품으로서 <Table 1>과 같이 각각 불소바니쉬(Cavityshield, OMNII pharmaceuticals™)와 1.23% APF gel(60 Second Taste Gel, Pascal, USA)을 사용하였다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 시편제작

본 연구에서는 발치된 후 10% 포르말린에 보관된 건전한 법랑질표면을 가진 소의 영구 절치를 재료로 사용하였다. 시편제작을 위해 치관부 순면에서 직경 3mm의 원통형 법랑질을 취득하여 아크릴 봉에 자가중합형 acrylic resin을 이용하여 포매한 후 #60, #240, #600, #4000 연마지를 이용하여 순차적으로 연마하고 감마산화알루미나로 최종 연마하였다.

Table 1. The groups and treatment regimen for experiment of fluoride materials

Groups	Fluoride Materials	N	Treatment regimen
Acid resistance	Fluoride varnish	15	Specimen → Fluoride varnish → Acidogenic treatment
	1.23% APF gel	15	Specimen → 1.23% APF gel → Acidogenic treatment
Remineralization	Fluoride varnish	15	Specimen → Acidogenic treatment → Fluoride varnish
	1.23% APF gel	15	Specimen → Acidogenic treatment → 1.23% APF gel

2.2.2. 불소도포처리 전 표면미세경도 측정

정상 법랑질의 표면경도는 표면경도계(Fm-7, Future-tech Corp, Japan)를 이용하여 200 gm의 하중으로 10초 동안 법랑질표면의 상, 하, 좌, 우측의 4부위에서 Vickers Hardness Number (이하 VHN)를 측정하였다¹⁵⁾. 이 중 275~320 VHN 범위에 해당하는 시편 60개를 선정하여 각 군의 VHN이 통계적으로 유의한 차이가 없도록 군당 15개씩 시편을 분배하였다.

2.2.3. 탈회용액 준비

먼저 1.0 M 젖산(lactic acid, Sigma, USA)을 제조하여 준비하고 2gm의 carbopol(#2050, BF Goodrich, USA)을 3차 증류수 400mL에 넣고 용해시킨 후, 50% NaOH를 이용하여 pH 7.0이 되도록 조절하였다. 그 다음 1.0 M 젖산 증류수를 혼합한 후 pH 5.0이 되도록 조절하고 수산화인산 칼슘(calcium phosphate tribasic, Sigma, USA)을 추가하여 여과하였다. 여과된 용액에 1.0 M 젖산과 0.2% carbopol 용액 그리고 증류수를 첨가하여 최종 양이 1,000mL가 되도록 한 후 pH가 5.0이 되도록 조절하여 준비하였다¹⁶⁾.

2.2.4. 인공타액 준비

실험에 사용된 인공타액은 gastric mucin (0.22%), NaCl(0.038%), CaCl₂·2H₂O(0.0213%), KH₂PO₄(0.0738%)와 KCl(0.1114%)을 혼합하여 제조하였다.

2.2.5. 시편처리

시편처리는 불소바니쉬와 APF gel의 내산성과 재광화 평가를 위한 처리로 나누어 진행하였으며, 불소도포는 임상적으로 제안되는 방법으로 처리하였다. 내산성 평가를 위해 불소바니쉬군은 시편표면을 건조시킨 후 불소바니쉬를 도포한 상태로 4시간 동안 37°C 인공타액에 침지하여 처리하였으며, 1.23% APF gel군은 시편표면을 건조시킨 후 4분간 도포하고 30분 동안 37°C 인공타액에 침지하여 처리한 후 두 군 모두 탈회용액에 48시간 동안 처리하였다. 재광화 평가를 위해서는 1.23% 불소바니쉬 군과 APF gel군 둘 다 탈회용액에 48시간 동안 처리하여 초기 인공우식병소를 형성한 후 불소도포는 내산성 평가를 위한 방법과 동일하게 처리하였다.

2.2.6. 불소도포 처리 후 표면미세경도 측정

불소도포 처리 전 정상법랑질의 표면미세경도를 측정하였던 표면의 상, 하, 좌, 우측의 4부위와 각각 인접한 부위에서, 내산성 평가를 위해 처리된 두 군은 불소도포 후 그리고 탈회용액 처리 후에 불소도포 처리 전 측정방법과 동일하게 200 gm의 하중으로 10초 동안 법랑질표면미세경도를 측정하였으며 재광화 평가를 위해 처리된 두 군은 탈회용액 처리 후 그리고 불소도포 후에 처리 전 측정방법과 동일하게 측정하였다.

