

우치에서 레진 침투법과 불소 적용의
탈회 저항성 비교

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 두 영

우치에서 레진 침투법과 불소 적용의 탈회 저항성 비교

지도 손 홍 규 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2010년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 두 영

이두영의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2010년 12월 일

감사의 글

논문이 완성되기까지 자상하게 지도해주시고 이끌어주신 손흥규 지도 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 실험 설계와 진행에서 많은 관심과 지도를 하여 주신 이제호 교수님과 꼼꼼한 심사와 조언을 하여 주신 김성오 교수님께 진심으로 감사드립니다. 많은 관심과 격려를 해주신 최병재 교수님과 최형준 교수님, 송제선 교수님께도 감사드립니다. 그리고 가까이에서 아낌없는 응원을 해주시는 김승혜 선생님께 감사를 전합니다.

실험 재료와 기구 사용을 도와주신 치과재료학교실의 김성민 선생님, 기꺼이 도움을 주는 김준혁 선생님을 비롯한 소아치과의국원들, 실험이 진행될 수 있게 도와준 김성수, 김우진, 김준영, 그리고 항상 든든한 힘이 되는 심영주 선생님께 진심으로 감사드립니다.

늘 한결 같은 사랑을 주시는 부모님과 항상 곁에서 힘이 되어주는 사랑하는 성혜 언니, 혜영, 현직이 그리고 10년 넘게 동고동락한 영화와 함께 이 조그만 결실을 나누고자 합니다.

저자 씀

차 례

그림 차례	iii
표 차례	iv
국문 요약	v
I. 서론	1
II. 연구 재료 및 방법	4
1. 연구재료	4
2. 연구방법	6
가. 표본 준비 및 치아 탈회	6
나. CLSM을 이용한 탈회 깊이 관찰	8
다. SEM을 이용한 탈회면 관찰	8
3. 통계 분석	9
III. 연구 결과	10
1. CLSM을 이용한 탈회 깊이 관찰	10
2. SEM을 이용한 탈회면 관찰	13
IV. 고찰	15

V. 결론	21
참고문헌	22
영문요약	27

그림 차례

Figure 1. 60 Second® (Germiphore Co., Canada)	4
Figure 2. Icon® caries infiltrant (DMG, Germany)	5
Figure 3. Preparation of bovine enamel specimen	7
Figure 4. Confocal laser scanning microscope (CLSM) images of each group after demineralization (X 10)	11
Figure 5. Scanning electron micrographic (SEM) images of the enamel surface after acid demineralization	14

표 차례

Table 1. Intraclass correlation coefficient (ICC)	10
Table 2. Lesion depth of each group after demineralization by CLSM	11
Table 3. Multiple comparisons by using Bonferroni method	12

국문 요약

우치에서 레진 침투법과 불소 적용의 탈회 저항성 비교

소아청소년기는 치아 우식증이 호발하는 시기이며 유치열기의 경우 평활면 우식증 및 인접면 우식증의 발병률이 높다. 하지만 초기 우식이 진행되어 치질의 파괴가 일어나야 환자가 인지하거나 증상을 나타내는 경우가 많으며, 치질 파괴의 결과 공간 상실을 야기하기도 한다. 따라서 인접면에 초기 우식이 발견되면 병소의 진행을 막는 것이 중요하다. 현재까지는 초기 우식 단계에서 불소, 치실 사용, 치면열구전색, 구강위생관리, 식이조절 등을 통한 예방법을 사용하였지만, 새로운 예방법으로 점도가 낮은 레진을 사용하여 우식의 깊은 부위로 레진을 침투시키는 시도가 이루어지고 있다.

본 실험의 목적은 초기 우식 부위에 레진 침투법과 불소 적용 후 탈회 저항성을 비교하기 위함이다. 인공 우식을 유발한 시편을 대조군, 1.23% APF군, 레진 침투군으로 분류하고 각 재료를 적용 후 재탈회시켰다. 이후 CLSM을 이용하여 탈회 깊이를 측정하였고 SEM을 이용하여 법랑질 표면 거칠기를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CLSM을 이용하여 탈회 깊이를 측정하였을 때 대조군, 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군 순으로 감소하였다.
2. 탈회 깊이는 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군이 대조군에 비해서는 유의성 있는 차이를 보이지만 두 군 간의 차이가 없었다($p < 0.05$).

3. 표면거칠기는 대조군에서 매우 거칠고 표면이 불규칙한 양상을 보였고 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군으로 갈수록 표면 거칠기와 불규칙성은 감소하였다.

