

일부시판 불소바니쉬의 불소이온유리량 비교

김한나, 정명수, 김세연, 김진범, 정승화

부산대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실

Evaluation of release of fluoride from dental varnishes marketed in Korea

Han-Na Kim, Myung-Su Jeong, Se-Yeon Kim, Jin-Bom Kim, Seung-Hwa Jeong

Department of Preventive and Community Dentistry, Pusan National University School of Dentistry, Yangsan, Korea

Received: May 23, 2014
Revised: July 21, 2014
Accepted: August 21, 2014**Corresponding Author:** Seung-Hwa Jeong
Department of Preventive and
Community Dentistry, Pusan National
University School of Dentistry,
49 Busandaehak-ro, Mulgeum-eup,
Yangsan 626-870, Korea
Tel: +82-51-510-8222
Fax: +82-51-510-8221
E-mail: jsh0917@pusan.ac.kr
*이 논문은 2014년도 부산대학교 기초과
학연구원 기초과학연구지원사업비에 의하
여 연구되었음(RIBS-PNU-2014-302).**Objectives:** The purpose of this study was to compare the amount and rate of cumulative fluoride released over a period of 4 h from several varnishes marketed in Korea.**Methods:** The following six commercial products were studied: cavity shield (CS, 22,600 ppm F), V varnish (VV, 22,600 ppm F), enamel pro varnish (EP, 22,600 ppm F), MI varnish (MI, 22600 ppm F), fluorine care (FC, 22600 ppm F), and fluor protector N (FP, 7700 ppm F). Five samples were collected from each varnish. Further, 10 mg of each varnish were applied onto an acrylic surface (diameter, 5 mm) and then immersed in 20 mL of distilled water at 37°C. The fluoride concentration in each sample was then analyzed after 30 min, 1, 2, 3, and 4 h, and after 4 days of exposure.**Results:** The cumulative amount of fluoride released by FC (5.64 ± 1.10 ppm) was significantly higher than that released by other products after 30 min, FC (8.55 ± 1.85 ppm) and MI (8.21 ± 0.81 ppm) released a significantly higher cumulative amount of fluoride after 4 h. The cumulative rate of fluoride released by FC ($47.80 \pm 9.35\%$) was significantly higher than that of other products after 30 min. FC ($72.44 \pm 15.68\%$) and MI ($69.54 \pm 6.88\%$) showed a higher cumulative fluoride release rate after 4 h. MI sustainably released fluoride after 4 h and demonstrated a high fluoride release rate of 95.76%.**Conclusions:** The cumulative amount and rate of fluoride released by several varnishes were statistically significant at each time point. This data can be used by clinicians prior to selection of dental products.**Key Words:** Fluoride release, Fluoride varnish

서 론

1940년대 미국에서 음용수에 포함된 불소가 치아우식증을 감소시킨다는 사실¹⁾이 증명된 이후, 다양한 불소화합물 제품이 예방술식으로 사용되고 있다. 치아우식증 예방을 위한 불소활용법 중에서 불소복용법으로 수돗물 불소농도 조정 사업, 불소가 첨가된 소금과 우유의 섭취가 있다. 자가 국소도포법으로 불소치약, 불소용액 양치 등이 있고, 전문가 국소 도포법으로 불소젤, 불소폼, 불소바니쉬 도포 등이 있다. 불소의 치아우식예방 기전은 불소의

높은 이온 친화력으로 탈회된 치아주변의 무기질 이온을 끌어들이며, 치아에 침착시킴으로써 치아의 재광화를 증가시키며, 치아표면에 결합되어서 치아의 구조인 수산화인회석(OH-apatite)을 불화인회석(F-apatite) 구조로 전환시켜 법랑질의 격자구조를 더욱 치밀하게 함으로써 치질의 강도를 높이고 산(acid)에 대한 저항성을 증가시킨다²⁾. 치아우식증 원인균의 대사과정에 관여하여, 미생물의 해당 작용을 억제함으로써, 미생물에 의한 산 생성을 억제한다³⁾.

불소바니쉬(Fluoride varnish)는 치아에 도포 후, 얇은 막을

형성하여 치아에 오랫동안 잔류하면서 불소를 지속적으로 방출하기 위한 목적으로 개발된 제품으로⁴⁾, 유럽에서 1964년 처음으로 소개되었고 그 뒤로 25년 동안 수 많은 임상연구를 통해 안전하고 효과적인 불소도포법으로 인정받았다⁵⁾. 불소 바니쉬는 구강 내에 도포 후 저 농도의 불소가 제품에 따라 1-7일 동안 유지되며 다른 고농도의 도포용 불화물이 10-15분 이후에 구강 내에서 소실되는 점을 감안할 때, 비교적 오랫동안 치아에 부착되어 있는 장점이 있다⁵⁾. Tray를 이용해야하는 APF gel과 달리 치면에 붓을 이용해 단순 도포하는 방식으로 사용이 간단하고⁶⁾, 전 처치 없이 바로 도포가 가능하며, 불소섭취에 대한 안정성도 다른 제품에 비해 높다⁷⁾. 최근에는 농도와 물성이 다양한 형태의 제품이 소개되고 있다.

