creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000265037
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2015년 8월
박사학위논문

불소 바니쉬의 불소이온 유리량과 초기우식병소의 재광화효과

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 가 영

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

불소 바니쉬의 불소이온 유리량과 초기우식병소의 재광화효과

Amount of fluoride ion released from the fluoride varnishes and their remineralization effect on the initial caries lesion

2015년 8월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 가 영

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

불소 바니쉬의 불소이온 유리량과 초기우식병소의 재광화효과

지도교수 이 상 호

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2015년 8월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 가 영

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이가영의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 김 홍 중 인

위 원 전북대학교 교 수 김 재 곤 인

위 원 조선대학교 교 수 임 성 훈 인

위 원 조선대학교 교 수 이 난 영 인

위 원 조선대학교 교 수 이 상 호 인

2015년 8월

조선대학교 대학원

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 연구 재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 연구 결과 ····· 7

Ⅳ. 총괄 및 고찰 ····· 14

Ⅴ. 결 론 ····· 17

참고문헌 ····· 18

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Fluoride varnish products used in this study ····· 3
Table 2. Recovery percentage (R△F) of each group ····· 9
Table 3. Comparison of the recovery percentage (R△F) between group ·· 10
Table 4. A comparison between the fluoride ion and remineralization ····· 13

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

Fig. 1. Changes of cumulative fluoride concentration release(ppm) from the various fluoride varnishes according to the test time. ····· 7
Fig. 2. Amount of fluoride ions released from the varnishes during each test period. ····· 8
Fig. 3. The SEM images of the enamel surfaces in each group (X 10,000). ····· 11

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Amount of fluoride ion released from the fluoride varnishes and their remineralization effect on the initial caries lesion

Ka-young, Lee D.D.S.
Advisor : Prof. Sang-ho Lee D.D.S., M.S.D. Ph. D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

Even though many studies on fluoride varnishes have been conducted, the comparisons and evaluations among various fluoride varnishes of the market are still insufficient. Thus, this study compared and evaluated the effect of fluoride varnish products of the market.

Study subjects were the following 6 products: FluoroDose®, Enamelast™, Clinpro™ white varnish, CavityShield™, V varnish™, MI varnish™.

We measured the amount of fluoride ion release eight times during the 168 hours of total experiment time to see the variations by the lapse of the time period using bovine teeth, and the remineralization rate with Quantitiative Light-induced Fluorescence.

V varnish™ group and MI varnish™ group showed high remineralization rates with statistically significance while CavityShield™ group was the lowest rate of remineralization. (p <0.05).

Scanning electron microscope was used to compare remineralization effect

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

of varnishes. Demineralized enamel was observed as the number of enamel crystal was very small; enamel rods and crystals were highly protruding. Remineralized groups with fluoride varnishes show the decreasing tendency of the surface roughness compared to the demineralized enamel.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

치아우식증 예방에 효과적으로 알려져 있는 불소는 법랑질의 탈회방지는 물론 탈회된 법랑질의 재광화에 의한 치질의 복원을 가능하게 한다[1]. 치아우식증 예방을 위한 불소의 적용방법은 크게 전신적 투여방법과 국소적 투여방법으로 나뉘는데, 전신적 투여방법은 상수도수 불화, 불소보조제 복용 등이 있으며 국소적 투여방법으로는 불소치약의 사용, 불소양치, 전문가불소도포 등이 있다.

전문가불소도포법은 불소 젤(gel), 불소 거품(foam), 불소 바니쉬 등 다양한 제제가 이용되고 있는데 이중 불소 바니쉬가 젤 형이나 액상형, 거품형 등과 비교하여 부착성이 좋고 삼킬 위험성이 적어 안전하다고 알려져 있다[2-5].

불소 바니쉬는 1960년대 중반 유럽에서 5% 불화나트륨을 주성분으로 한 Duraphat® (Colgate-palmolive, USA)이 시판된 이래 Fluor Protector® (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein) 등의 2세대 불소 바니쉬들에 이어 근래에는 Cavity Shield® (Omnii Pharmaceuticals, USA), Vanish America® (Dental America, USA) 등 스틱형의 개별 포장된 3세대 바니쉬들이 시판되고 있다. 최근에는 국내에서도 V varnish™ (Vericom, Korea) 등의 불소 바니쉬 제품이 개발, 시판되고 있다.

불소 바니쉬는 치아에 부착성이 좋은 천연수지를 주성분으로 하고 있어 5% 불화나트륨과 같은 고농도의 불소를 비교적 장기간 치아에 접촉시킴으로써 치아우식증 예방효과가 좋은 것으로 알려져 있다[6,7]. 또한 술식이 편리하고 간단할 뿐 아니라 시술시간이 짧아 환자에게 부담이 적으나 불소 바니쉬 또한 도포 후 일시적인 착색, 불쾌한 맛, 끈적거리는 질감으로 인해 어린이와 청소년에게 도포시 거부감을 줄 수 있으며 음식이나 타액, 잇솔질에 의해 씻겨져 내려가는 문제점으로 인해 구강 내에서 적절한 불소농도를 오랜 시간동안 유지하는데 한계점을 가지고 있다[8].

이와 같은 불소 바니쉬의 치아우식증 예방 효과에 대한 현재까지의 연구들은 주로 불소의 농도, 도포방법, 도포주기에 관한 내용들이며[2,9,10] 근래에는 접착력이 좋은 불소 바니쉬의 매개체에 대한 연구[11-13]도 이루어지고 있으며 이와 함께 각종 시판 불소 바니쉬의 효과나 성능을 평가하기 위해 여러 가지 연구들이 진행되어 오고 있다.

불소 바니쉬의 효과나 성능은 주로 불소의 구강내 잔류 시간, 탈회된 재광화 효과 등을 비교하는 것인데 이는 불소의 적절한 농도나 도포주기와도 밀접하게 관련되

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

어 있다[2,14,15].