2.3. 자료분석방법

불소제품에 따른 법랑질의 내산성과 재광화 효과를 비교해보기 위해 내산성 처리된 두 군은 초기 법랑질 표면경도 값, 불소도포 후 표면경도 변화 값 그리고 탈회용액처리 후 표면경도변화 값을 사용하였으며 재광화 평가를 위해 처리된 두 군도 초기 법랑질 표면경도 값, 탈회용액처리 후 표면경도 변화 값 그리고 불소도포 후 표면경도변화 값을 독립 t-test를 사용하여 비교 분석하였다. 통계분석 프로그램은 SPSS 10.1을 이용하였다.

3. 연구성적

3.1. 법랑질의 내산성 측정

불소바니쉬군과 APF gel군의 법랑질 시편처리 전의 표면경도는 각각 293.88 ± 10.52 , 293.95 ± 10.08 이었으나 불소바니쉬군은 불소도포 후 법랑질 시편의 표면경도가 297.76 ± 9.89 였으며 탈회용액처리 후 법랑질 시편의 표면경도는 260.90 ± 28.67 로 불소바니쉬군의 불소도포 후와 탈회용액처리 후의 법랑질 표면경도변화가 -36.86 ± 27.30 이었으며 APF gel군은 불소도포 후 법랑질 시편의 표면경도는 298.79 ± 17.28 이었으나 탈회용액처리 후 법랑질 시편의 표면경도는 43.75 ± 18.58 로 APF gel군의 불소도포 후와 탈회용액처

리 후 법랑질 시편의 표면경도변화가 -255.04 ± 21.31 로 나타나 불소바니쉬군이 더 작은 감소를 보였으며 두 군 간에도 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$) (Table 2).

3.2. 법랑질의 재광화 측정

불소바니쉬군과 APF gel군의 처리 전 표면경도는 각각 297.40 ± 13.16 , 297.13 ± 13.15 였으나 불소바니쉬군의 탈회용액처리 후 법랑질 시편의 표면경도는 46.58 ± 15.42 였으며 불소도포후의 표면경도는 46.61 ± 15.70 으로 탈회용액처리 후와 불소도포처리 후의 법랑질 시편의 표면경도변화가 0.02 ± 3.75 였고 APF gel군은 탈회용액처리 후 법랑질 시편의 표면경도는 47.13 ± 19.31 이었으나 불소도포 후의 표면경도는 42.59 ± 16.12 로 탈회용액처리 후와 불소도포처리 후의 법랑질 시편의 표면경도변화가 -4.54 ± 5.06 으로 나타나 두 군 모두 의미있는 증가가 없었으며 두 군 간에도 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$) (Table 3).

4. 총괄 및 고안

치아우식을 예방하는 방법으로는 치태조절과 치면열구전색, 식이조절 그리고 불소의 사용을 들 수 있는데 이 중 불소의 우식예방기전은 치아표면

Table 2. Microhardness changes of enamel surface after fluoride and demineralization treatment for acid resistance assessment

Groups	Fluoride Materials	N	VHN		Δ VHN (B-A)	VHN	
			Before treatment (A)	After fluoride treatment(B)		After demineralization treatment(C)	Δ VHN** (C-B)
Acid	Fluoride varnish	15	293.88 ± 10.52	297.76 ± 9.89	3.88 ± 10.43	260.90 ± 28.67	-36.86 ± 27.30
resistance	1.23% APF gel	15	293.95 ± 10.08	298.79 ± 17.28	4.83 ± 14.07	43.75 ± 18.58	-255.04 ± 21.31

Values are mean \pm SD

** $p < 0.001$, by independent T-test

Table 3. Microhardness changes of enamel surface after demineralization and fluoride treatment for remineralization assessment

Groups	Fluoride Materials	N	VHN			VHN	
			Before treatment (A)	After demineralization treatment(B)	Δ VHN (B-A)	After fluoride treatment(C)	Δ VHN (C-B)
Remineralization	Fluoride varnish	15	297.40±13.16	46.58±15.42	-250.81±13.38	46.61±15.70	0.02±3.75
	1.23% APF gel	15	297.13±13.25	47.13±19.31	-250.00±25.98	42.59±16.12	-4.54±5.06

Values are mean±SD

에 침착된 불소가 법랑질의 산에 대한 용해도를 낮추어 치면세균막에서 형성된 산에 의한 탈회를 억제할 뿐만 아니라 법랑질 초기 우식병소의 재광화를 촉진시키며 또한 미생물의 성장을 억제하는 것으로 알려져 있다¹⁷⁾.