평활면 인공 우식 부위의 탈회 저항성 실험에서 1.23% APF와 레진 침투법을 적용하였을 때, 대조군에 비해 탈회 깊이, 법랑질 표면 거칠기와 불규칙성이 감소하였지만 1.23% APF와 레진 침투군 사이의 탈회 깊이는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다. 하지만 표면 거칠기와 불규칙성의 감소를 나타내는 레진 침투법을 실제 임상에서 적용하는 치료를 시도해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

우치에서 레진 침투법과 불소 적용의

탈회 저항성 비교

<지도교수 : 손 홍 규>

연세대학교 대학원 치의학과

이 두 영

I. 서 론

치아우식증은 경조직의 무기질 성분이 탈회되어 나타난다. 법랑질은 수분, 극소량의 단백질과 지질로 구성된 유기물이 결정체를 둘러싸고 있어 광물질 이온을 확산시킬 수 있는데, 치태 내 미생물에 의해 생성된 산은 이러한 확산 경로로 표층의 하방에 있는 법랑질의 광물질을 탈회시킨다(대한소아치과학회, 2007).

소아청소년기는 치아우식증이 호발하는 시기이며, 유치열기의 경우 평활면 우식증 및 인접면 우식증의 발병률이 상대적으로 높다. 유치는 법랑질의 두께가 영구치의 1/2정도이고 법랑질 초기 우식 진행이 더 빨리 진행되며, 유구치의 경우 넓은 접촉면을 가지므로 인접면에 우식이 보다 쉽게 발생할 수 있다. 유치에서 인접면 우식증은 제1유구치의 원심과 제2유구치의 근심 접촉면에 많이

발생하는데, 인접면에 우식이 발생했을 때 적극적 치태 제거는 초기 우식을 정지시킬 수 있으며 탈회 부위가 경조직으로 전환될 수 있다.

그러나 구치부의 인접면은 치태를 충분히 제거하기가 힘들고, 따라서 우식도 빠르게 진행될 수 있다. 구치부의 인접면에 일단 우식 와동이 형성되면 치실만으로는 우식의 진행을 정지시킬 수 없다는 보고가 있다(Waggoner WF와 Ashton JJ, 1989; Espelid I와 Tveit AB, 1986). 이는 와동이 형성된 부위에는 치실을 적용하여도 붕괴된 불규칙한 치아 표면의 치태는 제거하기가 힘들기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 인접면의 초기 우식은 협설측 평활면 초기 우식이나 교합면 초기 우식에 비해 탐지하기가 힘들기 때문에, 우식이 보다 크게 진행될 수 있으며 이로 인한 치열궁의 공간 소실을 야기할 수 있다. 따라서 인접면에 발생하는 초기 우식을 조기에 발견하여 우식의 진행을 막는 것이 중요하다.

현재까지 치아 우식증의 초기 단계에서 예방법은 다양한 불소 이용법, 치실 사용, 치면열구전색, 구강위생관리, 식이조절 등이 있는데, 그 중 대표적인 불소 이용법은 재광화의 효과를 가지고 있다. 우식 부위나 우식 위험부위에 여러 가지 다양한 방법으로 불소를 적용함으로써 치아의 재광화를 촉진하고 국소적으로 무기 이온의 농도를 높이며 산에 녹는 이온의 pH 역가를 높일 수 있다. 불소 적용법은 상당히 효과적인 것으로 보고되어 왔으나, 극소량을 사용해야 안전하고 와동이 형성되지 않은 탈회 우식 부위의 아주 초기 단계에만 적용할 수 있으며(Robinson 등, 2001), 우식 부위의 표층에서 내부로 들어갈수록 불소 침투량이 감소한다는 한계가 있다(이, 1994). 최근 이러한 한계를 대체할 수 있는 방법으로 낮은 점도의 광중합 레진을 이용하여 와동이 의심되는 초기 우식 부위를 충전하는 방법이 소개되었다.

본 연구의 목적은 우치의 법랑질 표면에 초기 우식 유발 후, 기존의 예방법인 불소 적용방법과 새로운 예방법인 레진 침투방법을 적용하였을 때 추가 탈회에 대한 저항성을 비교하고자 함이다. 두 가지 방법을 적용 후, Scanning electron microscopy (SEM)을 이용하여 추가 탈회 시 치아 표면의 거칠기, 그리고 confocal laser scanning microscope (CLSM)을 이용한 치아의 추가 탈회 깊이를 측정하여 비교하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

소의 영구 전치를 대상으로 하여 상품화된 1.23% APF gel인 60 Second® (Germiphore Co., Canada)와 resin infiltrant 제품인 Icon® caries infiltrant (DMG, Germany)를 사용하였다(Fig. 1, Fig. 2). 상품화된 제품인 Icon® caries infiltrant는 Icon-Etch, Icon-Dry, 그리고 Icon-Infiltrant로 구성되어 있다.