Cochrane 등[16]은 다섯가지 불소 바니쉬의 칼슘과 불소이온 방출량을 비교 분석하였고 국내 연구에서도 일부시판 불소 바니쉬의 불소이온 유리량 비교에 관한 보고가 있었지만 이들 연구들은 단순 불소이온 유리량만을 측정하였다[17]. 실제 임상에서 사용되는 불소 바니쉬의 효능을 평가하기 위해서는 불소이온 농도는 물론 재광화 효과를 동시에 평가할 필요가 있는데, 재광화 효과는 불소성분 이외에 첨가한 TCP (Tricalcium phosphate), CPP-ACP (Casein Phosphopeptide- Amorphous Calcium Phosphate) 등의 효과까지 총괄적으로 평가할 수 있기 때문이다.

기존의 연구들에서 치질의 탈회와 재광화를 측정하는 방법으로는 편광현미경, 전자현미경, 횡단미세방사선법, 표면미세경도측정 등을 사용하였다[18-20]. 그러나 편광현미경, 전자현미경 등은 정량화 평가가 어렵고 표면미세경도는 재광화된 구조를 보존하기 위해서 연마를 하지 않고 관찰해야 하므로 상대적으로 정확성이 떨어진다.

QLF(Quantitative light-induced fluorescence)는 치질의 재광화 효과를 비침습적으로 평가할 수 있는데 405nm 파장의 푸른색 가시광선을 치아 표면에 조사하고 치면에서의 형광현상을 이용해[21-23] 치질의 탈회정도나 초기치아우식증을 진단하여 치질에서의 형광이 소실된 정도를 정량화시켜 초기치아우식병소의 깊이나 치질의 탈회와 재광화 정도를 평가할 수 있다[23,24].

이전의 여러 연구들[25,26]에서 시판 중인 일부 불소 바니쉬의 효과를 비교하기 위해 불소의 유리 능력이나 잔류시간을 평가하고 있지만, 생체실험인 경우 연구대상들의 식습관, 잇솔질 특성, 그리고 타액분비율들이 서로 달라 실험 대상의 표준화가 어렵고 실험실적 실험의 경우 타액의 분비로 인한 불소의 씻김 등의 구강내 환경을 재현하지 않아 분석의 오차가 클 것으로 생각된다.

이와같이 불소 바니쉬에 대한 여러연구가 진행되어 오고 있음에도 불구하고 시판중인 다양한 불소 바니쉬 제품에 대한 효과나 성능에 관한 비교평가는 미진한 실정이고 따라서 임상가들은 근거기반의 불소 바니쉬 선택에 대한 정보가 여전히 부족한 상황이다. 이에 본 연구는 현재 시판되고 있는 불소 바니쉬 제품의 효능을 보다 정확히 평가하기 위해 실험실적으로 구강내 타액에 의한 씻김현상을 재현하여 이들의 불소 유리 능력을 측정하고 이와 함께 QLF를 이용하여 치질의 재광화 효과를 비교, 분석하고자 한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 불소 바니쉬

이 연구에 사용한 불소 바니쉬는 현재 국내에서 시판되고 있는 다음과 같은 6가지 제품을 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. Fluoride varnish products used in this study

Products	Manufacturer	Major compositions	Fluoride concentration
FluoroDose (FD)	Centrix, USA	5% NaF, Rosin, xylitol	22,600 ppm
Enamelast (EL)	Ultradent, USA	5% NaF, Synthetic resin	22,600 ppm
Clinpro White varnish (CP)	3M ESPE, USA	5% NaF, fTCP	22,600 ppm
CavityShield (CS)	3M ESPE, USA	5% NaF, Rosin, Xylitol	22,600 ppm
V varnish (VV)	Vericom, Korea	5% NaF, TCP, Rosin, Xylitol	22,600 ppm
MI varnish (MI)	GC, Japan	5% NaF, CPP-ACP	22,600 ppm

2. 연구 방법

1) 불소이온농도 측정

① 불소 바니쉬 도포와 인공타액 저장

일회 용량으로 포장된 제품을 각 제조사별로 10개씩 사용하였으며 모든 제품은 실험 24시간 전에 상온에 보관한 뒤 도포 직전에 개봉하여 사용하였다.

제품당 10 mg의 바니쉬를 5 x 5 mm로 절단한 소의 치아 표면에 마이크로브러쉬를 이용하여 도포하였다. 바니쉬를 도포한 시편은 20 ml의 인공 타액(증류수 + 1.5 mM $Ca(No_3)_2 \cdot 4H_2O$ + 0.9 mM $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ + 150 mM KCL + 0.1 mM Tris buffer + 0.03 ppm F, pH 7.0, 37℃)에 침적시킨 후 37℃ 항온기에 보관하였다.

인공타액에 유리된 불소이온의 농도는 1시간, 2시간, 4시간, 8시간, 24시간, 72시

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

간, 168시간 등 총 8회 측정하였으며 인공 타액은 매 시간마다 총 량의 1/2을 새로 교환해 주었다.

매 측정 시간마다 불소 바니쉬를 도포한 시편이 보관된 인공 타액 20 ml에서 0.5 ml를 분리하여 불소 이온농도를 측정하였다.

② 불소이온농도 측정

불소이온전극(Orion 9609, Thermo Scientific, USA)의 보정을 위해 10 ppm, 1 ppm, 0.1 ppm, 0.01 ppm의 불소 표준용액을 사용했다. 준비된 불소 표준용액 5 ml와 TISAB III (Total Ionic Strength Buffer III) 0.5 ml을 10:1의 부피비로 혼합하였다.

불소이온전극을 불소이온측정기(Orion 4-star, Thermo Scientific, USA)에 연결하고 낮은 농도의 표준용액부터 순서대로 보정하여 기준 값을 불소이온측정기에 입력하였다. 불소농도는 불소이온측정기에 제조사의 지시에 따라 불소이온전극을 부착하고 불소 표준용액으로 기기의 표준화를 시행한 다음 측정하였다. 전극의 전위가 온도에 의해 변화되는 것을 방지하기 위하여 수집한 모든 인공타액 표본과 표준용액을 25℃의 동일한 온도에서 측정했다. 10개의 시편을 측정할 때마다 기기의 표준화를 시행하였으며 모든 측정은 세 번 측정하고 표준정량을 위해 세 번째 값을 선택하였다.