불소바니쉬의 치아우식증 예방 효과를 평가한 많은 연구가 보고되었으며⁸⁾, 이들을 체계적으로 고찰한 Marinho 등⁹⁾의 Cochrane 리뷰에 따르면, 불소바니쉬는 어린이와 청소년의 유치 및 영구치의 우식 감소에 효과가 있으며, 영구치와 유치 우식 감소율이 각각 46%, 33%이라고 보고하였다. 또한 불소바니쉬 평가를 위한 in vitro 실험 연구에 따르면, 5% NaF를 주원료로 하는 4종류의 불소바니쉬(Premier Enamel ProVarnish, Colgate Prevident, Omni Vanish, Omni Vanish XT)를 도포한 후 인공타액에 48시간 동안 침적시켜, 용액에 유리되는 불소이온농도를 측정하였다. 그 결과에서 Premier Enamel ProVarnish가 가장 높은 불소이온을 유리하여, 불소이온유리량이 제품에 따라 차이가 있음을 제시하기도 하였다¹⁰⁾. Shen과 Autio-Gold¹²⁾의 연구에서는 Duraphat, Duraflo, CavityShield 3종류의 불소바니쉬를 플라스틱 바에 도포한 뒤 인공타액에서 불소이온 유리량을 측정하고 도포량 대비 유리량을 기준으로 제품에 동질성에 대한 평가를 시행하였다. 그 결과 천연수지가 함유된 CavityShield가 가장 낮은 불소이온을 유리하였고 튜브형태 제품이 동질성이 낮게 평가되었다. 또 다른 선행연구로는 불소를 함유한 resin composit의 불소 유리량 평가에 관한 연구는 보고되고¹³⁾, 유사한 국내 연구로 치과용 수복재의 불소이온유리를 평가한 연구로 시간에 따른 유리량의 감소가 제품에 따라 차이가 있음을 제시하였다¹⁴⁾. 불소가 함유된 고분자 테일을 이용한 불소유리량을 측정한 연구가 시행되었지만¹⁵⁾, 4시간 동안 구강 내에 유지하도록 하는 제조자의 권고사항을 고려한 불소바니쉬의 불소 유리량에 대한 연구는 소수이거나 과거의 연구로 국한되어 있다.

다른 국소불소도포 제제와 대비되는 불소바니쉬의 대표적인 장점은 구강 내 도포 후, 일정기간동안 지속적으로 불소가 구강 내에 유리됨으로써 치아의 재광화를 촉진시키는 것이다. 따라서 불소를 얼마나 지속적으로 유리할 수 있는가는 임상에서 술자가 불소바니쉬를 선택하는 주요한 기준이 된다. 최근 예방치과진료의 요구가 증가함에 따라, 사용이 간편하고 우식예방에 효과적인 불소바니쉬 도포가 증가하고 있으며, 국내에도 다양한 국내의 제품들이 소개되어 임상에서 활용되고 있다. 비록 대부분의 제품들이 동일한 농도의 불소화합물(5% NaF)을 함유하고 있지만, 제품 간 물성의 차이가 존재할 뿐만 아니라, 구성성분의 차이가 존재하기

때문에, 각 제품 간 불소 유리 능력의 차이가 존재할 것으로 예상된다. 일부 선행 연구에서 몇몇 제품의 불소 유리 능력을 보고한 바 있으나, 최근 국내에 출시된 일부 제품들에 대해서는 보고된 바 없다. 시판 중인 다양한 제품을 동일한 실험환경에서 비교, 평가함으로써 임상에서 불소바니쉬 선택 시 고려해야 할 정보를 지속적으로 제공할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 국내에서 시판되고 있는 일부 불소바니쉬 제품의 시간에 따른 불소 유리 능력을 비교하는 것이다.

대상 및 방법

1. 연구재료

불소바니쉬는 국내에서 판매되고 있는 6가지 제품을 연구재료로 하였다. Cavity shield[®] (CS, 3M ESPE[®], USA), Varnish[®] (VV, Vericom[®], Korea), Enamel pro varnish[®] (EP, Premier Dental Products[®], USA), MI varnish[®] (MI, GC[®], Japan), Fluorine care[®] (FC, Hearim Dental[®], Korea), and Fluor protector N[®] (FP, Ivoclar Vivadent[®], Liechtenstein). 국내에서 시판되고 있는 국산 바니쉬 2종(VV, FC)과 외산 바니쉬 4종(CS, EP, FP, MI)을 연구재료로 하였다. 시판되는 바니쉬 중에서 국내 제품과의 비교를 위해서 최근 출시된 2가지의 국내 제품을 연구대상에 포함시켰다. FP의 불소농도는 7,700 ppm이었고 이 제품을 제외한 나머지 5가지 제품의 불소 농도는 22,600 ppm이었다(Table 1). FP는 액상, FC는 flowable resin과 유사하게 점도가 낮고 광조사후 단단하게 경화되는 형태였고 나머지 제품들은 일반적인 불소바니쉬의 물리적 성상을 띄고 있었다.

2. 연구방법

2.1. 불소바니쉬 샘플의 준비와 불소이온의 유리

각 불소바니쉬 제품당 Lot 번호가 동일하지 않은 5개의 샘플을 이용하였다. 모든 제품은 실험 24시간 전에 상온에 보관한 뒤 도포 직전에 개봉하여 사용하였다. 일회용량으로 포장된 제품은 제조사의 권고에 따라 제품을 충분히 혼합한 후 도포하였고 FP(용기에 담긴 제품)은 내용물이 충분히 혼합될 수 있도록 흔들어 준 뒤, 제품을 수직으로 세워 내용물을 한 방울씩 떨어뜨려 초반에 나오는 5방울까지의 내용물은 버리고, 그 이후의 내용물을 사용하였다. FC (Syringe 형태)는 개봉하여 처음 50 mg정도는 짜서버리고 그 이후 내용물을 사용하였다.

