

<https://doi.org/10.22974/jkda.2023.61.7.004>

투고일 : 2022. 11. 3

심사일 : 2022. 11. 21

게재확정일 : 2023. 6. 13

불소바니쉬의 종류와 특성

김아진

서라벌대학교 치위생과

ORCID ID

Ah-Jin Kim,  <https://orcid.org/0009-0007-6657-0099>

ABSTRACT

Type and Characteristics of Fluoride varnish

Ah-Jin Kim

Department of Dental Hygiene, Sorabol College

The composition of fluoride varnish has changed over time. Current fluoride varnishes used have the following active ingredients: 5% NaF with a rosin and ethanol. There is also a fluoride varnish containing 7700 µg F/g NH₄F in synthetic polymer varnish base and ethanol solvent. Recently, to enhance remineralization, calcium-phosphate compounds were added to some fluoride varnishes. Also, light-curable resin-modified glass ionomer (RMGI) varnishes were introduced into the market. In this study, we compared and analyzed the composition and characteristics of several types of fluoride varnish, differences in fluoride deposition amount as a function of fluorine content and fluorine emission, and the remineralization effects of fluoride varnishes that contain substances to promote remineralization. Additionally, we provide information that can be helpful when choosing fluoride varnish in clinical practice.

Key words : Fluoride varnish, Sustained fluoride release, Dental caries, Remineralization

Corresponding Author

Ah-Jin Kim, RDH, MS, PhD, associate professor

Department of Dental Hygiene, Sorabol College, 516 Taejongro, Gyeongju city, Gyeongbuk 38063, Korea

Tel : +82-54-770-3660 / Fax : +82-54-770-3649 / E-mail : jini1612@naver.com

I. 서론

구강 내 치아는 지속적인 탈회와 재광화에 노출되어 있다. 치아표면에 탄수화물이 남아 있게 되면 치면세균막의 세균이 활동하여 산을 생성하여 pH가 떨어져 탈회가 일어난다. 치아우식증이 법랑질에 국한되어 있는 경우 법랑질은 세포와 혈관이 없기 때문에 자체의 세포 매커니즘에 의해 치유 할 수 있는 잠재력을 갖고 있지 않다. 하지만 칼슘과 인산염 이온이 침착되어 pH가 오르면 재광화가 일어난다^{1,2)}. 고농도의 불소를 도포되면 치아 표면에 불화칼슘이 형성되지만 불화칼슘은 타액이나 알칼리 용액에 쉽게 없어지며³⁾, 항우식 작용이 효과적이지 않다는 연구결과도 있다⁴⁾. 하지만 저농도의 불소가 도포되면 법랑질의 결정 구조내에 불화인회석이 형성된다. 불화인회석은 수산화인회석보다 탈회에 대한 저항성이 높으며 재광화를 촉진시켜 치아우식 예방에 효과적이라고 보고되고 있다³⁾.

치아우식을 예방하는 방법은 구강 위생 관리, 치면 열구전색재, 식이조절, 불소 복용 및 불소 도포 등 여러 가지가 있다. 불소를 국소적으로 적용시키는 방법으로는 불소바니쉬, 불소겔, 불소폼, 불화나트륨 용액을 도포하거나 불소가 함유된 치약을 사용하는 방법이 있다. 그 중 불소바니쉬는 점성이 있어 치아에 잘 부착되며 타액과 접촉하게 되면 경화된다⁴⁾. 그 결과 법랑질 표면, 치면세균막, 타액으로 불소가 방출되며, 다른 불소제재에 비해 장기간 불소를 방출하는 장점이 있어 널리 이용되고 있다⁵⁻⁸⁾. 하지만 Shen과 Autio-Gold(2002)의 연구에 의하면 불소바니쉬는 대체적으로 초기에 급속히 불소를 방출하고 그 이후 급격히 불소의 방출량이 감소된다⁹⁾. 따라서 지속적으로 오랜 시간 치아우식을 예방할 수 있는 유효농도를 지속할 수 있는 불소바니쉬가 필요한 실정이다.