2) 탈회 시편의 재광화율 분석

① 시편의 제작

발거된 소의 절치 중 파절이 없고, 건전한 법랑질 표면을 갖는 치아를 대상으로 시편을 제작하였다. 소의 절치를 저속핸드피스로 6 mm x 3mm x 3 mm의 크기로 절단한 후 미리 제작된 아크릴 주형에 매몰하였다. 총 100개의 시편이 제작되었으며 매몰된 시편을 silicon carbamide paper를 이용하여 400, 800, 2,400 그리고 4,000 grit까지 단계적으로 연마하였다. 연마 후 시편 표면적의 1/2인 3 mm x 3 mm에 nail varnish를 도포하였다.

② 시편의 탈회

초기우식병소 생성을 위한 탈회 용액은 2.2 mM $Ca(No_3)_2$, 2.2 mM $KHxPO_4$, acetic acid 50 mM을 2차 증류수에 혼합하여 pH 4.5로 조절하여 제작하였다. 시편

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

을 탈회 용액에 37℃로 72시간 동안 보관하여 초기 우식을 유발하였으며 탈회 용액은 24시간 마다 교체하였다.

③ 시편의 분류

탈회된 시편들을 QLF-D (QLF-D biluminator^{TM}, Inspektor Research system BV, Amsterdam, The Netherlands)를 이용하여 탈회 정도인 QLF의 △F 값을 측정하였다. 시편의 △F 값이 초기 치아우식증을 의미하는, -25 ~ -15 범위를 갖는 72개를 선택한 후 이 시편들을 무작위로 12개씩 6개의 군으로 배분하였다.

④ 불소 바니쉬 도포

각 시편의 탈회된 부분에 불소 바니쉬를 전용 어플리케이터를 이용하여 도포 후 30분 동안 건조하였다. 인공 타액에 담근 시편을 37℃ 항온기에 보관하였다. 6시간 뒤 어린이용 칫솔로 남은 불소를 제거하고 인공 타액을 교환하여 37℃ 항온기에 보관하였다. 시편을 인공 타액에 1주일 동안 위치시켰으며 인공 타액은 6시간 마다 교체하였다.

⑤ QLF-D를 이용한 의한 시편의 재광화율 측정

QLF-D를 이용하여 시편들의 △F 값을 동일한 실험자가 암실에서 측정하였다. QLF-D 영상은 디지털 카메라(EOS-550D, Canon, Tokyo, Japan)로 셔터 스피드 1/45초, 조리개값 3.2 그리고 ISO 1600으로 설정하여 촬영하였다. 컴퓨터 자동 저장 소프터웨어로 C3 v1.18 (Inspektor Research System BV)을 분석 프로그램으로 QA v1.18 (Inspektor Research System BV)을 사용하였다. QLF-D로 측정한 △F 값의 재광화율(회복률)은 다음의 공식으로 구하였다.

R△F [Recovery Percentage of △F (%)] = [(△F before remineralization - △F after remineralization) / △F before remineral ization] x 100%

⑥ 주사전자현미경을 이용한 법랑질 표면 구조 비교

법랑질 표면의 미세구조 분석을 위해 주사전자현미경(JEOL JSM-840A, JEOL CO., Japan)을 이용하였다. 시편들을 진공 데시게이터를 이용하여 충분히 건조시켜 준 다음 Ion sputter (E-1030, Hitachi, Japan)를 이용하여 백금 코팅을 80초간 시행

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하였다. 표면이 코팅된 시편을 카본테이프를 이용하여 시료대 위에 장착한 후 주사전자현미경으로 10,000배에서 관찰하였다.

3) 통계 분석

시간에 따른 누적된 불소이온 유리량을 평가하기 위해서 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. 탈회와 재광화 정도를 윌콕슨 순위검정(Wilcoxon matched-pairs signed ranks test)을 사용하여 분석하였다. 탈회 후 불소 바니쉬 종류에 따른 군간 재광화의 유의성 차이를 비교하기 위해 사후 검정으로 맨-휘트니 U 검정(Mann Whitney U-test)을 시행하였다. 그리고 불소이온 유리량과 법랑질 재광화의 상관관계를 알아보기 위해서 Spearman's correlation analysis을 시행하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. 연구 결과

1. 불소이온 유리량

1) 누적 불소이온 유리량

총 168시간 동안의 시간 경과에 따라 8회 측정된 누적 불소이온 유리량은 각 불소 바니쉬 그룹들 간에 서로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), 마지막 측정 시간인 168시간 경과시 측정한 누적 불소이온 유리량은 MI 그룹과 VV 그룹에서 유의하게 높았고 EL, CP, FD 그룹 순이었다. CS 그룹이 통계적으로 유의하게 가장 낮은 누적 불소이온 유리량을 보였다($p < 0.05$, Fig. 1).