6가지 제품의 10 mg의 바니쉬를 5 mm 지름의 원기둥모양의 아크릴 봉에 도포하였다. 바니쉬 도포량의 오차를 10% 미만으로 유지하기 위해서 소수점 넷째 자리가 표기되는 전자저울을 이용하여 영점조절을 하고 Micropipet을 이용하여 0.01 ml를 골고루 도포하였다. 0.01 ml의 소량의 바니쉬를 5 mm라는 한정된 범위에 도포하였기에 제품 간 두께 차이는 감지하지 못할 정도였다. Fluorine- Care는 제조사의 지시에 따라 도포 후 광중합기를 이용하여 15초씩 광조사 하였다.

바니쉬가 도포된 아크릴봉 끝부분을 증류수 20 ml에 침적 후

Table 1. Tested fluoride varnishes

Product name	Manufacturer	Type of packing	Main contents	Fluoride concentration
CavityShield	3M ESPE, USA	Single dose of 0.40 ml or 0.25 ml	5% NaF, Rosin, Xylitol.	22,600
Enamel Pro	Premier Dental Products, USA	Single dose of 0.4 ml	5% NaF, ACP	22,600
V varnish	Vericom, Korea	Single dose of 0.4 ml	5% NaF, TCP, Rosin, Xylitol.	22,600
Fluorine- Care	Hearim Dental, Korea	3 g in syringe (Light cured type)	5% NaF, Calcium Glycerophosphate	22,600
MI varnish	GC, Japan	Single dose of 0.5 ml	5% NaF, CPP-ACP	22,600
Fluor protector N	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	7 g in the bottle	1.5% Ammonium fluoride, Film formers	7,700

37°C 항온기에서 보관되었다. 시간에 따른 누적된 불소이온유리량은 30분 간격으로 4시간 동안 그리고 마지막 4일째 측정하여 총 9회 측정하였다. 유리된 불소이온농도는 아크릴봉을 침적 시킨 20 ml의 0.5%에 해당하는 0.1 ml를 분리한 후 0.01 ml의 TISAB III를 첨가하여 불소이온전극을 이용하여 측정하였고 측정에 사용된 용량의 새 증류수는 첨가하지 않았다.

2.2. 유리된 불소이온농도 측정

불소바니쉬의 불소유리량을 측정하기 위해 불소이온전극을 사용하였다. 매 측정 시마다 표준 검량선(Standard curve)을 작성하였다. 100 ppm 농도의 불소이온표준원액(Fluoride standard 100 ppm F⁻, Orion, USA)를 증류수에 희석하여 0.01, 0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 15.0 ppm의 불소이온표준용액을 준비하였다. 준비된 표준용액 5 ml와 TISAB III (Total Ionic Strength Buffer III) 용액 0.5 ml를 10:1 비율이 되도록 혼합한 뒤, 불소이온전극(Orion Fluoride Electrode 9609, Orion Research Inc, MA, USA)을 용액에 침지시켜 이온분석기(Expandable ion Analyzer 940, Orion, Boston, MA, USA)를 이용하여 표준검량선을 작성하였다. 불소이온전극의 제조사의 지시사항을 참고하여 작성된 표준검량선의 slope는 56-60 mV/dec에 포함되도록 하여 적정 slope를 유지하였다. 6가지 불소바니쉬 제품마다 5개씩 제작된 샘플의 불소이온은 3번 반복측정 되었고, 마지막 측정값을 사용하였다. 불소이온농도양과 전체 도포량 대비 유리되는 비율이 제시되었다.

3. 분석방법

시간에 따라 측정된 불소이온농도는 제품 간 평균 분석을 통해 나온 결과 값을 평균과 표준편차로 제시하고 도포된 총불소함량대비 유리된 불소의 비율을 산출하였다. FP의 불소함유량은 나머지 5가지 제품보다 낮아, 통계학적 유의성을 확인하는제품 간의 비교에서는 제외하였다. FP를 제외한 불소바니쉬 제품에 따른 불소이온농도와 유리된 불소이온의 비율의 차이는 비모수 검정인 Kruskal-Wallis를 이용하여 검증하였고 사후분석으로는 Mann-Whitney를 이용하였다. Kruskal-Wallis 통계분석의 제1종 오류에 대한 유의수준은 0.05, 사후검정의 유의수준은 본페로니 조정을 고려한 0.1로 판정하였으며, PASW 통계패키지 버전 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

연구성적

1. 불소이온농도의 차이

각 제품의 샘플들을 침적하여 유리되는 시간에 따른 누적불소이온농도는 다음과 같았다(Table 2). 30분 침적 시에는 FC (5.64 ± 1.10 ppm)가 다른 4가지 제품에 비해서 통계학적으로 유의한 가장 높은 불소이온농도를 나타냈고, CS (0.04 ± 0.01)가 가장 낮은 불소이온농도를 나타냈다.

4시간 침적 후에는 FC (8.55 ± 1.85 ppm), MI (8.21 ± 0.81 ppm), VV (5.26 ± 0.34 ppm), EP (5.10 ± 0.76 ppm), FP (0.92 ± 0.10 ppm), CS (0.26 ± 0.04 ppm)의 순서로 불소이온 유리량을 보였고, MI와 FC 그룹이 다른 제품들에 비해 통계적으로 유의하게 가장 높은 불소이온농도가 측정되었고, CS는 통계적으로 유의하게 가장 낮은 불소이온농도를 나타냈다.