불소바니쉬처럼 분해되지 않는 재료인 경우 구강의 타액이 레진 매트릭스 안으로 분산되어야 하고 불소가

용해되어 확산할 수 있어야 하며¹⁰⁾, 치아우식을 예방할 수 있는 유효농도를 지속할 수 있을 정도의 불소를 방출시킬 수 있도록 재료의 조성과 함량을 적절하게 조절하여야 한다. 따라서 불소바니쉬의 조성을 다양하게 변화를 주면서 새로운 불소바니쉬가 지속적으로 개발되고 있다. 불소바니쉬 제재는 크게 4가지 형태로 나눌 수 있다. 이 중 첫번째로는 1960년에 개발된 불화나트륨이 포함된 불소바니쉬¹¹⁾, 두번째로는 1975년에 개발된 불소실란이 포함된 불소바니쉬, 세번째로는 치아의 재광화를 향상시키기 위해 칼슘 포스페이트 화합물이 포함된 불소바니쉬, 네번째로는 광중합형 resin-modified glass ionomer (RMGI) 바니쉬가 있다¹¹⁾.

이 연구의 목적은 1) 각 유형의 불소바니쉬의 조성과 특성 2) 불소바니쉬의 불소함량과 불소방출량에 따른 불소 침착량의 차이 3) 재광화를 촉진하는 물질이 포함된 불소바니쉬의 재광화 효과에 대해 비교 분석하여 임상에서 불소바니쉬를 선택할 때 도움이 될 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

시판되고 있는 불소바니쉬의 성분과 적용 방법, 사용 시 주의사항, 불소 이온 방출량 및 불소 침착 비교, 재광화 효과와 관련된 연구 논문에 대하여 1991년부터 2023년까지 출판된 영문 및 한글 논문에 대한 웹 검색을 수행하였다. Google Scholar, PubMed 등의 검색 엔진을 사용하였으며, 42 건의 연구결과를 바탕으로 요약하여 정리하였다.

III. 본론

1. 불소바니쉬의 성분

대부분의 불소바니쉬의 주요 구성성분은 레진(Rosin, colophony, Synthetic polymer), 용매(에탄올), 불화물(불화나트륨, 불화암모늄 등)로 구성되어 있다 (Table 1). 에탄올은 바니쉬를 유체형태로 유지하여 쉽

게 적용할 수 있도록 용매로 많이 활용되고 있다. 바니쉬가 공기와 접촉하면 용매가 증발하고 바니쉬가 치아 표면에 부착되어 불소 노출기간이 증가하게 된다. 위의 세가지 주요 성분 외에 안정화제, 접착 촉진제, 착색제, 향미제와 같은 다른 화합물이 존재한다. 최근에는 재광화를 강화하기 위해 칼슘-인산염 화합물이 일부 불소바니쉬에 첨가되었다. Amorphous calcium phosphate(ACP)는 Enamel Pro(Premier Dental)

Table 1. Composition of commercial fluoride varnishes

Brand name	Varnish base	Solvent	Fluoride Source/ concentration	Other ingredients	Manufacturer
V-Varnish	Rosin	Ethanol Not provided	NaF 22,600µg F/g	xylitol, tricalcium phosphate	Vericom, Chuncheon, Korea
Flor-opal	Rosin	Ethanol 25~30%	NaF 22,600µg F/g	Methyl salicylate,	Ultradent, South Jordan, USA
Cavity shield	Polyamides, colophony,	Ethanol 4~30%	NaF 22,600µg F/g	Flavor<5%	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Duraphat Varnish	Rosin, white wax, shellac, mastic	Ethanol 96% 33.8%	NaF 22,600µg F/g	Saccharin, Raspberry essence	Colgate, NewYork, NY, USA
MI Varnish	Polyvinyl acetate, hydrated rosin	Ethanol 20~30%	NaF 22,600µg F/g	CPP-ACP Silicon dioxide	GC, Tokyo, Japan
Clinpro White Varnish	Pentaerythritol-and glycerol ester of rosin	n-Hexane 10~15%, Ethanol 4~14%	NaF 22,600µg F/g	Modified tricalcium phosphate, xylitol	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Enamel Pro Varnish	Rosin	Ethanol Not provided	NaF 22,600µg F/g	Dibasic sodium phosphate, calcium sulphate dihydrate	Premier Dental, PA, USA
Fluor protector S	Synthetic polymer	Ethanol, water,	NH4F 7700 µg F/g	Saccharin, mint flavor	Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein
Clinpro XT varnish	Copolymer of Acrylic and Itaconic Acids	Water 30~40%, 2-Hydroxyethyl Methacrylate 15~20%	Resin-modified glass ionomer	Calcium Glycerophosphate	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Vanish™ XT Extended Contact Varnish	Copolymer of Acrylic and Itaconic Acids	Water 30~40%, 2-Hydroxyethyl Methacrylate 15~20%,	Resin-modified glass ionomer, Diphenyliodonium hexafluorophosphate	Calcium Glycerophosphate	3M ESPE, St Paul, MN, USA