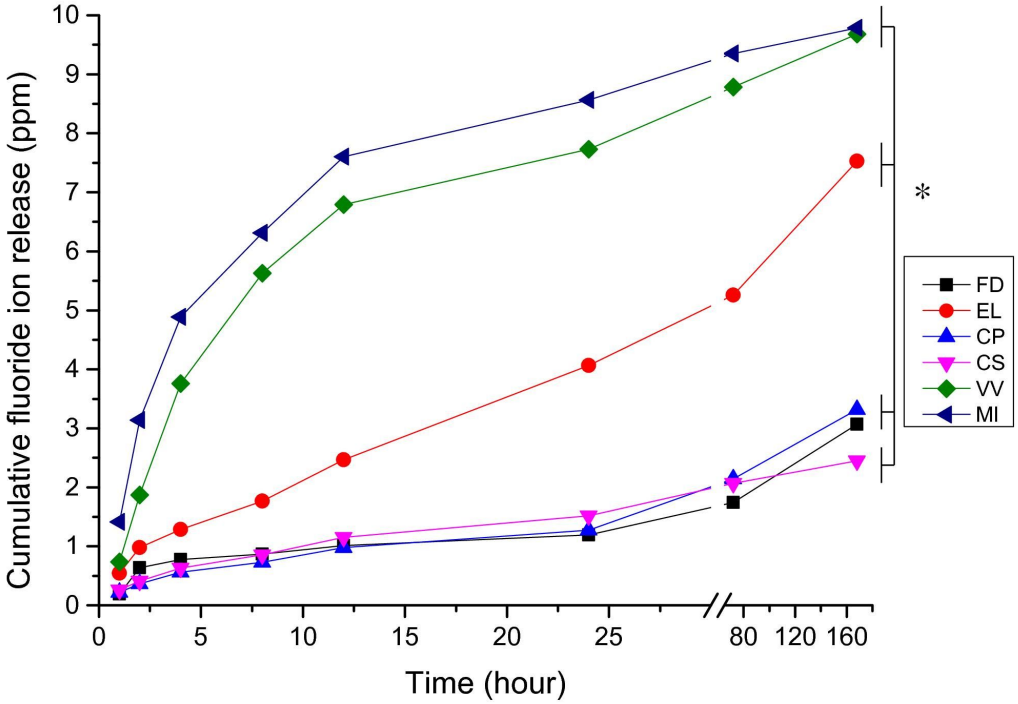


Fig. 1. Changes of cumulative fluoride concentration release(ppm) from the various fluoride varnishes according to the test time.
FD : FluoroDose®, EL : Enamelast™, CP : Clinpro White varnish™, CS :

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

CavityShield™ VV : V varnish™, MI : MI varnish™

2) 불소의 지속적인 유리능력

도포 후 10시간 이내의 경우 VV 그룹과 MI 그룹의 불소이온 유리량은 다른 그룹들에 비해서 월등히 높았지만($P < 0.05$) 시간이 지날수록 불소이온 유리능력이 감소하는 양상을 보여준 반면 다른 그룹의 불소 바니쉬들은 168시간(hour)까지 유리능력이 상대적으로 많이 감소하지 않았다(Fig. 2). 그러나 각 측정 기간동안 VV 그룹과 MI 그룹이 상대적으로 더 많은 불소 이온을 유리하였다. EL 그룹은 특이하게 시간이 경과할수록 더 많은 불소 이온을 방출하는 현상을 보였다.

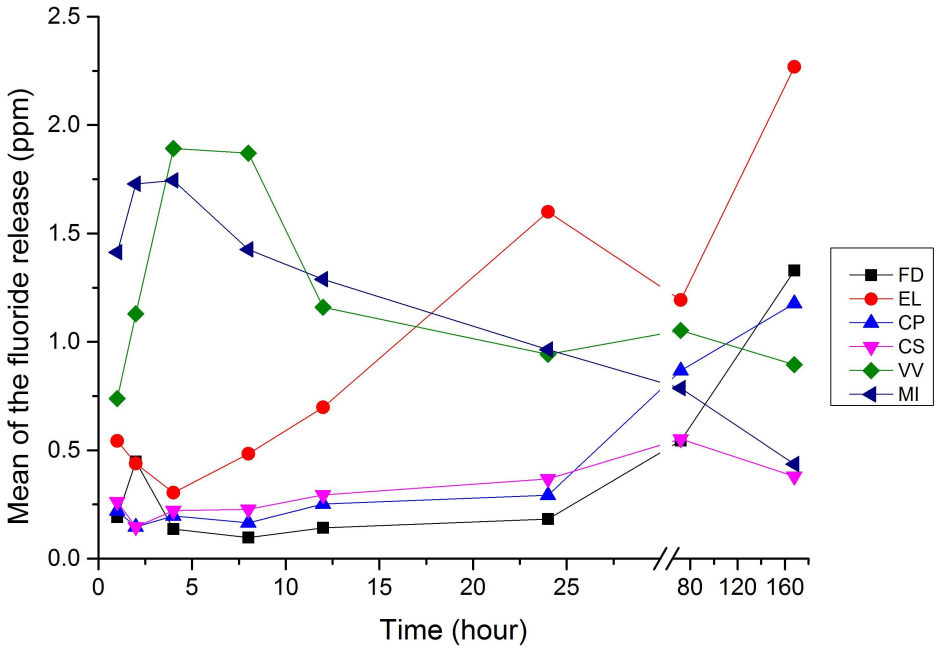


Fig. 2. Amount of fluoride ions released from the varnishes during each test period.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 불소 바니쉬의 재광화 효과

1) 불소 바니쉬 도포 전후의 재광화 효과 비교

모든 불소 바니쉬 그룹에서 탈회된 시편의 불소 바니쉬 도포 후의 재광화율(RΔF)은 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$, Table 2).

2) 불소 바니쉬 그룹들간의 재광화 효과 비교

VV 그룹과 MI 그룹은 다른 그룹들에 비해서 통계적으로 유의하게 높은 재광화율을 보여주었으며, CS 그룹은 통계적으로 가장 낮은 재광화율을 보여주었다($p < 0.05$, Table 3).

Table 2. Recovery percentage (R△F) of each group

	Demineralization (ΔF)	After treatment (ΔF)	RΔF (%)
VV	-18.31±2.79	-8.70±2.91	47.44±20.50*
MI	-19.41±3.13	-9.84±3.06	52.95±12.64*
EL	-20.34±3.60	-12.34±1.98	37.79±13.22*
FD	-23.56±2.00	-16.35±3.42	30.75±13.11*
CP	-21.38±2.99	-15.73±3.09	26.38±11.45*
CS	-20.56±2.23	-17.98±1.98	12.29±6.49*

Wilcoxon signed ranks test

* : $p < 0.05$

RΔF : recovery percentage (%)

FD : FluoroDose®, EL : Enamelast™, CP : Clinpro White varnish™, CS : CavityShield™ VV : V varnish™, MI : MI varnish™

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Comparison of the recovery percentage (R△F) between group.