불소국소도포는 고농도의 불소용액을 치면에 직접 바르게 되는데 일차반응산물로 불화칼슘이 형성된다. 이 불화칼슘은 불소의 산성도로 인해 치아표면에서 용해된 인산칼슘과 불소가 결합하여 형성되는 것으로서 치아표면에 부착되어 법랑질 재광화에 필요한 공급원으로 작용하고 불화인회석 형성에 기여한다. 따라서 법랑질표면에 고농도의 불소용액을 도포하면 법랑질 수산화인회석의 수산기와 불소이온이 치환되어 불화인회석이 형성되므로 치질의 강도와 내산성이 높아져 치아우식을 예방하게 된다¹⁸⁾. Wefel과 Harless¹⁹⁾는 불소국소도포법의 효과를 결정하는 일차적 요소는 불소를 도포함에 따라 법랑질의 대부분을 차지하는 무기질과의 상호작용에 의하여 형성되는 반응산물의 물리화학적 특성이며 이는 불화물의 종류, 농도, pH, 도포방법 및 도포기간, 도포빈도 등에 의해 영향을 받는다고 하였다.

불화물의 종류는 용액, gel, 바니쉬와 거품(foam) 형태가 있으며 APF의 경우 gel의 형태는 중성인 NaF에 비해 법랑질 안으로 불소흡수효과가 우수한 것으로 보고되고 있으나^{20,21)} Arends와 Schuthof²²⁾에 의하면 용액의 형태는 타액이나

물에 쉽게 씻겨나가 효과가 지속적이지 못하며 도포하는 동안 과도하게 삼키거나 구강내 잔류된 불소를 섭취할 위험이 있다고 하였다. Whitford²³⁾도 APF gel 1회 도포시 환자가 삼키는 불소의 양은 14~31mg이라고 하였다. 그러므로 APF gel은 매우 어린 환자나 협조도가 낮은 환자, 장애를 가진 환자에게 적용하기가 용이하지 않다.

몇 해 전부터는 거품(foam) 형태의 제품이 시판되고 있으나 법랑질의 불소흡수량이 거품 형태와 gel 및 용액이 비슷하다는 실험연구 결과가 있었으며 아주 적은 양으로 도포하기 때문에 시술하는 동안 어린이들이 부주의로 삼키는 불소의 양을 줄일 수 있다는 장점이 있는 반면 APF gel과 같이 수용성이므로 치질과의 접촉시간이 짧은 단점이 있다. Hawkins 등²⁴⁾이 3~15세 어린이 256명에게 불소 거품(foam) 형태와 불소바니쉬를 도포하고 연령에 따른 각각의 소요시간과 불편감을 조사하였다. 그 결과 불소바니쉬가 평균 5.81분으로 평균 7.86분이 소요된 불소 거품(foam) 형태에 비해 시술시간이 더 짧았고 도포시 구역질과 고통스러움 또한 불소바니쉬가 불소 거품(foam) 형태에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다.

즉, 불소바니쉬(cavity shield)는 비수용성이고 도포시 치아에 점착성의 막을 형성하여 장시간 치면에 접촉하게 됨으로써 많은 불소가 침착되며 도포하기가 용이하고 APF gel보다 적은 양이 사용된다.

이러한 불소바니쉬(cavity shield)는 주로 천연 레진에 5% NaF로 구성되며 그 외 원료로는 saccharin, xylitol, beeswax, ethanol, shellac과 mastic, kolophonium 등이 첨가되어 있다. 이 제제는 mL당 22.6mg의 불소를 함유하며 1회용 용기를 사용하여 위생적이고 1회 사용량이 정해져 있어 불소의 과잉사용이나 과잉섭취의 가능성을 줄여주며 자일리톨이 포함되어 있으므로 Fluor protect보다 맛과 향이 좋아 환자들이 쉽게 받아들일 수 있는 장점을 가지고 있다.