에 첨가되었으며, tri-calcium phosphate (TCP)는 Vanish (3M ESPE)에 첨가되었다¹¹⁾. Casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate(CPP-ACP)는 MI varnish에 포함되었다(GC Corporation)¹²⁾. 기존의 불소바니쉬보다 지속력을 높이기 위해 광중합형 resin-modified glass ionomer (RMGI) 바니쉬가 개발되어 법랑질과 상아질을 보호하는 역할을 하기도 한다¹³⁾.

2. 불소바니쉬의 적용 및 주의사항

불소바니쉬를 적용하기 전에 치면세마나 칫솔질을 통해서 치면을 깨끗하게 하여 치아표면에 불소바니쉬가 더 잘 부착되도록 하는게 중요하다. 시린지 타입, 브러쉬나 면봉타입의 등의 다양한 종류의 applicator를 사용하여 치아표면에 0.3~0.75ML의 불소바니쉬를 적용한다. 인접면에도 잘 적용될 수 있도록 치실을 사용할 수 있다. 불소바니쉬를 적용하기 전에 치아를 건조 시키는 건 의무사항이 아니다. 커튼롤이나 거즈를 사용하여 닦아 주는 것으로도 충분하다. 불소바니쉬와 치아의 접촉시간을 늘려서 최상의 결과를 얻으려면 환자에게 다음과 같은 지침을 제공해야 한다. 1) 불소바니쉬를 적용 후 2~4시간동안 음식섭취를 금지한다. 부드러운 음식이나 차가운 음료는 바로 마실 수 있다. 2) 딱딱한 음식, 뜨거운 음식, 탄산음료 섭취를 피한다. 3) 가능하면 4~24시간 동안 칫솔질, 치실, 알코올이 함유된 구강양치용액으로 가글을 하지 말고 물로만 헹군다.

위와 같이 불소바니쉬를 적용하고 나면 법랑질 표면에 몇시간 동안 머물게 되는데 길게는 수일이 지나도 남아 있을 수 있다. 이와 관련된 연구로 법랑질 표면에 불소바니쉬를 도포하고 탈회를 시도 후 법랑질 표면을 현미경으로 평가하였는데 작은 바니쉬 블록이 법랑질 표면에 부착된 채로 남아 있었다¹⁴⁾.

광경화성 resin-modified glass ionomer (RMGI) 바니쉬는 불소 방출 속도가 느리기 때문에 효과가 최대 30개월동안 지속되며, 기존의 불소바니쉬보다 더 오랫동안 법랑질 탈회를 예방할 수 있다¹⁵⁾. 광경화성 불소바니쉬는 과민성 치아, 부분 맹출된 치아, 교정용 브라켓 인접부위, 침식된 치아와 같이 치아우식증 발생 위험이 높은 치아 등 다양한 용도로 사용될 수 있다¹⁶⁾. 광경화성 불소바니쉬는 용도에 따라 바니쉬를 적용하는 방법이 다르므로 잘 숙지 해야한다. 첫번째, 지각 과민 치아에 적용할 때에는 치아표면을 깨끗하게 한 후 바니쉬를 적용하고 난 후 20초동안 광중합을 해야 한다. 두번째, 부분 맹출된 치아의 교합면에 치아우식을 예방하기 위해 사용할 때에는 깨끗하게 세척하고 건조한 다음에 15초간 37% 인산용액으로 산부식을 한다. 그 다음 다시 세척하고 건조한 다음에 바니쉬를 적용하고 20초간 광중합을 한다. 세번째, 교정 브라켓 주변의 치아우식을 예방하기 위해 사용할 때에는 브라켓 주변을 깨끗하게 세척하고 건조한 다음 15초간 37% 인산용액으로 산부식을 한다. 그 다음 다시 세척하고 건조한 다음에 바니쉬를 적용하고 20초간 광중합을 한다.