	CS	CP	FD	MI	VV	EL
CS	-	S	S	S	S	S
CP	-	-	N	S	S	N
FD	-	-	-	S	S	N
MI	-	-	-	-	N	S
VV	-	-	-	-	-	S
EL	-	-	-	-	-	-

Mann-Whitney U-tests

S : Significant difference ($p < 0.05$) between group.

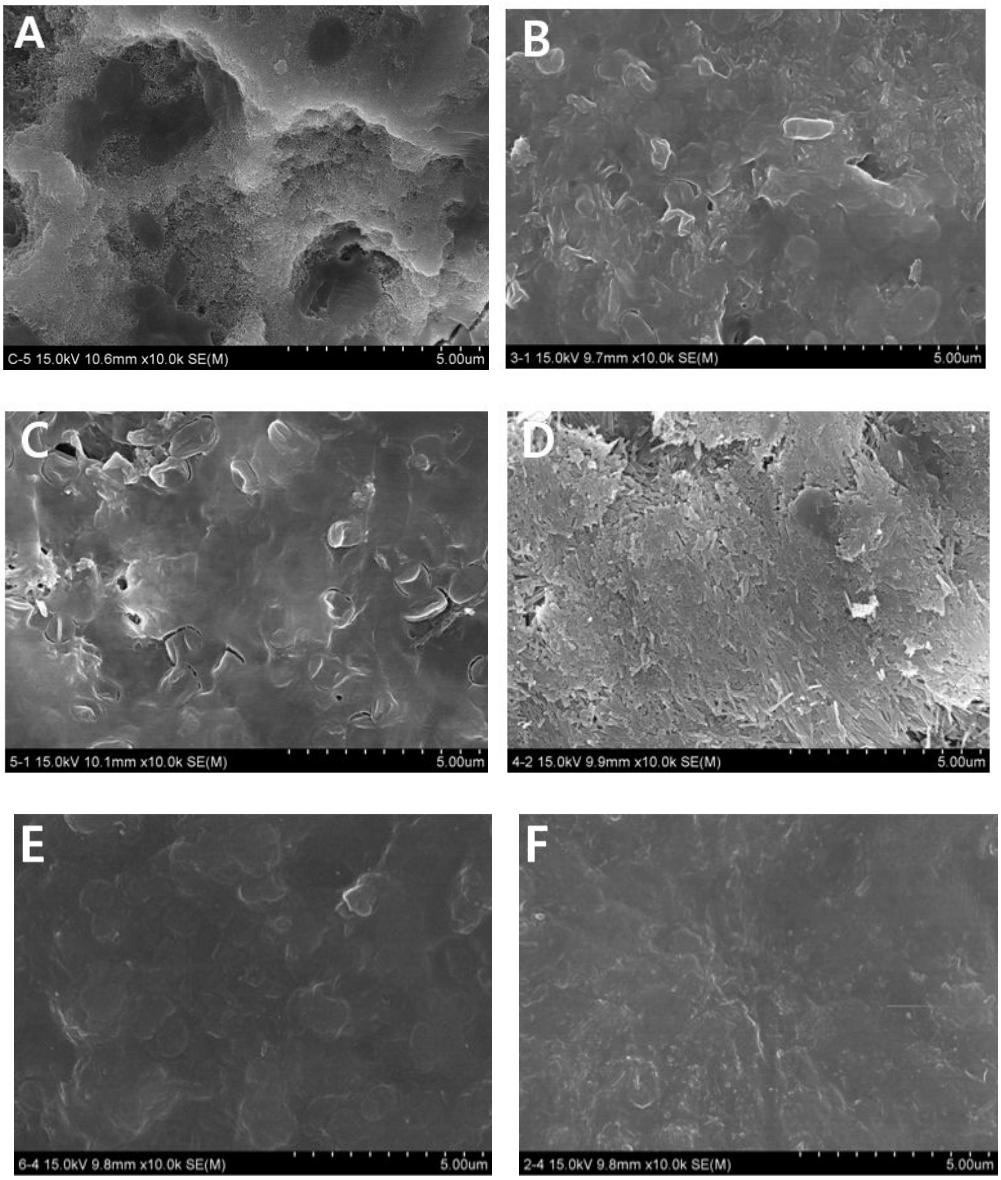
N : Non-Significant difference between group.

3) 주사전자현미경을 이용한 법랑질 표면 구조

FIg. 3은 탈회된 법랑질과 각각 다른 불소 바니쉬를 적용하여 재광화된 그룹들의 대표적인 SEM 이미지이다. 탈회된 법랑질은 주파선조(perikymata)를 따라 법랑소주(enamel prism)의 말단부가 함몰된 형태로 파괴된 양상을 보이며 이외에도 집소공(focal hole) 등이 부분적으로 관찰되었다(Fig. 3-A). 불소 바니쉬를 적용하여 재광화된 그룹들은 탈회된 법랑질에 비하여 표면 거칠기가 감소한 양상을 보여 치질의 회복이 상당히 이루어진 양상을 보이고 있다(Fig. 3 B-G).

Enamelast™ (B), Clinpro White varnish™ (C), CavityShield™ (D) 그룹은 재광화된 법랑질 표면에 미세공(micropore)과 미세 균열이 관찰되었으며 다른 불소 바니쉬 그룹에 비하여 법랑질 표면이 더 불규칙하였고 V varnish™ (E), MI carnish™ (F) 그룹은 상대적으로 더 매끄러운(smooth) 표면을 보이고 있다 (Fig 3-B,C,D,E,F).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

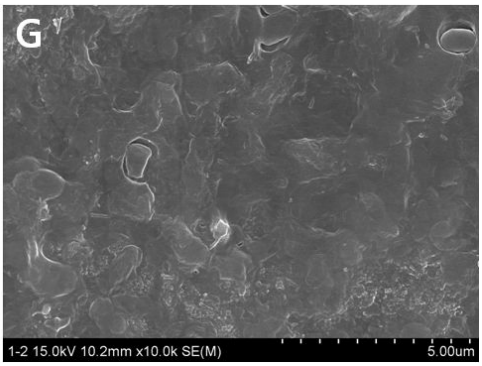


Fig. 3. The SEM images of the enamel surfaces in each group (X 10,000). (A) Demineralization surface presents partial dissolution of enamel prism and shows increasing amount of craters. Interrod and intercrystal spaces of enamel are prominent; Enamelast™ (B), Clinpro White carnish™ (C), CavityShield™ (D) and FluoroDose®, (E), MI varnish™ (F) groups show more smooth surfaces than other groups (G) groups show some focal holes and micropores; V varnish™.