Fig. 1. 60 Second® (Germiphore Co., Canada); It is composed of 1.23% APF gel.



Fig. 2. Icon® caries infiltrant (DMG, Germany); It is composed of Icon–Etch (15% Hydrochloric acid, pyrogenic silicic acid, surface active substances), Icon–Dry (99% ethanol), and Icon–Infiltrant (Methacrylate–based resin matrix, initiators, additives).

2. 연구 방법

가. 표본 준비 및 치아 탈회

다이아몬드 디스크 Giflex-tr diamond disc (Bredent, Germany)를 이용하여 28개의 발거된 우치의 치근을 제거한 후 가로 15 mm X 세로 25 mm 크기로 모든 치관의 순측 법랑질 표면이 노출되게 지름 35 mm X 높이 5 mm 원통 모양의 아크릴릭 레진에 포매하였다(Fig. 3. a). 시편의 법랑질 면을 물이 흐르는 상태에서 grinding machine을 사용하여 400, 800, 1200 grit 순으로 편평하게 연마하였다.

탈회 용액은 다음과 같이 준비하였다. CaCl_2 2.2 mM, NaH_2PO_4 2.2 mM, acetic acid 50 mM을 2차 증류수에 혼합하고 pH 5로 조절하였다(Mazzaoui AS 등, 2003). 시편을 탈회 용액에 3일간 상온 보관하여 초기 우식을 유발하였으며 24시간 마다 용액은 교체하였다. 그 후 네일 바니쉬를 사용하여 치관의 장축에 수직 방향으로 법랑질이 세 등분되도록 나누는 두 개의 경계선을 2 mm의 두께로 발랐으며, 하나의 시편에서 세 등분된 부분을 각각 대조군, 불소군, Icon® caries infiltrant군의 3개 군으로 나누었다(Fig. 3. b).

불소를 적용한 군을 실험군 1, Icon® caries infiltrant를 적용한 군을 실험군 2로 설정하여 각 시편 부분을 제조자의 지시에 따라 불소 도포하였고 Icon® caries infiltrant를 적용하였다. 인공타액은 NaCl 0.40 g/l, KCl 0.4 g/l, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.795 g/l, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.780 g/l, $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 0.005 g/l, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (Urea) 1.0 g/l에 distilled water 100 ml를 넣어 제조하였고(Hsu HC

등, 2009), 불소의 최대 효과를 내기 위해 불소는 4분 적용한 후 24시간 동안 인공 타액에 보관하는 과정을 5회 반복하였다(Kim HE 등, 2009). 재료를 적용하고 재광화한 후 시편을 상온에서 3일 동안 탈회 용액에 재탈회시켰다.

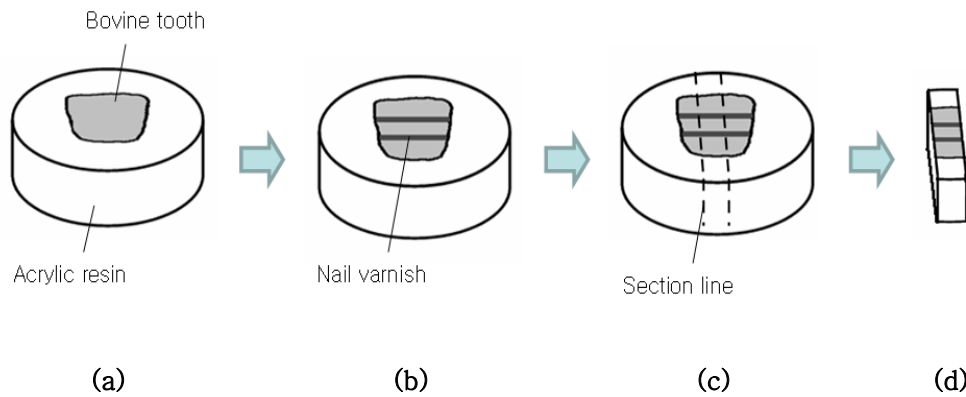


Fig. 3. Preparation of bovine enamel specimen; (a) Root was removed at the cemento–enamel junction and crown was embedded in acrylic resin making flat surface. (b) The enamel surface was divided with nail varnish line to separate groups. (c) The teeth were sectioned longitudinally leaving three portions of enamel surface. (d) Completed form of specimen for experiment.