4일 동안 샘플을 침적시킨 후 측정 시, MI (11.30 ± 0.43 ppm), EP (11.10 ± 1.17 ppm), FC (9.59 ± 1.57 ppm), VV (7.49 ± 1.40 ppm), FP (3.35 ± 0.47 ppm), CS (1.17 ± 0.57 ppm)가 순으로 불소이온 농도를 나타냈고, EP와 MI 그리고 FC 그룹이 다른 제품들에 비해 통계적으로 유의하게 가장 높은 불소이온농도가 측정되었고, CS는 통계적으로 유의하게 가장 낮은 불소이온농도를 나타냈다.

시간에 따른 유리되는 불소이온 농도는 FC가 가장 많았지만, 1시간 30분 이후에는 그 증가량이 적었으며, MI, EP와 VV는 초기 유리되는 불소이온량은 적었지만 시간에 따라 불소이온이 지속적으로 유리되었다.

2. 불소이온농도 비율의 차이

각 제품의 샘플에 함유된 총 불소함량 대비 유리된 불소이온 농도 비율은 다음과 같았다(Table 3, Fig. 1). 30분 침적 시에는 FC (47.80 ± 9.35%), FP (15.16 ± 7.01%), MI (8.76 ± 2.55%), EP (2.49 ± 0.70%), VV (1.39 ± 0.34%), CS (0.38 ± 0.10%)의 순으로 불소이온농도 비율을 나타냈다. FC가 다른 4가지 제품에 비해서 통계학적으로 유의한 가장 높은 불소이온농도 비율이었고, CS가 통계학적으로 유의한 가장 낮은 불소이온농도로 나타났다.

4시간 침적 후에는 FC (72.44 ± 15.68%), MI (69.54 ± 6.88%), VV (44.61 ± 2.88%), EP (43.20 ± 6.47%), FP (23.91 ± 2.64%), CS (2.16 ± 0.34%)의 순으로 불소이온농도 비율을 나

Table 2. Cumulative amount of fluoride release (ppm) from 6 fluoride varnishes (Mean \pm SD)

Time	CS	VV	EP	MI	FC	FP
30 min	0.04 \pm 0.01 ^a	0.16 \pm 0.04 ^b	0.29 \pm 0.08 ^b	1.03 \pm 0.30 ^c	5.64 \pm 1.10 ^d	0.58 \pm 0.27
1 h	0.08 \pm 0.02 ^a	0.35 \pm 0.09 ^b	1.46 \pm 1.14 ^{bc}	2.97 \pm 0.39 ^c	7.28 \pm 1.70 ^d	0.65 \pm 0.24
1 h 30 min	0.12 \pm 0.05 ^a	0.86 \pm 0.35 ^b	2.36 \pm 0.80 ^c	4.49 \pm 0.55 ^d	7.85 \pm 1.98 ^e	0.68 \pm 0.26
2 h	0.14 \pm 0.04 ^a	1.92 \pm 0.80 ^b	3.34 \pm 0.61 ^{bc}	4.77 \pm 0.65 ^c	8.16 \pm 1.29 ^d	0.79 \pm 0.27
2 h 30 min	0.19 \pm 0.04 ^a	3.01 \pm 0.69 ^b	3.92 \pm 0.70 ^{bc}	5.73 \pm 1.00 ^{cd}	8.06 \pm 1.63 ^d	0.80 \pm 0.19
3 h	0.21 \pm 0.04 ^a	4.15 \pm 0.48 ^b	4.57 \pm 0.93 ^{bcd}	6.67 \pm 0.83 ^{cd}	7.81 \pm 1.47 ^d	0.90 \pm 0.16
3 h 30 min	0.27 \pm 0.08 ^a	5.04 \pm 0.37 ^b	4.60 \pm 0.69 ^b	7.50 \pm 0.97 ^{cd}	8.27 \pm 0.73 ^d	0.93 \pm 0.11
4 h	0.26 \pm 0.04 ^a	5.26 \pm 0.34 ^{bd}	5.10 \pm 0.76 ^b	8.21 \pm 0.81 ^{cd}	8.55 \pm 1.85 ^d	0.92 \pm 0.10
4 days	1.17 \pm 0.57 ^a	7.49 \pm 1.40 ^b	11.10 \pm 1.17 ^c	11.30 \pm 0.43 ^c	9.59 \pm 1.57 ^d	3.35 \pm 0.47

CS, CavityShield; VV, V varnish; EP, Enamel Pro varnish; MI, MI Varnish; FC, Fluorine- Care; FP, Fluor Protector N.

Five samples were tested from each fluoride varnish.

Values are presented as mean \pm SD of fluoride concentration (ppm).

FP was not included Kruskal-Wallis' signed rank test and Mann-Whitney.

Kruskal-Wallis' signed rank test was used to compare the differences.

Different superscript letter denote values that are significantly different one another for 5 varnishes in same time ($P < 0.05$) by Mann-Whitney U test using Benfenoni Correction.