Colophony(rosin)가 들어있는 불소바니쉬는 흔하지는 않지만 colophony(rosin)에 민감한 반응(알레르기)을 보이는 환자가 있을 수 있다. 일부 환자에서 치에 작열감을 발생할 수 있으며, 구내염이 발생할 수 있다¹⁷⁾. 궤양성 치은염이나 구내염 환자에게는 불소바니쉬를 사용하지 않는 것이 좋다¹⁸⁾. 하지만 불소바니쉬는 대부분의 환자에게 안전하게 사용할 수 있다. 어린이 또는 유아에게 불소바니쉬를 도포한 후 심각한 부작용은 보고되고 있지 않다^{19,20)}. 불소바니쉬가 빠르게 경화되기 때문에 불소 섭취가 거의 없어서 불소바니쉬를 도포한 후 급성 독성 반응의 위험이 최소화된 것으로 사료된다²¹⁾.

3. 불소바니쉬의 불소방출량 및 불소침착 비교

Kim 등(2014)²²⁾의 연구에서는 총 불소량 대비 유리되는 불소량을 측정하여 불소바니쉬의 방출 능력을 비교하였다. 4일 동안 측정된 결과 MI varnish (GC, Japan)가 총 도포된 용량 대비 불소이온유리 비율이 95%이상으로 가장 높았으며, Cavity shield (3M ESPE, USA)는 9.9%로 가장 낮았다. 동일하게 5% 불화나트륨을 함유하고 있는 제품이라도 제품마다 유리되는 불소이온의 양에 차이를 보였다. Shen과 Autio-Gold(2002)⁹⁾의 연구와 Shin 등(2017)²³⁾의 연구에서도 Cavity shield는 가장 낮은 불소방출량을 보였다. Cavity shield는 소나무로부터 유래된 천연 송진이 함유되어 있으며 높은 점도를 가지고 있다. 높은 점도로 인해 불소 이온이 쉽게 빠져나오지 못해 낮은 불소방출량을 보이는 것으로 사료된다. Bolis 등(2015)²⁴⁾의 연구에서도 Duraphat Varnish와 MI Varnish의 불소 농도는 22,600 μ g F/g 로 동일한 불소 함량을 가졌음에도 Duraphat Varnish는 가장 적은 양의 불소를 방출하였으며, MI Varnish는 가장 많은 양의 불소를 방출하였다. Fluor Protector S Varnish는 7700 μ g F/g 의 불소를 함유하고 있지만 24시간 이후의 불소 방출량이 MI Varnish 다음으로 두번째로 높았다. 따라서 불소 함량이 높다고 불소방출량이 높은 건 아니다. 또한 MI Varnish 는 다른 불소바니쉬에 비해 많은 불소방출량을 보였으나, 불소방출량에 비해 낮은 불소 침착을 보였다. Fluor Protector S Varnish 는 MI Varnish보다 낮은 불소방출량을 보였으나 MI Varnish보다 더 많은 불소 침착을 보였다. 따라서 불소방출량이 높다고 해서 더 많은 불소 침착을 보이는 것은 아니다. Attin 등(2005)²⁵⁾의 연구에서 water-based polymer fluoride varnish(Mirafluorid)와 natural resin-based fluoride varnish(Duraphat)를 비교한 결과 natural resin-based fluoride varnish