나. CLSM을 이용한 탈회 깊이 관찰

탈회 저항 처리와 추가 탈회를 마친 시편을 Fig. 3. c와 같이 EXAKT diamond band saw (EXAKT Co., Germany)를 사용하여 시편을 치아의 장축으로 절단하였다. 절단한 시편의 가운데 부분을(Fig. 3. d) CLSM (LSM 510, Carl Zeiss Meditec AG, Germany) 촬영을 위해 0.1 mM Rhodamine B solution으로 1시간 동안 염색하고 증류수로 수세한 후 건조시켜 시편의 양측 절단 부위를 10배의 배율로 관찰하였다(이, 2009). 각 시편을 Rhodamine B solution으로 염색하여 CLSM 촬영을 하면, 탈회된 공간은 붉은 색을 띠게 된다. Zeiss LSM Data Server (Carl Zeiss Jena GmbH, Ver.3.1.0.99, Germany) 프로그램을 이용하여 촬영 후 탈회 깊이를 측정하였다. 탈회 깊이 측정의 오차를 줄이기 위해서 3명의 검사자가 측정을 하였다.

다. SEM을 이용한 탈회면 관찰

Icon® caries infiltrant와 불소 적용에 따른 법랑질의 탈회면 관찰을 위해 각 시편을 4 mm X 4 mm X 4 mm 크기로 절단 후 ion coater (Hitachi E 1010형)를 이용하여 gold coating하였고 1000배, 5000배, 10000배의 배율로 치아 탈회면을 관찰하였다.

3. 통계분석

모든 통계 분석은 SAS 9.2 version (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.)을 이용하였으며, 3명의 검사자 간의 신뢰성을 보기 위해서 급내상관계수(intraclass correlation coefficient(ICC))를 구하였다.

그 결과 신뢰도가 있는 것으로 분석되어 탈회 깊이는 세 검사자의 평균치를 사용하였으며 군 간의 차이가 있는지를 보기 위해 유의수준 0.05 하에 모수적 방법인 Linear mixed model로 분석하였고 각 군간의 유의성은 모수 검정인 paired t-test 결과에 대해 Bonferroni 방법으로 adjusted p-value를 구하여 사후검정하였다.

III. 연구 결과

1. CLSM을 이용한 탈회 깊이 관찰

세 검사자 간의 신뢰성을 나타내는 ICC가 0.8~0.9의 높은 상관관계를 보였으며 세 검사자의 평균값을 도표화하였다(Table 1).

탈회 깊이는 대조군이 평균 $112.23 \pm 58.73 \mu\text{m}$ 로 가장 깊었으며 불소군은 평균 $80.85 \pm 31.41 \mu\text{m}$ 이고 레진침투군은 평균 $78.68 \pm 39.54 \mu\text{m}$ 였다(Table 2).

Table 1. Intraclass correlation coefficient (ICC)

group	ICC
Control	0.79671
Exp.1 (1.23% APF)	0.82954
Exp. 2 (Icon® caries infiltrant)	0.89809

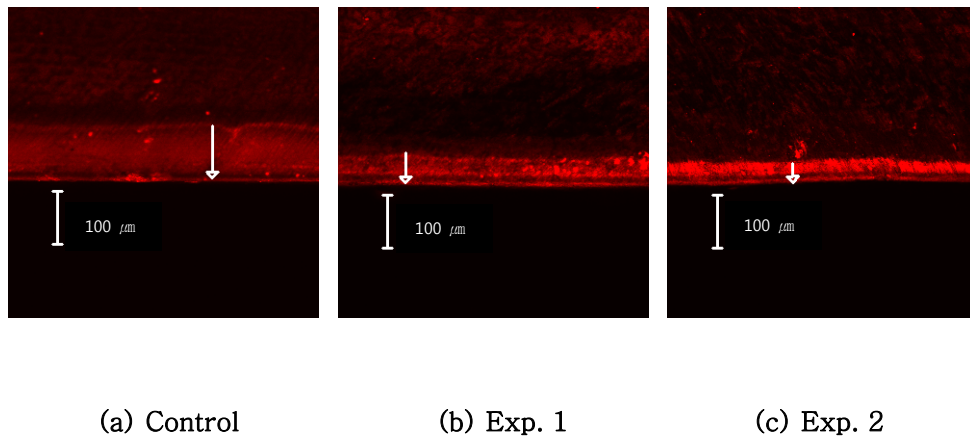


Fig. 4. Confocal laser scanning microscope (CLSM) images of each group after demineralization (X 10); (a) Control, (b) Exp. 1 (1.23% APF), (c) Exp. 2 (Icon® caries infiltrant).