Table 3. Cumulative fluoride release percent of total amounts from 6 fluoride varnishes (Mean \pm SD)

Time	CS	VV	EP	MI	FC	FP
30 min	0.38 \pm 0.10 ^a	1.39 \pm 0.34 ^{bc}	2.49 \pm 0.70 ^c	8.76 \pm 2.55 ^d	47.80 \pm 9.35 ^e	15.16 \pm 7.01
1 h	0.68 \pm 0.21 ^a	3.00 \pm 0.80 ^{bc}	12.38 \pm 9.69 ^{cd}	25.17 \pm 3.33 ^d	61.69 \pm 14.40 ^e	16.91 \pm 6.20
1 h 30 min	1.05 \pm 0.40 ^a	7.33 \pm 2.99 ^b	20.02 \pm 6.80 ^c	38.07 \pm 4.64 ^d	66.54 \pm 16.74 ^e	17.74 \pm 6.77
2 h	1.22 \pm 0.37 ^a	16.27 \pm 6.81 ^{bc}	28.27 \pm 5.18 ^{cd}	40.39 \pm 5.54 ^d	69.17 \pm 10.91 ^e	20.40 \pm 7.02
2 h 30 min	1.63 \pm 0.31 ^a	25.53 \pm 5.82 ^{bc}	33.19 \pm 5.93 ^{bcd}	48.52 \pm 8.46 ^{de}	68.32 \pm 13.84 ^e	20.78 \pm 5.06
3 h	1.77 \pm 0.32 ^a	35.20 \pm 4.07 ^{bc}	38.69 \pm 7.92 ^{cd}	56.51 \pm 7.06 ^d	66.15 \pm 12.49 ^d	23.44 \pm 4.15
3 h 30 min	2.29 \pm 0.70 ^a	42.71 \pm 3.09 ^{bc}	39.00 \pm 5.81 ^c	63.54 \pm 8.18 ^d	70.07 \pm 6.20 ^d	24.22 \pm 2.86
4 h	2.16 \pm 0.34 ^a	44.61 \pm 2.88 ^{bce}	43.20 \pm 6.47 ^c	69.54 \pm 6.88 ^d	72.44 \pm 15.68 ^{de}	23.91 \pm 2.64
4 days	9.90 \pm 4.83 ^a	63.51 \pm 11.86 ^b	94.50 \pm 9.95 ^c	95.76 \pm 3.65 ^c	81.31 \pm 13.29 ^d	86.91 \pm 12.23

CS, CavityShield; VV, V varnish; EP, Enamel Pro varnish; MI, MI Varnish; FC, Fluorine- Care; FP, Fluor Protector N.

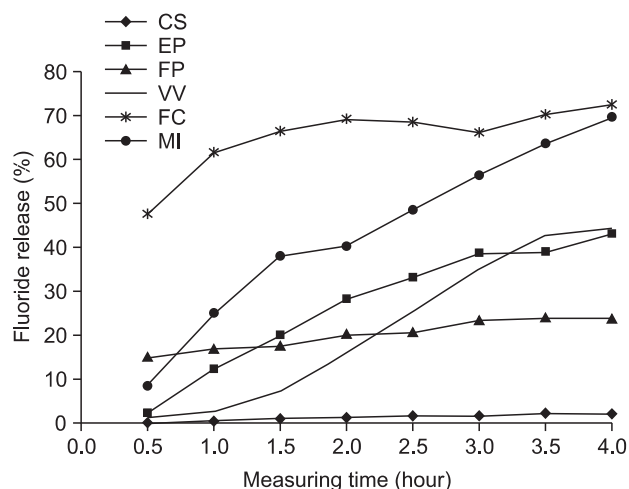
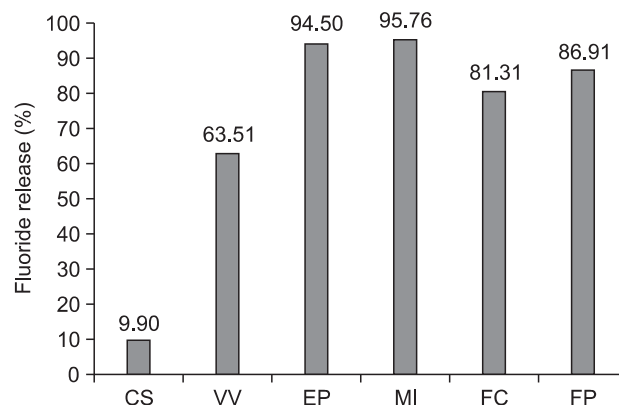
Five samples were tested from each fluoride varnish.

Values are presented as mean \pm SD of fluoride concentration (%).

FP was not included Kruskal-Wallis' signed rank test and Mann-Whitney.

Kruskal-Wallis' signed rank test was used to compare the differences.

Different superscript letter denote values that are significantly different one another for 5 varnishes in same time ($P < 0.05$) by Mann-Whitney U test using Benfenoni Correction.

**Fig. 1.** Percent of cumulative fluoride release during 4 hours.**Fig. 2.** Percent of cumulative fluoride release after 96 h.

타냈고, MI와 FC 그룹이 다른 제품들에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 불소이온농도 비율이었으며, CS가 제품 간의 유리되는 불소이온농도 비율 비교에서 통계학적으로 유의하게 가장 낮은 순위였다.

4일 동안 샘플을 침적시킨 후 측정 시, MI ($95.76 \pm 3.65\%$), EP ($94.50 \pm 9.95\%$), FP ($86.91 \pm 12.23\%$), FC ($81.31 \pm 13.29\%$), VV ($63.51 \pm 11.86\%$), CS ($9.90 \pm 4.83\%$)가 순으로 불소이온유리 비율을 나타냈으며, EP, MI, FC 그룹이 다른 제품들에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 불소이온농도 비율이었으며, CS는 통계학적으로 유의하게 가장 낮은 불소이온농도 비율이었다(Fig. 2).