불소바니쉬의 예방효과는 Peyron 등²⁵⁾에 의하면 3~6세 아동의 유치열에서 우식정지효과가 있었다고 하였고 Frosrell 등²⁶⁾도 4세 아동의 유치열에서 연 2회 불소바니쉬를 도포한 결과 우식감소가 있었다고 보고하였다. 또한 Todd 등²⁷⁾도 in vitro 실험에서 교정용 브라켓 주변에 불소바니쉬를 도포한 결과 대조군에 비해 50%의 탈회감소를 보였다고 하였다.

이와 같이 국외에서는 불소바니쉬의 사용이 증가함으로써 많은 연구가 이루어지고 있으나 국내에서는 불소바니쉬 사용에 대한 임상 및 실험실 연구가 아직 미미한 실정이다.

이에 본 연구는 불소바니쉬가 도포도 용이하고 우식예방에 효과적이라고 하지만 사용이 아직 초기 단계에 있으므로 그동안 임상에서 많이 사용되어왔던 APF gel과의 우식예방효과를 비교 분석할 필요가 있다고 사료되어 사람의 치아보다 법랑질이 균일한 소의 영구 절치 중 처리 전 표면의 미세경도 차이가 유의하지 않은 시편을 불소바니쉬군과 APF gel군으로 나누어 이 두 군 중 법랑질의 내산성 및 재광화에 어느 불화물이 더 우수한 효과가 있는지를 알아보았다.

국소도포한 불소가 법랑질의 탈회 및 재광화에 미치는 효과를 평가하는 방법으로는 불소흡착량, 우식병소 내 광물의 소실 혹은 침착, 내산성 감소, 법랑질 표면미세경도²⁸⁾, 법랑질의 조직학적 변화

를 측정하는 방법²⁹⁾이 있으나 본 실험에서는 이미 여러 연구^{29,30)}에서 밝혀졌듯이 정확하고 간단히 측정할 수 있는 법랑질 표면미세경도측정법을 이용하였다. 이 중 표면미세경도측정법²⁸⁾은 표본위에 knoop 혹은 vickers diamond를 일정한 시간 동안 일정한 힘으로 위치시키고 diamond에 의해 표본위에 남겨진 압흔의 깊이를 현미경상에서 마이크로미터 단위로 측정하는 방법이다. 탈회와 재광화에 관한 미세경도측정은 광물의 소실과 획득의 간접적인 증거를 제공하는데 여기서 가장 중요한 것은 편평한 면에서 측정이 이뤄져야 한다는 것이다. 표면미세경도는 병소의 모양, 광물의 재분포, 단백질 흡수 등에 의해 압흔 깊이에 영향을 받으며 광물변화에 대한 질적인 정보만을 제공해주며 진행된 우식병소와 상아질에 적용할 수 없다는 단점이 있다.

White 등³¹⁾은 인위적으로 초기 법랑질 탈회병소를 형성하여 구강내 타액에 의한 자연적인 재광화 능력과 불소도포에 의한 재광화 정도를 알아보기 위해 법랑질의 표면미세경도, 내산성도, 표면 변화양상을 비교하여 관찰한 결과 표면경도가 증가한 것은 재광화가 높아졌다는 것을 의미하며 법랑질표면의 광물함량과 미세경도가 비례관계에 있다고 하였다.

본 실험에서는 먼저 내산성 평가를 위해 불소바니쉬군은 불소바니쉬를 도포한 상태에서 4시간 동안 인공타액에 침지하였고 APF gel군은 4분간 도포하고 30분간 인공타액에 침지시켰다. 이는 임상 상황과 똑같이 하기 위해서였으며 이후 두 군 모두 탈회용액으로 처리하였다. 시편의 불소처리 후 법랑질표면의 미세경도를 측정하였으며 탈회용액 처리 후도 불소처리 후와 같이 법랑질표면의 미세경도를 측정하여 불소처리 후와 탈회용액처리 후의 법랑질 표면경도변화 차이로 내산성을 산정하였다.

불소바니쉬와 APF gel을 도포하고 탈회용액으

로 처리한 법랑질표면의 경도변화는 불소바니쉬군은 36.86 ± 27.30 이었으나 APF gel군은 255.03 ± 21.30 으로 불소바니쉬군의 법랑질 표면경도변화 감소가 더 작았으며 두 군간에도 유의한 차이가 있는 것으로 보아($p < 0.001$) 불소바니쉬군이 APF gel군에 비해 탈회억제효과가 더 큰 것을 알 수 있다.