가 water-based polymer fluoride varnish 보다 치아 표면에 높은 fluoride 침착을 나타내었다. Shen과 Autio-Gold(2002)⁹⁾의 연구에 의하면 불소바니쉬의 불소이온이 9일 동안 97%가 방출 되었다. 불소바니쉬는 대체적으로 초기에 급속히 불소를 방출하고 그 이후 급격히 불소의 방출량이 감소된다. 치아 우식증을 예방할 수 있는 유효농도는 연구마다 다양하게 보고 있다. Featherstone(1999)²⁶⁾는 구강 타액의 불소 농도가 0.03 ppm 이면 치아우식을 예방할 수 있다고 하였으며, Featherstone(2006) 은 불소 농도가 0.03 ppm에서 0.1 ppm으로 높아지면 재광화가 빠르게 진행된다고 보고하였다. Gibbs 등(1995)²⁷⁾ 또한 0.058-0.138 ppm의 불소농도에서 법랑질의 재광화가 촉진된다고 보고하고 있다. Page(1991)²⁸⁾는 약산성 용액에서 72시간동안 0.014ppm의 불소용액으로 탈회가 방지되며 항우식 효과가 있다고 밝혔다. 따라서 불소 함량이 높거나 도포 초기에 불소방출량이 높은 불소바니쉬 일수록 불소침착이 가장 많고 항우식 효과가 가장 우수하다고 판단하기에는 무리가 있다. 따라서 지속적으로 오랜 시간 치아우식증을 예방할 수 있는 유효농도를 지속할 수 있는 불소바니쉬가 우수한 항우식 효과를 나타낼 것으로 사료된다.

하지만 위에서 언급한 연구들은 불소바니쉬의 불소이온 방출량을 측정하는 방법에 약간의 차이를 보였다. 불소의 함량 및 불소 이온 방출량을 측정하는 방법에 대한 기준이 필요한 상황에서 불소바니쉬의 총 불소 함량이나, 불소 방출 가능성 측정에 관한 국제 표준(ISO 17730:2020)과²⁹⁾ fluoride ion-selective electrode를 이용한 수용액 내 불소 농도 분석에 관한 국제 표준(ISO 19448:2018)이 발간되었다³⁰⁾. 위의 국제 표준을 이용한 최근 3년 이내의 불소 제재의 불소 이온 농도 측정에 대한 연구를 검색한 결과 ISO 19448:2018를 이용하여 불소 이온의 농도를 측정한 연구가 9건이 검색 되었다. 9건의 연구를 살펴보면 불

소를 함유한 겔이나 수복재에서 방출되는 불소 이온을 측정하여 비교 분석한 연구이며^{31,32}, 불소바니쉬의 불소 이온 방출량을 비교한 연구는 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서 불소 이온 농도 분석에 관한 국제 표준으로 시판되고 있는 불소바니쉬의 불소 이온 방출량의 비교 분석이 필요하다. 이에 대한 연구 결과가 나온다면 불소바니쉬의 불소 이온 방출량을 객관적인 관점에서 비교 분석이 가능할 것으로 사료된다.

4. 불소바니쉬의 재광화

불소를 포함한 제제가 법랑질의 재광화에 기여한다는 연구가 보고되고 있다^{33,34}. 치아의 법랑질은 주로 수산화인회석으로 구성되어 있으며 고농도의 불소가 적용되면 치아의 표면에 불화칼슘이 형성된다. 그러나 불화칼슘은 타액이나 알칼리 용액에 쉽게 없어지며³, 치아우식 예방에 효과적이지 않다⁴. 하지만 저농도의 불소는 법랑질의 결정 구조 내에 불화인회석이 형성된다. 불화인회석은 수산화인회석보다 탈회에 대한 저항성이 높으며 재광화를 촉진시켜 치아 우식 예방에 효과적이라고 보고되고 있다³. Rošin-Grget 등(2013)³⁵은 0.01~10ppm의 낮은 불소농도에 장기간 노출되면 법랑질의 수산화인회석이 불화인회석으로 치환된다고 보고하였다. 저농도의 불소를 꾸준히 방출하여 불화인회석을 형성되기 위해서는 불소제제가 오랜 시간 동안 치아에 붙어 있어야 한다. Kim 등(2016)³⁶의 연구에서 우치를 사용하여 칫솔질을 하루에 2회 실시하여 10일 후에 주사전자현미경으로 100배율로 살펴본 결과 실험용 로진 제재 불소바니쉬와 V-varnish가 다른 시판용 불소바니쉬보다 잘 부착되어 있으며, 매끈한 표면을 보였다. 또한 30일 후 우치 표면의 비커스 경도를 살펴본 결과 실험용 로진 제재 불소바니쉬가 다른 실험군 보다 높은 경도를 보였다. 이는 실험용 로진 제재 불소바니쉬가 우치와의 접촉시간이 더 길었