Table 2. Lesion depth of each group after demineralization by CLSM

	N	Mean(μm)	SD
Control group*	50	112.23	58.73
Exp. 1* (1.23% APF)	50	80.85	31.41
Exp. 2* (Icon® caries infiltrant)	50	78.68	39.54

*: statistically significant ($p < 0.05$)

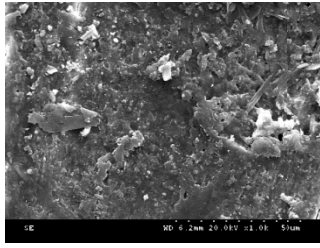
대조군, 실험군 1, 실험군 2의 순서대로 탈회 깊이가 얇게 나타났으며 (fig. 4), 각 군의 효과에 대한 유의성 검정은 유의수준 0.05 하에 Linear mixed model 분석을 실시한 결과, fixed effect의 차이가 $p = 0.0002$ 로 통계적으로 유의하였다. 그리고 각 군간의 상호 작용 효과에 대한 유의성은 모수 검정 paired t-test 결과에 대해 Bonferroni 방법으로 adjusted p-value로 사후검정을 하였으며 실험군 1과 실험군 2가 대조군에 비해서 유의한 차이가 있었지만, 실험군 1과 실험군 2 간의 유의한 차이는 없었다 (Table 3).

Table 3. Multiple comparisons by using Bonferroni method

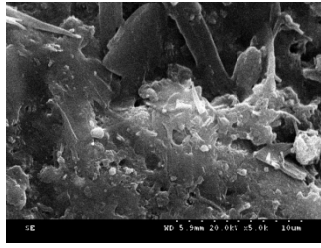
Group	Adjust P-value
Control & Exp. 1	0.0018
Control & Exp. 2	0.0008
Exp. 1 & Exp. 2	1.0000

2. SEM을 이용한 탈회면 관찰

대조군에서 법랑질의 탈회로 표면이 매우 거칠고 불규칙한 양상을 보였고(fig. 5. a) 실험군 1은 대조군 보다는 표면 거칠기 및 불규칙이 감소하였다(fig. 5. b). 그리고 실험군 2는 다른 두 군에 비해 치아 표면이 비교적 매끄럽고 규칙적이었다(fig. 5. c). 대조군, 실험군 1, 실험군 2의 순서대로 표면 거칠기 및 불규칙성이 감소하였다.



(X 1000)

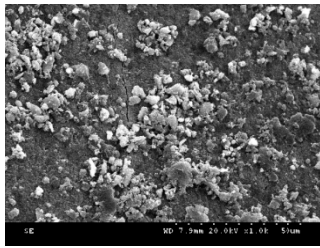


(X 5000)

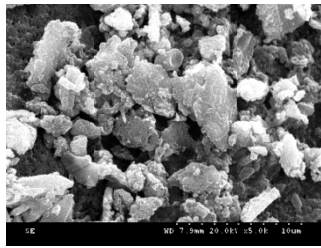


(X10000)

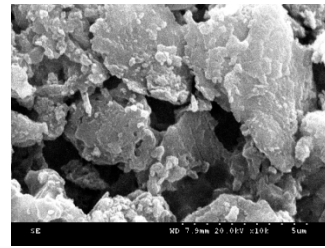
(a) Control



(X 1000)

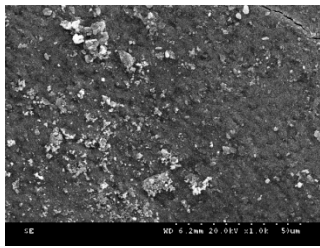


(X 5000)

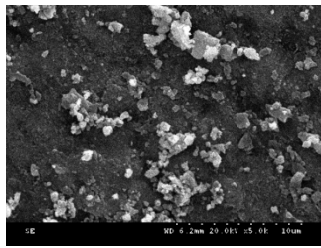


(X10000)

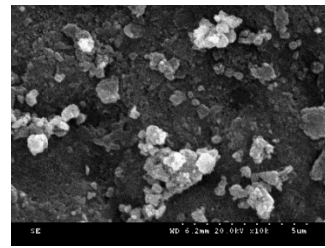
(b) Exp. 1 (1.23% APF)



(X 1000)



(X 5000)



(X10000)

(c) Exp. 2 (Icon® caries infiltrant)

Fig. 5. Scanning electron micrographic images of the enamel surface after acid demineralization; (a) Control, (b) Exp. 1 (1.23% APF), (c) Exp. 2 (Icon® caries infiltrant).