이는 불소바니쉬와 APF gel을 도포하고 탈회용액으로 처리한 법랑질표면의 경도변화는 불소바니쉬를 도포한 후 인공우식병소를 유발하여 컴퓨터 영상분석 프로그램으로 광밀도를 분석하고 법랑질표면의 미세경도를 측정한 결과 APF를 도포한 군에 비해 불소바니쉬를 도포한 군이 높았다고 한 조³²⁾의 보고와 또 APF를 도포한 군보다 바니쉬군에서 광밀도 소실이 적어 법랑질의 탈회억제효과가 더 우수한 것으로 주장한 윤³³⁾의 결과와도 일치하였다. 그리고 Twetman과 Petersson³⁴⁾도 4~5세 아동의 우식 발생에 대한 불소바니쉬의 효과를 세계보건기구(WHO)의 기준에 따라 연구한 결과 유치열에서 불소바니쉬의 우식정지효과가 관찰되었다고 보고한 바, 본 실험의 결과와도 의미가 같았다.

또한 불화물 적용시에는 pH가 낮을수록, 불소용액의 농도가 높을수록, 용액과의 접촉시간이 길수록 불화칼슘의 형성에 영향을 많이 끼치며³⁵⁾ 이중 접촉시간에 의한 영향이 가장 크다고 Ögaard 등³⁶⁾이 보고하였다.

그러나 본 실험의 경우 APF를 4분간 도포하고 타액에 30분간 침지하였으며 불소바니쉬는 도포 후 4시간 동안 침지시킴으로 인해 도포 및 타액 침지시간이 서로 달라 탈회억제효과의 차이가 있었던 것이 아니라 APF는 수용성이기에 도포 후 타액에 의해 씻겨졌을 것이고 바니쉬는 점착성의 막으로 덮여 시편에 오래 남아 있음으로써 불소제재와의 접촉시간이 길어서 효과가 더 컸을 것으로 사료된다.

현재의 치아우식증에 대한 개념은 구강 내에서의 탈회 및 재광화의 균형에 의한 것으로 받아들여지고 있으며 비가역적 현상이 아닌 어느 한도 범위 내에서는 가역적인 현상으로 설명되고 있다. 따라서 불소의 존재하에서는 법랑질의 재광화가 촉진되며 이 점이 불소의 가장 큰 효과로 설명되고 있다. 재광화에 의해서 법랑질에서는 용해도의 감소가 나타나는데 특히 탈회된 법랑질 부위에서는 재광화 후 결정의 크기가 커져 산에 대한 저항성이 증가하는데 이와 같은 법랑질 재광화의 촉진은 법랑질 우식 형성시에 액상의 불소가 존재함으로써 나타난다²⁹⁾.

본 실험에서도 불소바니쉬와 APF gel이 이러한 재광화 효과가 있는지를 알아보기 위해 법랑질시편을 먼저 탈회용액으로 처리한 후 두 군 모두 불소바니쉬와 APF gel을 도포하여 내산성 평가방법과 동일하게 처리하였다. 시편을 탈회용액으로 처리하고 이어서 불소바니쉬를 도포한 법랑질시편의 표면미세경도변화는 0.02 ± 3.75 였고 탈회용액처리 후 APF gel을 도포한 군은 -4.54 ± 5.06 으로 나타나 두 군 모두 재광화에 영향을 미치지 않은 것으로 보여지며 두 군 간에도 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

이와 같은 결과는 탈회된 법랑질이 건전한 법랑질보다 더 많은 불소를 획득하여 산에 노출시 산에 대한 저항이 크다고 한 Hicks³⁷⁾의 보고와 일치하지 않았으며 그리고 표면하부의 법랑질이 심하게 탈회되고 그 상부를 덮은 표층법랑질은 비교적 광화가 잘 된 초기우식병소, 즉 백색반점의 경우 인접 건전법랑질보다 불소흡수에 대한 친화력이 크며 또한 불소에 의해 재광화 속도와 그 정도가 향상되어 병소의 치유가 일어나며 이차 산공격에 대해 저항성이 있는 우식면역상태가 될 수 있다고 한 Silverstone²⁹⁾의 주장과도 일치하지 않았다. 그리고 본 실험은 in vivo에서 불소국소도포시 건전한 법랑질에서 보다 이미 형성된 병소에서 재광

화 증가가 주로 일어난다고 한 Ögaard 등³⁸⁾의 보고 등과도 상반된 결과를 얻었다.