기 때문에 꾸준히 방출하는 불소로 인해 치아의 경도가 증가하였을 것으로 사료된다.

치아의 재광화를 촉진하기 위해 불소 외에도 casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP), 삼인산칼슘(tricalcium phosphate, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) 등이 사용된다. CPP-ACP를 치아 표면에 도포하게 되면 높은 농도의 칼슘과 인산 이온을 안정적으로 공급하기 받을 수 있게 되어서 법랑질 재광화에 효과적이다³⁷. 삼인산칼슘은 타액의 칼슘과 인산 이온을 증가시켜 탈회에 저항하는 능력을 가지고 있는 것으로 알려져 있다³⁸. Salman 등(2018)³⁹의 연구에 의하면 5%NaF와 2% CPP-ACP가 함유된 MI 바니쉬가 5%NaF 함유된 기존의 불소바니쉬보다 유치에서 재광화 효과가 더욱 우수하다. 이는 ACP는 구강 내 높은 용해도를 가지지만, CPP가 이를 안정화시켜 저장고 역할을 해 구강 내에 칼슘과 인 이온을 과포화시켜 치아의 탈회를 방지하고 재광화를 촉진시키기 때문이다⁴⁰. Shin 등(2020)⁴¹의 연구에서는 10wt% 나노 크기 삼인산칼슘을 혼합한 실험용 불소바니쉬의 탈회/재광화 용액 내에서 20일간의 사이클링 후 가장 뛰어난 재광화 효과를 보였다. CPP-ACP를 함유한 MI varnish와 삼인산칼슘을 함유한 Clinpro varnish를 유치에 적용하여 미세경도를 측정하여 재광화 효과를 비교한 결과 CPP-ACP를 함유한 MI varnish가 더욱 우수한 재광화 효과가 나타났다⁴². 따라서 casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP), 삼인산칼슘(tricalcium phosphate, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)와 같이 재광화를 촉진하는 물질이 포함된 불소바니쉬의 경우 기존의 불소바니쉬보다 재광화 효과가 우수하여 치아우식증 예방에 효과적으로 사용될 것으로 사료된다.

IV. 결론

1. 불소 함량이 높다고 불소방출량이 높은 건 아니며, 불소방출량이 높다고 해서 더 많은 불소 침착을 보이는 것은 아니다. 따라서 지속적으로 오랜 시간 치아우식증을 예방할 수 있는 유효농도를 지속할 수 있는 불소바니쉬가 우수한 항우식 효과를 나타낼 것으로 사료된다.
2. 재광화를 촉진하는 물질(casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP), 삼