3. 불소이온 유리량과 법랑질 재광화율과의 상관관계

FluoroDose® 그룹과 Clinpro White varnish™ 그룹을 제외한 모든 불소 바니쉬 그룹들의 168시간까지 누적된 불소이온 유리량의 순서는 대부분 법랑질 재광화율의 순서와 일치하였다. 누적된 불소이온 유리량과 법랑질 재광화의 상관관계 분석에서 매우 높은 상관계수(0.89)를 보였고 따라서 높은 양의 상관관계가 있음을 알 수 있었다 (Table 4).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. A comparison between the fluoride ion and remineralization.

	Cumulative fluoride ion release (ppm, 168 hours)	R (ΔF%)
CS	2.45±0.48	12.29±6.49
FD	3.07±0.36	30.75±13.11
CP	3.32±0.58	26.38±11.45
EL	7.53±0.91	37.79±13.22
VV	9.68±0.28	47.44±20.50
MI	9.79±0.15	52.95±12.64

Spearman's correlation analysis

Relation between cumulative fluoride ion and recovery percentage of R△F (n = 6, p <0.05).

FD : FluoroDose®, EL : Enamelast™, CP : Clinpro White varnish™, CS : CavityShield™ VV : V varnish™, MI : MI varnish™

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 총괄 및 고찰

다른 국소적 불소도포 제제와 대비되는 불소 바니쉬의 대표적인 장점은 구강 내 도포 후, 일정 기간 동안 지속적으로 불소가 구강 내에 유리됨으로써 치아의 재광화를 촉진시키는 것이다. 비록 대부분의 제품들이 동일한 농도의 불소화합물(5% NaF)를 함유하고 있지만, 제품마다 물성과 구성 성분이 다르기 때문에 각 제품 간 항우식 및 재광화 능력의 차이가 존재할 것이다. 불소 바니쉬의 구강 내 불소이온의 농도와 불소의 잔류시간은 일차적으로 운반매개체에 함유된 불소량에 의해 영향을 받지만 그 외에도 매개체의 물리화학적 성질에도 영향을 받을 수 있다.

불소 바니쉬 그룹들의 불소이온 유리량을 누적으로 168시간 이후 측정한 결과 MI varnish™ 그룹과 V varnish™ 그룹에서 유의하게 높은 값이 측정되었고, CavityShield™ 그룹이 통계적으로 유의하게 가장 낮은 불소이온 누적 유리량을 보였는데 이는 같은 양의 NaF를 함유하고 있다고 하더라도 불소 바니쉬의 성분이나 물리화학적 성상에 따라 불소 유리량이 달라질 수 있음을 의미한다.

불소 바니쉬는 주로 송진, shellac, colophonium 등 천연레진을 포함한 레진과 urethane methacrylate 등의 고분자가 주 성분이며 여기에 알코올이나 에탄올 등의 용제, 불화나트륨(sodium fluoride), 색소(colorant), 향미료(flavorant), 그리고 접착력을 높이기 위한 점착제(adherent) 등을 첨가한다. 대부분의 불소 바니쉬 제제는 5% NaF, 즉 1ml 용매에 50mg의 불소를 첨가하여 22.6mg의 불소 이온에 상응하는 양을 함유하고 있지만 최근에는 불소 바니쉬의 치아우식증 예방효과 혹은 재광화 효과를 증가시키기 위해 xylitol이나 TCP, CPP-ACP 등을 추가로 첨가하기도 한다[27-30]. MI varnish™는 CPP-ACP를, V varnish™는 TCP, Rosin, Xylitole을 함유하고 있다. 이와 같은 다른 주성분에 의해서 불소이온 유리량의 차이가 발생할 수 있다고 생각된다.

불소 바니쉬의 치아우식증 예방 효과를 평가하기 위해 많은 연구들이 보고되어왔다. Ritwik 등[31]은 5% NaF를 함유하는 네 종류의 불소 바니쉬인 Premier Enamel ProVarnish™, Colgate PreviDent™, Omni Vanish™, Omni Vanish XT™를 각각 발거된 치아에 적용하였고 인공 타액에 담근 후 불소 방출량을 48시간 동안 측정하였다. 그 결과에서 Premier Enamel ProVarnish™가 가장 높은 불소이온을 유리하여 불소이온 유리량이 제품에 따라 차이가 있음을 제시하기도 하였다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

불소이온의 유리량은 불소 바니쉬 제제의 성분은 물론이고 물리화학적 특성, 즉 치면에서의 젖음성(wetability), 접착력, 용매의 휘발성 등이 종합적으로 관련되어 있다. 따라서 같은 불소 함유량을 가지고 있어도 위와같은 물리화학적 특성의 차이로 인해 불소이온의 유리량이 다를 수 있다.

이와같은 불소 바니쉬의 불소이온 유리능력을 평가할 때 사람을 대상으로 한 경우 식이습관, 잇솔질 습관, 타액의 점도와 분비량에 따라 불소 바니쉬의의 구강내 부착능과 씻김현상에 대한 개인당 편차가 커서 정확한 비교가 어려울 것으로 생각된다. 본 연구는 실험실적인 연구로 재광화 정도가 비슷한 시편을 얻기 위해 소의 치아를 사용하였으며 불소이온을 측정하는 과정에서 불소바니쉬가 도포된 시편이 담긴 인공타액을 매 3시간마다 1/2씩 교체함으로써 실제 구강환경을 재현하고자 노력하였다.