IV. 고찰

평활면 우식증의 초기 임상 증상은 백색 탈회면이다. 탈회로 유발된 백색 반점은 적극적 불소도포 방법과 구강위생상태의 증진으로 천천히 회복이 가능하며, 와동이 형성되지 않은 초기에는 재광화를 촉진시켜 정상으로 되돌아올 수 있다(대한소아치과학회, 2007). 1966년 Backer Dirks는 정기 관찰에서 백색 반점의 최소 51%는 자연적으로 회복된다고 하였다(Backer Dirks O, 1966). 즉, 표층이 손상되지 않은 초기 우식의 경우에는 우식 부위의 재광화가 가능할 수도 있음을 보고하였다.

초기 우식 단계에는 산에 의한 하이드록시아파타이트의 부분 용해가 법랑질에 탈회 공간을 생성한다. 이러한 공간은 광물이온의 이동통로가 되고, 법랑질의 탈회가 점진적으로 진행되면 형태적으로 치아 조직의 파괴가 유발되며 치아 표면에 와동이 형성된다. 우식이 진행되어 와동이 형성되면 표면의 우식 병소를 물리적으로 제거하고 소실된 부분을 수복한다.

그러나 와동이 형성되지 않은 초기 우식 단계에서는 와동을 형성하여 수복하는 대신, 탈회된 치아 표면에 레진을 침투시켜 채우려고 하는 치료법이 제시되고 있다. 이것은 치아 우식이 진행될 수 있는 탈회된 경조직을 물리적으로 제거하는 대신 미세한 탈회 공간을 레진으로 채워넣어 탈회의 진행을 막고 와동의 형성을 예방하는 치료법이다. 초기 법랑질 우식은 탈회와 재광화가 반복되면서 진행되며, 우식의 진행이 법랑질의 두께로 인해 2년 이상 매우 천천히 진행되기 때문에 (Sheiham A, 1977), 레진 침투법을 사용하여 초기 법랑질 우식을 정지시킬 수 있다.

산 저항성의 유기질 폴리머를 초기 우식 부위에 침투시켜 치아의 탈회된 표면을 안정화시키는 방법은 1976년 Robinson 등에 의해 제안되었으며(Robinson C 등, 1976), 산 저항성 폴리머를 이용한 치아의 평활면 우식 예방법에 관한 여러 연구들이 보고되었다. 사람의 영구 구치에 인공 우식을 형성 한 후 레진 monomer를 한번 적용하였을 때 대조군에 비해 약 50~70%의 탈회 공간 감소와 향상된 산 저항성을 나타내었다(Robinson C 등, 2001). 대부분의 폴리머는 치아의 미네랄 성분을 덮어 초기 우식 부위로의 산 침투를 막았으며 우식의 확산을 막았다(Robinson C 등, 2001). 그리고 임상적 연구에서 이렇게 레진 침투법으로 봉쇄(sealing)된 우식 부위의 77%가 2년 뒤 검사에서 우식의 진행을 나타내지 않았다(Ekstrand KR과 Martignon S, 2004).

현재 임상에서 유구치와 영구 구치의 인접면 초기 치아 우식에 대한 예방 방법은 주로 치실 사용과 불소 적용이었으나 레진 침투법을 이용하면 치아의 탈회 공간을 크게 감소시켜 더 효과적으로 우식의 진행을 예방할 수 있을 것으로 예상되었다.

본 실험에서 사용된 Icon® caries infiltrant는 낮은 점도를 가지는 레진으로 확산 방어벽(diffusion barrier)이 우식 부위의 표면에 형성되는 레진 접착제와는 달리 우식 부위 안쪽에 방어벽을 형성하여 치아의 손실된 무기물을 레진이 대신하는 방법으로 경조직 내에서 우식을 안정화시킨다(Paris S 등, 2007).

법랑질 우식 부위로의 레진 침투는 주로 모세관 현상(capillary force)에 의해 이루어진다(Meyer-Lueckel S 등, 2007). 초기 우식 부위의 표층은 건전한 법랑질 보다 10~50배 더 넓은 세공을 보이며, 우식 부위의 표면은 우식 본체 보다 더 작은 세공 부피(pore volume)를 나타내는데(Bergman G와 Lind PO, 1966), 세공의 직경과 부피는 레진의 침투 속도에 영향을 준다(Paris S 등,

2007). 작은 세공 부피를 갖는 초기 우식 부위와 건전한 법랑질은 레진에 의한 침투가 잘 이루어지지 않기 때문에(Paris S 등, 2007) 산부식을 통해 부가적인 탈회 공간을 형성함으로써(Schmidlin PR 등, 2004), 모세관 작용을 높여 우식 본체로의 레진 침투를 보다 향상시킨다(Meyer-Lueckel S 등, 2007).