인산칼슘(tricalcium phosphate, $Ca_3(PO_4)_2$)이 포함된 불소바니쉬의 경우 기존의 불소바니쉬보다 재광화 효과가 우수하다. 시중에 나와 있는 불소바니쉬중에서 CPP-ACP를 함유한 MI varnish와 삼인산칼슘을 함유한 Clinpro varnish를 유치에 적용하여 미세경도를 측정하여 재광화 효과를 비교한 결과 CPP-ACP를 함유한 MI varnish가 더욱 우수한 재광화 효과가 나타나 임상에서 치아우식증 예방에 효과적으로 사용될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Upadhyay S, Rao A, Shenoy R. Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. *J Dent* 2013; 10: 134-140.
2. Manchery N, John J, Nagappan N, Subbiah GK, Premnath P. Remineralization potential of dentifrice containing nanohydroxyapatite on artificial carious lesions of enamel: A comparative in vitro study. *Dent Res J* 2019; 16: 310.
3. Seppä L. Fluoride varnishes in caries prevention. *Med Princ Pract* 2004; 13: 307-311.
4. Delbem ACB, Brighenti FL, Oliveira FAL, Pessan JP, Buzalaf MAR, Sasaki KT. In vitro assessment of an experimental coat applied over fluoride varnishes. *J Appl Oral Sci* 2009; 17: 280-283.
5. Neidell M, Shearer B, Lamster IB. Cost-effectiveness analysis of dental sealants versus fluoride varnish in a school-based setting. *Caries Res* 2016; 50: 78-82.
6. Karabekiroğlu S, Ünlü N. Effectiveness of Different Preventive Programs in Cariogram Parameters of Young Adults at High Caries Risk. *International journal of dentistry* 2017; 2017: 7189270.
7. Ross A, Sherriff A, Kidd J, Gnich W, Anderson J, Deas L, et al. A systems approach using the functional resonance analysis method to support fluoride varnish application for children attending general dental practice. *Appl Ergon* 2018; 68: 294-303.
8. Sleibi A, Tappuni AR, Karpukhina NG, Hill RG, Baysan A. A comparative evaluation of ion release characteristics of three different dental varnishes containing fluoride either with CPP-ACP or bioactive glass. *Dent Mater* 2019; 35: 1695-1705.
9. SHEN C, Autio-gold J. Assessing fluoride concentration uniformity and fluoride release from three varnishes. *The Journal of the American Dental Association* 2002; 133: 176-182.
10. Rawls HR. Preventive dental materials: sustained delivery of fluoride and other therapeutic agents. *Adv Dent Res* 1991; 5: 50-55.
11. Baik A, Alamoudi N, El-Housseiny A, Altuwirqi A. Fluoride Varnishes for Preventing Occlusal Dental Caries: A Review. *Dent J* 2021; 9: 64.
12. Salman NR, ElTekeya M, Bakry N, Omar SS, El Tantawi M. Comparison of remineralization by fluoride varnishes with and without casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate in primary teeth. *Acta Odontol Scand* 2019; 77: 9-14.
13. Mehta A, Paramshivam G, Chugh VK, Singh S, Halkai S, Kumar S. Effect of light-curable fluoride varnish on enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets: An in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 148: 814-820.