고 안

구강 내의 타액과 치태에서 낮은 농도이지만 서서히 유리되는 불소이온은 치아우식 예방에 효과적이므로¹⁶⁾ 저 농도의 불소이온이 구강 내에서 장기간 존재하는 것은 불소이온의 항우식 효과의 중요한 요인 중에 하나이다. 도포된 불소바니쉬에서 유리되는 불소이온의 양은 이온이 포함된 용액의 불소 농도로 측정되고 불소이온의 지속력은 시간의 간격을 두고 측정하여 서서히 유리되는지 여부로 판단된다. 치아우식의 재광화가 가능할 수 있는 농도가 유지되어야 하고, 치과임상에서 예방처치를 위한 내원이 대부분 1-2회/년 인 것을 감안한다면 저농도의 불소이온이 장기간 지속되는 것이 권장된다. 본 연구에서는 불소바니쉬의 불소이온유리량과 그 지속여부 비교를 목적으로 시간에 따른 유리량을 측정하고 제품 간 비교를 시행하였다.

본 연구에서 사용되었던 불소이온전극은 화합물과 결합되어 있지 않은 불소이온에 반응하므로 이온강도조절이 필요하며 측정 한계가 10^{-6} M (0.02 ppm F⁻) 정도이기 때문에 이보다 높은 농도가 요구된다¹⁷⁾. 본 실험의 불소이온농도결과는 0.02 ppm 이상의 값으로 결과에 신뢰성을 부여할 수 있다. 이온강도조절액(TISAB solution)의 첨가는 측정 용액의 pH를 5-6정도로 유지시켜 준다.

Comar 등¹⁸⁾의 연구에서 샘플을 침적시킨 용액으로 증류수와 인공타액을 사용하였고 용액에 따른 실험결과의 유의한 차이는 제시하지 않았으나, 제품 간의 유리량은 인공타액보다는 증류수에서 더 큰 차이를 보였다. 본 연구에서 증류수를 이용하여 실제 타액의 점도와 pH 등의 변수를 충족하지는 못했으나 동일조건을 고려하였을 때, 제품 간 비교하기에는 무리가 없었을 거라 사료되었다.

FP를 제외한 나머지 5가지 제품($22,600$ ppm)은 도포된 불소바니쉬가 모두 유리된다고 가정하여, 0.01 g의 불소바니쉬가 도포된 샘플을 20 ml의 증류수에 침적시키면 11.8 ppm 농도의 불소가 유리된다. FP ($7,000$ ppm)는 다른 제품과 동일한 양을 도포하였을 때, 3.85 ppm의 농도가 유리된다. 따라서 도포된 총불소량 대비 유리된 불소의 비율을 각 불소바니쉬의 유리능력을 비교하는데 이용하였다.

불소이온농도는 측정 4시간 동안 FC는 가장 높은 유리량

을, CS가 가장 낮은 유리량을 보였다(Table 2). Shen과 Autio-Gold¹²⁾의 연구에서는 Duraphat, Duraflor 그리고 CS를 사용하여 인공타액에 침적 후 유리되는 누적불소이온농도를 측정한 결과 CS가 가장 낮은 농도의 불소이온을 유리되는 결과를 보여 본 연구에서 CS가 가장 낮은 유리률을 보인 결과와 유사하였다.

FC의 불소이온 유리 비율은 측정 30분에 40%이상 유리되었지만 그 이후 시간에 따른 유리량은 비교적 적은 편 이었고 4일 침적 시에는 약 81%로 MI, EP 보다 낮은 유리비율을 나타냈다. 본 실험에서 FC가 측정 초기 1시간 30분 안에 타 제품에 비해 유리되는 불소이온량은 많았으나, 표준편차가 다른 제품에 상대적 큰 것으로 보아 지속력과 제품의 안정성은 그리 높지 않은 것으로 사료되었다. Shen과 Autio-Gold¹²⁾의 불소바니쉬의 동질성(uniformity)에 대한 평가에서 튜브형태로 되어 짜서 쓰는 제품이 동질성이 낮게, 즉 제작된 샘플에서 유리되는 불소이온의 편차가 크게 나타났다. FC는 치과용 flow-able resin처럼 syringe형태로 제작되어 있어 튜브형태로 제작된 불소바니쉬처럼 여러 번 사용할 수 있게 포장되어 있다. 일회용 사용으로 포장되어 있는 제품은 거의 모든 제품이 내용물을 섞어 사용하여 동질성 문제는 적었다. 동질성에 대한 연구결과를 참고하여 샘플 제작 시 충분히 혼합하여 사용하여야 하거나 튜브제품은 내용물이 균일하게 배출되기 시작한 이후에 샘플을 제작해서 사용해야 할 것이다. 또한 제품 내에 불소이온이 고르게 분포하여 도포 시 동질성을 확보될 수 있도록 상품 생산 시 더 많은 기술투입이 필요하다고 사료되었다.

MI는 불소이온유리 측정 4시간 동안 지속적인 불소이온을 유리하였고 4일째 측정 시에는 불소이온유리비율이 95%이상으로 총 도포된 용량 대비 유리되는 비율도 양호한 결과였다. EP는 MI에 비해서 시간당 유리되는 불소이온의 양은 적었지만 타 제품에 비해 지속적인 불소이온이 유리되었으며 4일째 측정 시 94%이상 유리되었다.