불소가 법랑질의 탈회를 억제하고 초기 우식병소의 재광화를 증진시킨다는 것은 이미 잘 알려진 사실이나 본 연구에서 법랑질표면의 미세경도변화가 나타나지 않은 것은 각 군별로 실험 진행자가 달라 충분한 시간을 확보하여 한 사람이 실험을 진행하는 것에 비해 일관성이 결여된 결과로 보며 또한 일정기간 동안 시간에 따라 반복해서 순환처리를 하지 않고 단지 1회만 도포 및 처리하였기 때문이라고 사료된다. 그리고 표면미세경도 측정도 시편 4곳만을 평가하였기에 시편 전체의 재광화 상황을 반영하지 못한 것으로 보여지며 우식의 표면하 탈회 및 재광화 과정은 광물질 소실과 이질적이므로 추후에는 표면변화양상을 파악할 수 있는 다양한 실험을 실시하고 측정 및 분석방법 등을 달리하여 재광화 효과에 대한 추가적인 연구가 반드시 이루어져야 할 것으로 사료된다.

이번 연구는 연구기간이 짧아 여러 사람이 각 군별로 동시에 실험 진행을 하였으나 추후 연구에서는 충분한 연구기간을 확보하여 한 사람이 실험 전반을 꾸준히 일관성 있게 시행함으로써 연구의 신뢰도를 높여야 할 것으로 사료되며 이번 실험설계에서 누락된 대조군도 확보하여 비교 분석할 필요가 있다고 본다.

그리고 불소바니쉬와 APF gel의 효과를 먼저 *in vitro*에서 비교해 본 후 추후 구강내 환경에서 도포처리하여 우식예방효과를 검토하는 것이 타당하다고 판단되어 이번 연구가 비록 *in vitro*이지만 구강내 환경과 유사한 조건을 만들기 위하여 임상과 같이 도포시간을 맞추고 산과 타액도 반복 처리하여 법랑질표면의 경도를 측정하였으나 구강내에서는 이외에도 다른 여러 요인의 영향을 받을 수 있으므로 정확한 불화물의 우식예방효과 비교를 위해서는 추후 임상실험이 함께 시행되어야 할 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 종합하면 불소바니쉬군이 APF gel군보다 불소도포를 한 후와 탈회용액을 처리한 후의 법랑질표면 미세경도변화에 더 작은 감소를 보인 것은 불소바니쉬가 산에 대해 더 높은 저항성이 있었음을 알 수 있었으나 탈회용액 처리 후와 불소도포 후의 불소바니쉬군과 APF gel군 모두는 법랑질표면의 미세경도변화에 의미 있는 차이를 보이지 않아 둘 다 재광화가 이루어지지 않은 것으로 판단된다.

그러나 불소바니쉬가 APF gel보다 탈회억제효과가 우수하였으므로 우식활성이 높은 자, 교정장치장착자에게 유리하고 바니쉬는 도포가 용이하고 타액조절을 크게 고려하지 않아도 되는 장점이 있으므로 장애인이나 향후 협조가 낮은 어린 환자들에게 보다 적극적으로 적용할 필요가 있다고 본다. 그리고 특별한 기구나 장비없이 동시에 다수의 사람에게 시술할 수 있으므로 공공분야에서의 사용도 적절할 것으로 사료된다.

5. 결론

불소바니쉬와 APF gel이 법랑질의 내산성 및 재광화에 미치는 영향을 알아보고자 첫째, 법랑질 시편에 불소도포를 한 후, 탈회용액으로 처리하였으며 둘째, 법랑질 시편을 먼저 탈회용액으로 처리하고 불소도포를 한 후 각각 법랑질표면의 미세경도변화를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불소바니쉬군은 불소도포 후 법랑질표면경도(VHN)가 297.76 ± 9.89 였으나 탈회용액처리 후는 260.90 ± 28.67 로 불소도포 후와 탈회용액처리 후의 법랑질 표면경도변화는 -36.86 ± 27.30 이었으며 APF gel군은 불소도포 후 법랑질표면경도가 298.79 ± 17.28 , 탈회용액처리 후는 43.75 ± 18.58 로 법랑질 표면경도변화가

-255.04±21.31로 나타나 불소바니쉬군의 법랑질표면경도가 더 작은 감소를 보였으며 두 군 간에도 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$).