참고 문헌

14. Sorvari R, Meurman JH, Alakujala P, Frank RM. Effect of Fluoride Varnish and Solution on Enamel Erosion in vitro. *Caries Res* 1994; 28: 227-232.
15. Mehta A, Paramshivam G, Chugh VK, Singh S, Halkai S, Kumar S. Effect of light-curable fluoride varnish on enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets: An in-vivo study. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop* 2015; 148: 814-820.
16. Virupaxi SG, Roshan N, Poomima P, Nagaveni N, Neena I, Bharath K. Comparative evaluation of longevity of fluoride release from three different fluoride varnishes-an invitro study. *J. Clin. Diagn. Res* 2016; 10: ZC33.
17. Isaksson M, Bruze M, Björkner B, Niklasson B. Contact allergy to Duraphat. *Eur. J. Oral Sci* 1993; 101: 49-51.
18. Sharma PR. Allergic contact stomatitis from colophony. *Dent. Updat* 2006; 33: 440-442.
19. Liu B, Lo E, Chu C, Lin H. Randomized Trial on Fluorides and Sealants for Fissure Caries Prevention. *J. Dent. Res* 2012; 91: 753-758.
20. Arruda AO, Kannan RS, Inglehart MR, Rezende CT, Sohn W. Effect of 5% fluoride varnish application on caries among school children in rural Brazil: A randomized controlled trial. *Community Dent. Oral Epidemiol* 2011; 40: 267-276.
21. Sköld-Larsson K, Modéer T, Twetman S. Fluoride concentration in plaque in adolescents after topical application of different fluoride varnishes. *Clin. Oral Investig* 2000; 4: 31-34.
22. Kim HN, Jeong MS, Kim SY, Kim JB, Jeong SH. Evaluation of release of fluoride from dental varnishes marketed in Korea. *J Korean Acad Oral Health* 2014; 38: 131-137.
23. Shin KS, Kim AJ, Oh SH, Bae JM. Development of fluoride varnish with sustained fluoride release and biocompatibility. *Kor J Dent Mater* 2017; 44: 21-31.
24. Bolis C, Härtli GP, Lendenmann U. Fluoride Varnishes-Is There a Correlation Between Fluoride Release and Deposition on Enamel? *Oral Health Prev Dent* 2015; 13: 545-56. <https://doi:10.3290/j.ohpd.a34373>.
25. Attin T, Grieme R, Paque F, Hannig C, Buchalla W, Attin R. Enamel fluoride uptake of a novel water-based fluoride varnish. *Arch Oral Biol* 2005; 50: 317-322.
26. Featherstone JD. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999; 27: 31-40.
27. Gibbs C, Atherton S, Huntington E, Lynch R, Duckworth R. Effect of low levels of fluoride on calcium uptake by demineralized human enamel. *Arch Oral Biol* 1995; 40: 879-881.
28. Page D. A study of the effect of fluoride delivered from solution and dentifrices on enamel demineralization. *Caries Res* 1991; 25: 251-255.
29. ISO 17730:2020 - Dentistry -Fluoride varnishes.
30. ISO 19448:2018 - Dentistry - Analysis of fluoride concentration in aqueous solutions by use of fluoride ion-selective electrode.
31. Kelić K, Par M, Peroš K, Šutej I, Tarle Z. Fluoride-Releasing Restorative Materials: The Effect of a Resinous Coat on Ion Release. *Acta stomatol Croat.* 2020; 54(4): 371-381.
32. Kelić M, Kilić D, Kelić K, Šutej I, Par M, Peroš K, Tarle Z. The Fluoride Ion Release from Ion-Releasing Dental Materials after Surface Loading by Topical Treatment with Sodium Fluoride Gel. *J. Funct. Biomater.* 2023, 14, 102.
33. Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *International Dental Journal* 2006; 56: 33-43.
34. Rodrigues E, Delbem AC, Pedrini D, de Oliveira MS. PHcycling model to verify the efficacy of fluoride-releasing materials in enamel demineralization. *Operative Dentistry* 2008; 33: 658-665.
35. Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad* 2013; 42:179-188.
36. Kim AJ, Son JL, Oh SH, Bae JM. Effect of Experimental Fluoride Varnish upon the Vickers Hardness of Bovine Teeth. *Kor J Dent Mater* 2016; 43: 81-90.
37. Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. Craig's Restorative dental materials. 14th Editi. Mosby, Inc; 2019.
38. Karlinsey RL, MacKey AC, Walker ER, Frederick KE. Surfactant-modified β -TCP: Structure, properties, and in vitro remineralization of subsurface enamel lesions. *J Mater Sci Mater Med* 2010; 21: 2009-20.
39. Salman NR, ElTekeya M, Bakry N, Omar SS, El Tantawi M. Comparison of remineralization by fluoride varnishes with and without casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate in primary teeth. *Acta Odontol Scand* 2019; 77: 9-14. <https://doi:10.1080/00016357.2018.1490967>.
40. Ranjtkar S, Rodriguez JM, Kaidonis JA, Richards LC, Townsend GC, Bartlett DW. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on erosive enamel and dentine wear by toothbrush abrasion. *J Dent* 2009; 37: 250-4.
41. Shin SJ, Son JL, Oh SH, Bae JM. Remineralization effect of experimental fluoride varnish with nano-sized hydroxyapatite and tricalcium phosphate. *Kor J Dent Mater* 2020; 47: 131-142.
42. Fibryanto E, Elline, Indah D.P, Hidayat A. The Effect of Topical Remineralization Agents on Surface Microhardness of Enamel (ex vivo research). *J Int Dent Med Res* 2020; 13: 964-968.