4일 동안 침적시킨 후 결과에서, FP를 제외한 나머지 제품들은 모두 5% NaF를 함유하고 있음에도 불구하고 CS가 가장 낮은 농도의 불소이온을 유리하였다. MI, EP, FC, FP는 거의 85% 이상의 총량대비 불소이온을 유리하였지만, VV와 CS는 상대적으로 낮은 불소이온유리 비율이 측정되었다. VV와 CS는 Rosin과 Xylitol을 주요성분 중 하나로 함유하고 있었다. Xylitol는 단독 또는 불소와 함께 치약을 포함한 다양한 치과용 항우식 제품에 주요한 성분으로 사용되고 있다¹⁹⁾. 항우식 효과 증대를 위해 함유된 주요한 성분과 불소이온 간의 상호작용이 본 실험의 측정결과에 유의한 영향을 주었는지 여부는 본 실험에서는 밝힐 수 없었으나 추후 연구가 필요할 것이다.

본 실험에 사용된 6가지 제품들은 일부 중복되는 성분이 있기는 하나 주성분이 제품별로 상이함을 알 수 있었고 제품마다 유리되는 불소이온의 양에 차이를 보였다. 포함된 성분과 제품의 성상에 따라 유리정도에 차이를 보였다고 추측할 수 있었다. Cochrane 등²⁰⁾의 연구에서 calcium이 함유된 바니쉬가 대조군에 비해 유사하거나 더 높은 불소유리를 보고하여 calcium이 불소이온 유리를 방해하지 않는 요소임을 확인하였다. 본 연구에서 EP

VV, FC 그리고 MI의 제품에 calcium성분이 함유되어 있었고, 그렇지 않은 CS보다는 유리량과 유리비율이 높았다. 하지만 지속적인 CS보다는 높은 유리를 보인 MI와 EP가 다른 제품과의 차이를 본 연구에서는 밝힐 수는 없었다. 실제 바니쉬의 치아우식증 예방효과 평가에서는 calcium과 phosphate ion의 측정도 주요한 변수로 고려되어야 할 것이다. 또한, 본 연구에서 사용된 불소바니쉬에 포함된 주요한 성분인 TCP, Calcium Glycerphosphate, CPP-ACP은 주로 칼슘이 포함된 화합물로 이들에 의한 불화칼슘 생성 여부로 인해 불소이온농도가 저 측정되었을 가능성이 있다. 이러한 성분이 불소이온의 유리에 미치는 영향에 대한 고려 및 포함되는 성분에 따른 항우식 효과에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 법랑질과 상아질 표면에 불화칼슘형성의 차이에 관한 연구에서 탈회된 상아질에서 불화칼슘이 더 많이 형성되었고 그 이유를 탈회 시 상아세관과 세관 간 상아질에 형성된 미세 균열의 침투성 증가로 보고하였다²¹⁾. 본 연구에서는 아크릴 봉을 이용하였으므로 치아시편이나 실제 구강 내 치아에서 관찰되는 미세균열이 재현되기 어려워 불화칼슘의 형성에 차이가 있었을 거라 사료된다.

초기 도포 시에 바니쉬와 치면의 접촉도도 중요한 요소로 판단된다. 불소가 함유된 제품과 그 제품을 도포한 개인에 따라 타액 내에 0.03-0.1 ppm의 불소농도가 26시간 정도 유지 된다²²⁾. 일반적으로 도포 4시간 동안은 바니쉬가 도포된 상태를 유지하도록 권고하는 것은 초기 불소이온이 충분히 유리 될 수 있는 시간을 제공할 것으로 사료된다. 점조도가 거의 없는 액상 제품이나 점조도가 낮아 타액에 의해 치면에서 쉽게 씻겨 없어질 경우에는 불소이온 유리시간이 상대적으로 짧아질 것이다. CS의 경우 본 연구에서는 낮은 농도의 불소이온을 유리하였지만, Rosin을 함유하여 점조도가 높아 실제 구강 내의 불소이온의 측정 결과가 본 실험연구결과와 동일하지 않을 수도 있을 거라 사료된다. 또한 비록 일부 불소바니쉬가 본 연구에서 다른 제품과의 비교에서 상대적으로 낮은 불소이온유리량을 보였지만, 그 결과를 불소바니쉬의 항우식 및 재광화 효과 정도를 판단하기에는 신중한 고려가 필요하다. 불소가 추후 연구에서는 바니쉬를 이용한 탈회된 치면의 재광화 평가가 필요하다.

본 연구의 한계점으로는 불소이온농도는 누적용출량으로 실제 구강 내에서 지속적으로 배출되는 타액의 환경을 재현하기에는 한계가 있었다. 인공타액과의 반응이나 실제 구강내의 타액용출을 고려한 추후연구가 필요할 것이다. 불소바니쉬제품의 불소이온유리정도를 평가하고자 용액에 바니쉬를 바른 샘플을 침적시키고 그 용액의 불소농도를 측정하였기 때문에 불소바니쉬 도포의 최종 효과인 치아우식예방효과에 직접 적용하기에는 한계가 있다. 비록 *in vitro* 상의 연구이지만, 불소 농도가 다른 5가지 제품에 비해 낮은 FP가 일부 바니쉬 보다 높은 불소유리가 되었다는 점을 고려해 본다면, 실제 임상적용 시 불소농도와 제품의 성상을 고려함에 본 연구가 일부분 도움이 될 거라 사료된다. 다양한 종류의 불소바니쉬 제품을 기존의 제품들과 비교한 것으로 임상가의 재료 선택에 있어 유용한 정보제공에 기여하였다고 판단된다.