불소이온 유리량을 평가할 때 불소의 지속유리 능력이 있다. 이 실험은 168시간 동안의 불소이온 노출량을 누적시킨 결과로써 불소이온의 초기 유리량과 후기 유리량은 각각의 불소 바니쉬 제제에 따라서 차이가 있었다. V varnish™ 그룹은 가장 높은 재광화율을 보여주었고 불소이온 유리량도 2번째로 높았지만 시간이 지날수록 불소이온 유리량이 떨어졌고, MI varnish™ 그룹은 지속적인 불소이온 유리효과를 보여주었다. 그러나 여전히 V varnish™ 그룹과 MI varnish™ 그룹은 높은 이온 농도를 보여주고 있다. MI varnish™ 그룹이 높은 불소이온 유리량을 보여주는 것은 시판중인 불소바니쉬에 대한 단기간의 실험에서도 입증되었다[17]. 이의 원인에 대해서 분석하기 위해 더 정확한 물리화학적 성분에 따른 추가적인 실험이 필요할 것으로 생각된다. Enamelast™ 그룹은 17시간 이후에 매 측정 시점에서 불소이온 농도가 V varnish™ 그룹이나 MI varnish™ 그룹 보다 높게 나타나 지속적인 유리능력이 매우 우수함을 보여주고 있다. 앞으로 일정 기간동안 유리한 전체 불소이온량이 많은 경우가 더 효과적인지 혹은 지속적으로 유리하는 능력이 더 효과적인지에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 장기간의 실험을 통한 재광화의 측정은 불소 바니쉬의 불소의 지속적인 유리능력의 평가를 가능하게 할 것이다.

이 연구에서는 불소이온 유리량 뿐 아니라 불소 바니쉬의 재광화 능력도 동시에 평가하였다. 그리하여 불소이온 유리량과 불소 바니쉬에 의한 법랑질의 재광화 능력의 상관관계를 볼 수 있었다. 누적된 불소이온 유리량과 법랑질 재광화의 상관관계 분석에서 높은 양의 상관관계가 있었다. 비록 FluoroDose® 그룹과 Clinpro

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

White varnish™ 그룹의 재광화율이 불소이온 유리량의 순서와 차이가 있었지만 두 그룹간의 재광화율에 통계적으로 유의한 차이가 존재하지 않았기 때문에 충분히 받아들일만한 결과라고 여겨진다.

법랑질의 탈회와 재광화를 평가할 수 있는 여러 가지 방법들 중, 시편의 탈회 전후 표면미세경도 측정이나 편광현미경, 전자현미경 등을 이용한 관찰은 측정 부위를 정확히 다시 재현할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

이에 반해 QLF는 이전 촬영이 재현 가능하다는 장점이 있다. 각 시편들의 탈회 이전의 QLF 촬영과 재광화 이후의 QLF 촬영은 99%의 재현성으로 중첩(repositioning)되었다. 이런 높은 재현성으로 인해서 QLF ΔF 값의 변화로 얻어지는 재광화율에 신뢰성을 부여하였다.

불소 바니쉬에 의해 재광화된 표면을 관찰하기 위해 주사전자현미경을 이용한 법랑질 표면 구조를 촬영하였다. 재광화된 법랑질 표면양상을 평가하기 위해 탈회된 법랑질은 대조군으로서 사용되었다. 불소 바니쉬를 적용하여 168시간동안 재광화된 그룹들은 대조군인 탈회된 법랑질에 비해 매끈한 법랑질 표면과 많은 법랑질 결정, 그리고 법랑소주공간의 축소 등이 관찰된다. 불소 바니쉬가 적용된 그룹들 중 CavityShield™ 그룹은 다른 불소 바니쉬 그룹에 비하여 법랑질 표면이 불규칙하여 법랑 소주가 눈에 띄는 양상이 관찰되었고, V varnish™, MI varnish™ 는 상대적으로 매끈한 표면을 보여주었는데 이는 이 두 불소바니쉬 그룹이 더 뛰어난 재광화 효과를 보여 표면 거칠기가 감소하였기 때문으로 생각된다.

본 연구는 불소 바니쉬의 불소이온 유리량과 재광화율의 상관관계를 도출하였다. 비록 7일이라는 단기간의 실험이었지만 시중에서 판매되고 있는 6가지의 불소 바니쉬를 실험하였으며, 불소 바니쉬의 재광화효과에 불소이온 유리량이 미치는 영향을 평가할 수 있었다. 앞으로 장기간의 연구는 시간에 따른 불소이온 유리량이 재광화에 미치는 영향도 평가할 수 있을 것이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

1. MI 그룹과 VV 그룹에서 누적 불소이온 유리량이 가장 높은($p < 0.05$) 반면 CS 그룹이 가장 낮은 누적 불소이온 유리량을 보였다($p < 0.05$).
2. VV 그룹과 MI 그룹은 초기의 불소이온 유리량이 월등히 높았으나 시간이 지날수록 불소이온 유리량이 감소하는 양상을 보였으나 다른 그룹은 시간 경과에 따른 불소이온 유리량이 상대적으로 덜 감소하였다. 그러나 각 측정시기에서 VV 그룹과 MI 그룹이 다른 불소 바니쉬 그룹에 비해 더 많은 불소 이온 유리량을 보였다.
3. 모든 불소 바니쉬 그룹에서 탈회 법랑질 시편의 불소 도포 후 ΔF값은 통계적으로 유의하게 증가하였다.
4. 탈회번 법랑질의 재광화율은 VV, MI 그룹이 가장 높았으며($p < 0.05$) CS 그룹이 가장 낮았다($p < 0.05$). EL, FD, CP 그룹 간의 재광화율의 차이는 없었다.
5. 주사전자현미경을 이용한 법랑질 표면 구조에서 불소 바니쉬를 적용하여 재광화된 그룹들은 탈회된 법랑질에 비하여 함몰된 법랑소주가 회복된 양상을 보였으며 이중 VV, MI 그룹이 다른 그룹에 비하여 더 매끈한 표면을 보였다.
6. 누적 불소이온 유리량과 법랑질 재광화는 매우 높은 상관계수(0.89)를 보이는 양의 상관관계가 있었다($p < 0.05$).