Meyer-Lueckel 등은 37% H_3PO_4 를 30~120초간 적용하였을 때 우식 표면을 제대로 제거하지 못하였으며 15% HCl을 90~120초간 적용하였을 때 우식 표면 제거가 완전히 이루어져 레진 침투법에 보다 적절하다고 하였다(Meyer-Lueckel S 등, 2007). 하지만, 15% HCl을 소아환자에 적용하기에는 치은이나 주변 치아의 손상 위험성이 있어 37% H_3PO_4 를 보다 흔히 사용한다(Gomez SS 등, 2007). 그리고 1990년 Croll 등은 비록 강산을 점막에 짧은 시간 동안 접촉하는 것이 위험한 수준의 손상을 주지 않더라도, 임상에서 사용할 때는 러버댐과 같은 보호 기구를 사용하여야 한다고 하였다(Croll TP 등, 1990). 본 실험에 사용된 Icon® caries infiltrant는 상품화된 제품으로 제품 내에 포함된 15% HCl를 사용하여 치아를 탈회시키며 방습과 보호를 위하여 러버댐을 반드시 사용할 것을 주의사항으로 표시해놓았다. 그리고 레진 수복할 때 적용하는 산부식 시간 보다 더 긴 120초를 탈회하여 법랑질 표면의 탈회 공간을 증가시키고자 하였다.

치아 표층 우식 부위로 침투하는 레진 태그의 길이는 10~100 μm 의 범위를 가지며(Pahlavan A 등, 1976), 레진 침투 정도는 필러의 크기나 점도 같은 재료 자체의 성질과 법랑질의 미네랄 성분, 기질의 습기 같은 성질에 영향을 받는다(Schmidlin PR 등, 2004). 레진 침투는 레진의 중합수축, 불완전한 용매 증발, 그리고 산화 방해 등에 의해서 균일하게 나타나지 않을 가능성이 있다(Paris S 등, 2006). 따라서 레진의 침투 깊이를 향상시키기 위해 낮은 점도의 레진을 사용하고, 침투 시간을 길게 하는 것이 필요하다. 레진을 적용한

후 법랑질 표면으로 레진이 침투할 수 있게 기다린 후 과잉의 레진을 제거하는데 이는 치아 표면의 이상적인 모양 형성을 가능하게 해준다. 레진 침투법은 재료를 한번 적용하였을 때 재료의 수축으로 추가적 미세 공간이 발생하므로 최소 2회는 적용하여야 한다고 하였다(Robinson C 등, 2001).

본 연구에서는 초기 인공 우식 부위에 1.23% APF gel을 이용한 방법과 레진 침투를 이용한 방법이 치아의 탈회 저항성에 미치는 효과를 알아보고자 치아 탈회면을 관찰하고 탈회 깊이를 측정하였다. 제조회사에서 추천하는 APF gel의 적용시간은 1분이었지만 APF gel 도포 시 4분 이내에 대부분의 불소가 흡수되고(대한소아치과학회, 2007) 법랑질의 깊은 부분까지 불소를 침착시켜 최대 효과를 내기 위해서, 4분 적용 후 24시간 동안 재광화 용액에 저장하는 과정을 5회 반복하였다(Kim HE 등, 2009). 그리고 레진 침투를 적용할 때 제조회사의 지시대로 2분 동안 산부식 하였으며, 레진이 우식 부위 내로 충분히 침투할 수 있게 3분 동안 기다린 후 과잉의 레진을 제거하고 광중합하는 과정을 2회 반복하였다.