2. 불소바니쉬군은 탈회용액처리 후 법랑질 표면경도는 46.58±15.42였고 불소도포 후 표면경도는 46.61±15.70으로 탈회용액처리 후와 불소도포처리 후의 법랑질 표면경도변화가 0.02±3.75였다. APF gel군도 탈회용액처리 후 법랑질 표면경도는 47.13±19.31이었으나 불소도포 후의 표면경도는 42.59±16.12로 법랑질 표면경도변화가 -4.54±5.06으로 나타나 두 군 모두 의미있는 증가가 없었으며 두 군 간에도 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

이상의 결과를 종합해 볼 때 불소바니쉬가 APF gel에 비해 법랑질에 대한 내산성 효과는 더 우수한 것으로 나타났으나 재광화 효과는 둘 다 없었다.

참고문헌

1. Hargreave JA, Cleaton-Jones PE. Dental caries changes in the Scottish Isle of Lewis. *Caries Res* 1990;24(2):137-141.
2. Glass RL. The first international conference on the declining prevalence of dental caries. *J Dent Res* 1982;61(Spec. Issue):1304.
3. Duckworth RM. The science behind caries prevention. *Int Dent J* 1993;43(suppl 1):529-539.
4. Mellberg JR, Ripa LW, Leske GS. Fluoride in Preventive Dentistry: Theory and Clinical Applications. Chicago: Quintessence;1983:151-179.
5. Bibby BG. Use of fluoride in the prevention of dental caries I. Rationale and approach. *J Am Dent Assoc* 1944;1:228-236.
6. LeCompte EJ. Clinical application of topical fluoride products risks benefits and recommendations. *J Dent Res* 1987;66(5):1066-1671.
7. Brudevold F, Naujoks R. Caries preventive fluoride treatment of the individual. *Caries Res* 1978;12(suppl 1):52-64.
8. Wei SHY. Clinical uses of fluorides: critical assessment of professional application of topical fluorides. Philadelphia: Lea & Febiger; 1985:18-20.
9. Adair S.M. Current fluoride therapy in dentistry for children. *Current Opinion Dent* 1991;1:583-591.
10. 최원혁, 김은정, 김현정. APF gel이 심미수복 재료의 표면에 미치는 영향. *대한소아치과학회지* 2006;33(2):281-289.

11. Seppa L, Leppanen T, Hausen H. Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: a 3-year clinical trial. *Caries Res* 1995;29:327-330.
12. Shobha T, Nandlal B, Prabhakar AR, Sudha P. Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride for school children in Manipal. *J Ind Dent Assoc* 1987;59:157-160.
13. Weinstein P, Domoto P, Koday M, Leroux B. Results of a promising trial to prevent baby bottle tooth decay: A fluoride varnish study. *J Dent Child* 1994;61:338-341.
14. Marinho VC, Higgins JP, Logan S, et al. Topical fluoride(toothpastes, mouthrinses, gels or varnishes) for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;4: CD002782.
15. White DJ. Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries II. Effects on subsurface lesions F uptake, F distribution, surface hardening and remineralization. *Caries Res* 1988;22(1):27-36.
16. 홍석진, 박기철, 이상대, 정성숙. 미생물 작용과 화학적 방법을 이용한 치약의 우식예방효과연구. *대한구강보건학회지* 1997;21(4): 563-571.
17. Arends J, Nelson DGA, Dijkman AG, et al. Effect of various fluorides on enamel structure and chemistry. *Cariology today* 1984; 245-258.
18. 예방치학연구회. *현대예방치학*. 2nd. 서울: 군자출판사;2008:223.
19. Wefel JS, Harless JD. The effect of topical agents on fluoride uptake and surface morphology. *J Dent Res* 1981;60(11):1842-1848.
20. Cobb B, Roizer G, Bawden JW. A clinical study of the caries APF solution and thixotropic gel. *Pediatr Dent* 1980;2:263-266.
21. Hicks MJ, Flaitz CM, Garcia-Godoy F. Root-surface caries formation:effect of in vitro APF treatment. *J Am Dent Assoc* 1998;129(4):449-53.
22. Arends J, Schuthof J. Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing in vitro study. *Caries Res* 1975;9:363-372.
23. Whitford, GM. Fluoride products: safety considerations. *J Dent Res* 1987;66: 1056-1060.
24. Hawkins R, Noble J, Locker D, et al. A comparison of the costs and patient acceptability of professionally applied topical fluoride foam and varnish. *J Public Health Dent* 2004;64:106-110.
25. Peyron M, Matsson L, Birkhed D. Progression of approximal caries in primary molars and the effect of Duraphat treatment. *Scand J Dent Res* 1992;100: 314-318.
26. Frosrell G, Birkhed D, Edwardsson S, et al. Effect of partial substitution of invert sugar for sucrose in combination with Duraphat treatment on caries development in preschool children: the Malmo Study. *Caries Res* 1991;25:304-310.
27. Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, et al. Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodon-