이상의 결과를 종합해 보면 VV, MI 그룹이 가장 높은 불소 이온 유리량과 재광화 효과를 나타냈다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고 문헌

1. Hellwig E, Lennon AM : Systemic versus topical fluoride. *Caries Res*, 38:258-262, 2004.
2. Beltrán-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA : Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc*, 131:589-96, 2000.
3. White DJ, Nelson DGA, Faller RV : Mode of action of fluoride: application of new techniques and test methods to the examination of the mechanism of action of topical fluoride. *Advances in Dental Research*, 8:166-174, 1994.
4. Øgaard B, Seppä L, Rolla G : Professional topical fluoride applications -clinical efficacy and mechanism of action. *Advances in Dental Research*, 8:190-201, 1994.
5. Mohammadi TM, Hajizamani A, Hajizamani HR, Abolghasemi B : Fluoride Varnish Effect on Preventing Dental Caries in a Sample of 3-6 Years Old Children. *J Int Oral Health*, 7:30-5, 2015.
6. Fejerskov O, Thylstrup A, Larsen MJ : Rational use of fluorides in caries prevention. A concept based on possible cariostatic mechanism. *Acta Odontol Scand*, 39:241-249, 1981.
7. Ten Cate JM : In vitro studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. *J Dent Res*, 69:614-619, 1990.
8. Munshi AK, Reddy NN, Shetty V : A comparative evaluation of three fluoride varnishes : an in-vitro. J *Indian Soc Pedod Prev Dent,* 19:92-102, 2001.
9. Hodgson BD : An alternative technique for applying fluoride varnish, *J Am Dent Assoc*, 136:1295-7, 2005.
10. Adair SM : Current fluoride therapy in dentistry for children. *Current Opinion Dent*, 1: 583-591, 1991.
11. Kim MJ, Lee SH, Lee NY, Lee IH : Evaluation of the effect of PVA tape supplemented with 2.26% fluoride on enamel demineralization using

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

microhardness assessment and scanning electron microscopy: in vitro study. Arch Oral Biol, 58:160-6, 2013.

12. Im SO, Lee SH, Lee NY, Park SH : The Fluoride releasing effect of PVA fluoride-polymer adhesive tape. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 38: 327-336, 2011.
13. Jih MK, Lee SH, Lee NY : Effect of polymer adhesive film supplemented 5% NaF on enamel remineralization. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 41: 218-224, 2014.
14. Hazelrigg CO, Dean JA, Fontana M : Fluoride varnish concentration gradient and its effect on enamel demineralization. *Pediatr Dent*, 25:119-26, 2003.
15. Petersson LG, Twetman S, Lingström P : Professional fluoride varnish treatment for caries control: a systematic review of clinical trials. Acta Odontol Scand, 62:170-6, 2004.
16. Cochrane NJ, Shen P, Yuan Y, Reynolds EC : Ion release from calcium and fluoride containing dental varnishes. Aust Dent J, 59:100-5, 2014.
17. Kim HN, Jeong MS, Jeong SH, *et al.* : Evaluation of release of fluoride from dental varnishes marked in Korea. *J Korean Acad Oral Health*, 38:131-137, 2014.
18. Toumba KJ, Curzon ME : A clinical trial of a slow-releasing fluoride device on children. *Caries Res*, 39:195-200, 2005.
19. Marini I, Cecchi L, Vecchiet F, *et al.* : Intraoral fluoride releasing device: a new clinical therapy for dentine sensitivity. *J Periodontol*, 71:90-95, 2000.
20. Zero DT, Fu J, Espeland MA, *et al.* : Comparison of fluoride concentrations in unstimulated whole saliva following use of a fluoride dentifrice and a fluoride rinse. *J Dent Res,* 67:1257-1262, 1988.
21. Lindahl CB : Fluoride and monofluorophosphate analysis. *Caries Res,* 17:9-20, 1983.
22. Retief DH, Summerlin DJ, Harris BE, *et al.* : An evaluation of three procedures for fluoride analysis. *Caries Res*, 19:248-254, 1985.
23. Front MS, Ross JW jr : Use of total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies. *Anal Chem*,

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

40:1169-1171, 1968.

24. Edelstein BL, Cottrel D, O sullivan D, *et al.* : Comparison of colorimeter and electrode analysis of water fluoride. *Pediatr Dent*, 14:47-49, 1992.
25. Weinberger SJ, Johnston DW, Wright GZ : A comparison of two systems for measuring water fluoride ion level. *Clin Prev Dent*, 11:19-22, 1989.
26. Ritwik P, Aubel JD, Hagan J : Evaluation of short-term fluoride release from fluoride varnishes. J Clin Pediatr Dent, 36:275-8, 2012.
27. Alamoudi SA, Pani SC, Alomari M : The effect of the addition of tricalcium phosphate to 5% sodium fluoride varnishes on the microhardness of enamel of primary teeth. *Int J Dent*, 486358, 2013.
28. Tabrizi A, Cakirer B : A comparative evaluation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and fluoride on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Eur J Orthod*, 33:282-7, 2011.
29. Huang GJ, Roloff-Chiang B, Matunas JC, *et al.* : Effectiveness of MI Paste Plus and PreviDent fluoride varnish for treatment of white spot lesions: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 143:31-41, 2013.
30. Pereira Ade F, Silva TC, Buzalaf MA, *et al.* : Xylitol concentrations in artificial saliva after application of different xylitol dental varnishes. *J Appl Oral Sci*, 20:146-50, 2012.
31. Margolis HC, Moreno EC : Physiochemical perspectives on the cariostatic mechanism of systemic and topical fluorides. *J Dent Res*, 69:606-613, 1990.