결론

본 연구는 국내 시판되는 불소바니쉬 6가지 제품의 불소이온 유리를 평가하기 위해 불소바니쉬가 도포된 아크릴 봉을 4시간 동안 증류수에 침적시킨 후 시간에 따른 누적불소유리량과 도포된 전체량 대비 누적불소유리 비율을 비교하였다.

1. 5가지 제품의 불소이온유리량은 유의한 차이가 있었고 ($P<0.001$), 30분에서는 FC (5.64 ± 1.10 ppm), 4시간에서 FC (8.55 ± 1.85 ppm)와 MI (8.21 ± 0.81 ppm)가 가장 많은 유리량을 보였다.

2. 5가지 제품의 불소이온유리비율은 유의한 차이가 있었고 ($P<0.001$), 30분에서 FC ($47.80\pm 9.35\%$), 4시간에서 FC ($72.44\pm 15.68\%$), MI ($69.54\pm 6.88\%$)로 제품들 중에서 높은 유리률을 보였다.

3. MI는 4시간 동안 지속적인 불소이온을 유리하였고, 4일 동안 유리한 불소이온비율이 95.76%으로 가장 높은 유리비율이었다.

5% NaF를 주원료로 만들어진 불소바니쉬 간에도 불소유리량의 차이를 보였고, 제품에 함유된 성분이나 성상에 따른 차이가 발생되었으리라 사료된다. 임상가의 재료선택에 있어 유용한 정보제공에 기여하였다고 판단된다.

References

1. Mckay C. A dental epidemiological study in a high fluoride area of County Fermanagh. *Ulster Med J* 1974;43:41-44.
2. Ogaard B, Seppa L, Rolla G. Professional topical fluoride applications-clinical efficacy and mechanism of action. *Advances in Dental Research* 1994;8:190-201.
3. Baek DI, Kim HD, Jin BH, Park YD, Shin SC, Jo JW et al. *Clinical preventive dentistry* 5th ed. Seoul:Koomoon;2012:221.
4. Autio-Gold JT, Courts F. Assessing the effect of fluoride varnish on early enamel carious lesion in the primary dentition. *J Am Dent Assoc* 2000;131:589-596.
5. Bawden JW. Fluoride Varnish: A useful new tool for public health dentistry. *J Public Health Dent* 1998;58:266-269.
6. Jin BH. Clinical use of fluoride varnish. *Korean Dent Assoc* 2008; 46:146-149.
7. Eugenio D, Jonathan W. Fluoride varnishes. *JADA* 2000;133:589-596.
8. Weyant RJ, Tracy SL, Anselmo TT, Beltrán-Aguilar ED, Donly KJ, Frese WA, et al. Topical fluoride for caries prevention: Executive summary of the updated clinical recommendations and supporting systematic review. *J Am Dent Assoc* 2013;144:1279-1291.
9. Marinho VC, Higgins JP, Logan S, Sheiham A. Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;3:CD002279.
10. Riwik P, Aubel JD, Xu X, Fan Y, Hagan J. Evaluation of short term fluoride release from fluoride varnishes. *Pediatr Dent* 2012;36: 275-278.
11. Park SE, Yi KW, Kim HY, Son HH, Chang JH. Elemental analysis of the fluoride varnish effects on root caries initiation. *JKACD* 2011;36:290-299.
12. Shen C, Autio-Gold JT. Assessing fluoride concentration uniformity and fluoride release from three varnishes. *JADA* 2002;133:

- 176-182.
13. Naoum S, Ellakwa A, Martin F, Swain M. Fluoride release, recharge and mechanical property stability of various fluoride-containing resin composites. *Oper Dent* 2011;36:422-432.
14. Kim JW. Fluoride-releasing of dental restoration materials in which the fluorine is contained. The Korea Contents Society 2012;12:311-322.
15. Park SH, Lee SH, Lee NY. A change of the salivary fluoride concentration after fluoride-containing tape application. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2009;36:377-384.
16. Featherstone JDB. Prevention and reversal of dental caries: Role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999;27: 31-40.
17. Frant MS, Ross JWJ. Electrode for sensing fluoride ion activity in solution. *Science* 1966;154:1553-1555.
18. Comar LP, Souza BM, Grizzo LT, Buzalaf MAR, Magalhaes AC. Evaluation of fluoride release from experimental TiF_4 and NaF varnishes in vitro. *J Appl Oral Sci* 2014;22:138-143.
19. Gaffar A, Blake-Haskins JC, Sullivan R, Simone A, Schmidt R, Saunders F. Cariostatic effects of a xylitol/NaF dentifrice in vivo. *Int Dent J* 1998;48:32-39.
20. Cochrane NJ, Shen P, Yuan Y, Reynolds EC. Ion release from calcium and fluoride containing dental varnishes. *Australian Dental Journal* 2014;59:100-105.
21. Kim JG, Kweon SJ, Yun HD, An SH, Baik BJ. Difference of calcium fluoride formation between the enamel and dentin after fluoride application in vitro. *J Korean Acad Pediatr Dent* 1998;25:209-222.
22. Zero DT, Raubertas RF, Fu J, Pedersen AM, Hayes AL, Featherstone JD. Fluoride Concentrations in Plaque, Whole Saliva, and Ductal Saliva After Application of Home-use Topical Fluorides. *J Dent Res* 1992;71:1768-1775.