- tic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:159-167.
28. Gelhard TBFM, Arends J. In vivo remineralization of artificial subsurface lesions in human enamel. I. *J Biol Buccale* 1984;12:49-57.
 29. Silverston LM. Remineralization phenomena. *Caries Res* 1977;11(suppl. 1):59-84.
 30. Zero DT, Rahbek I, Proskin JFHM, Featherstone JDB. Comparison of the iodide permeability test, the surface microhardness test and mineral dissolution of bovine enamel following acid challenge. *Caries Res* 1990;24:181-188.
 31. White DJ, Chen WC, Nancollas GH. Kinetic and physical aspects of enamel remineralization-A constant composition study. *Caries Res* 1988;22:11-9.
 32. 조난주, 이상호, 이난영. 불소바니쉬가 인공 우식 병소의 발생에 미치는 영향. *조선대학교 대학원 석사학위논문*, 2007.
 33. 윤명옥. 불소바니쉬가 법랑질 탈회에 미치는 영향. *조선대학교 대학원 석사학위논문*, 2007.
 34. Twetman S, Petersson LG. Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. *Eur J Oral Sci* 1996;104:523-528.
 35. Saxegaard E, Rølla G. Fluoride acquisition on and in human enamel during topical application in vitro. *Scand J Dent Res* 1988;96(6):523-535.
 36. Ögaard B, Rolla G, Ruben J, Arends J. Relative cariostatic effects of KOH-soluble and KOH-insoluble fluoride in situ. *J Dent Res* 1990;69(8):1505-1507.
 37. Hick MJ, Flaitz CM, Silverstone LM. Fluoride uptake in vitro of sound enamel and caries-like lesion of enamel from fluoride solutions of relatively low concentration. *J Pedodontics* 1986;11:47-61.
 38. Ögaard B, Rolla G, Helgeland K. Alkali soluble and alkali insoluble fluoride retention in demineralized enamel in vivo. *Scand J Dent Res* 1983;91:200-204.

Abstract

The effect of varnish fluoride on the acid resistance and the remineralization of the enamel

Min-Jung Cho · Hyung-Soon Shim · Hyang-Nim Lee
Seung-Hee Kim · Ji -Il Park · Eun-Mi Kim · Myung-Ok Ha

Dept. of Dental hygiene, Gwangju Health College University

key words : acid resistance, fluoride varnish, remineralization

Objectives : This study was carried out to examine the effect of varnish fluoride and APF gel on the acid resistance and the remineralization of the enamel.

Methods : At first, the microhardness changes of enamel surface were measured after demineralizing the fluoride treated tooth surface. Next, the changes were measured after fluoride application to the demineralized enamel surface.

Results :

1. Acid resistance was higher in varnish fluoride groups than APF gel groups and the difference was significant($p < 0.001$).

1) Varnish fluoride groups

Microhardness of enamel surface showed 297.76 ± 9.89 after fluoride treatment and 260.90 ± 28.67 after demineralization. The changes of Vickers hardness number(VHN) were -36.86 ± 27.30 .

2) APF gel groups

Microhardness of enamel surface showed 298.79 ± 17.28 after fluoride treatment and 43.75 ± 18.58 after demineralization. The changes of VHN were -255.04 ± 21.31 .

2. No significant changes were surveyed in both varnish fluoride groups and APF gel groups as for remineralization of enamel($p > 0.05$).

1) Varnish fluoride groups

Microhardness of enamel surface showed 46.58 ± 15.42 after demineralization and 46.61 ± 15.70 after fluoride treatment. The changes of VHN were 0.02 ± 3.75 .

2) APF gel groups

Microhardness of enamel surface showed 47.13 ± 19.31 after demineralization and 42.59 ± 16.12 after fluoride treatment. The changes of VHN were -4.54 ± 5.06 .

Conclusions : Varnish fluoride showed higher acid resistance than APF gel, however both of them were observed to have no effect on the remineralization of the enamel.

접수일-2009. 09. 14 수정일-2009. 12. 16 게재확정일-2009. 12. 23