각 시편을 Rhodamine B solution으로 염색하여 CLSM 촬영을 하면, 탈회된 우식 공간이 붉은 색을 띠게 되는데 이 거리가 치아의 탈회 깊이가 된다. 촬영된 사진상에서 우식 부위의 가장 깊은 곳에서 치아 표면까지의 수직거리로 탈회 깊이를 측정하였으며 측정 오차를 줄이기 위해서 3명의 검사자가 측정을 반복하였고 검사자 간의 신뢰성을 나타내는 급내상관계수가 높은 상관관계를 보여 세 검사자의 평균값을 사용하였다. 탈회 깊이는 대조군, 불소군, 레진 침투군에서 각각 평균 $112.23 \pm 58.73 \mu\text{m}$, $80.85 \pm 31.41 \mu\text{m}$, $78.68 \pm 39.54 \mu\text{m}$ 였다. 대조군, 불소군, 레진 침투군의 순서대로 탈회 깊이가 줄어들었으며 불소군과 레진 침투군은 대조군에 대해서는 유의한 차이를 보이지만 두 군 간의

유의한 차이는 없었다. 이것은 불소 적용 후 재광화 용액에 보관하는 과정을 5회 반복한 불소에 의한 재광화 효과와 공극으로의 레진 침투가 치아면의 탈회 공간을 감소시켜 산의 침투, 무기물의 용해를 낮추는 효과가 비슷함을 의미한다 (Robinson C 등, 2001). 레진 침투를 한 후 우식 부위의 60%까지 탈회 공간을 감소시켰으며 탈회 저항성이 있다는 Robinson 등의 보고(Robinson 등, 2001) 와도 비슷한 결과를 보여준다.

SEM을 사용하여 치아 탈회면을 관찰한 결과에서도 대조군, 불소군, 레진 침투군의 순서대로 표면 거칠기 및 불규칙성이 감소하였다. 아무 처리를 하지 않은 대조군은 법랑질 표층의 탈회로 광물질 소실이 생겨 표면이 거칠고 불규칙한 양상을 보였다. 불소군은 대조군에 비해 표면 거칠기 및 불규칙성이 감소하였는데 이는 불소가 법랑질 표면에서 불화칼슘과 불화인회석을 형성하여 재광화가 일어난 것으로 생각할 수 있다. 마지막 레진 침투군은 다른 두 군에 비해 치아 표면이 보다 매끄러웠는데, 법랑질이 탈회되어 생긴 공극으로 레진이 침투되어 산에 대한 저항성이 생긴 것으로 설명할 수 있다.

본 실험에서는 건전한 우치에 인공 우식을 유발하였다. 자연 우식과 인공 우식의 차이점, 그리고 우치를 이용한 실험이기 때문에 실제 사람의 구강 내 초기 우식 부위에 재료를 적용하였을 때와는 다소 다른 한계가 있을 것이다. 우치는 사람의 치아 보다 더 다공성을 나타내는데 미네랄 함유량도 적어 인공 우식의 진행이 3배 빠른 것으로 보고되었고(Featherstone JD와 Mellberg JR, 1981; Meurman JH과 Frank RM, 1991), 사람 치아의 법랑질 강도는 우치의 법랑질보다 약 10배 더 높다는 보고도 있다(Rios D, 2006). 그러나 상반되는 다른 연구들은 우치의 상아세관 직경은 사람의 치아보다 크지만 통계적으로 차이가 나지는 않으며 (Schilke R 등, 2000), 2005년 Falla-Sotelo 등은 두 집단의 법랑질과 상아질의

칼슘과 인 농도가 통계적 유의성이 없다고 하였고(Falla-Sotelo 등, 2005), Tanaka 등은 우치와 사람의 치아가 조직형태학적으로 유사하다고 하였다(Tanaka 등, 2008). 구강 내 초기 우식 부위에 레진 침투법을 적용할 경우 추가적으로 타액에 의한 재광화 효과를 기대할 수 있고, 자연 우식의 탈회 깊이가 인공 우식 탈회 깊이 보다는 더 깊은 것으로 보고되었기 때문에 (Kielbassa AM 등, 2005; Bergman G와 Lind PO, 1966) 실제 임상에서는 레진 침투가 더 깊이 이루어져 레진 침투법이 보다 효과적인 예방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

결론적으로 초기 우식 부위에 레진 침투법을 적용하였을 때, 치아 표면 거칠기와 불규칙성, 그리고 탈회 깊이가 감소하였다. 탈회 깊이에 대하여 레진 침투법과 불소 적용이 유의한 차이를 나타내지는 않았지만, 레진 침투법이 치아 표면 거칠기와 불규칙성을 보다 감소시키므로 치태의 침착량을 감소시키고 치태 제거와 구강위생 관리에 있어서는 더 효과적인 것으로 생각된다. 하지만, 임상 적용 시 2분 동안의 산부식, 깊은 레진 침투를 위한 3분 동안의 레진 적용, 그리고 레진의 2회 적용 등은 협조가 어려운 어린이에게 시술 시에는 문제점으로 사려된다.

V. 결론

본 실험은 초기 우식 부위에 레진 침투법과 불소 적용 후 탈회 저항성을 비교하기 위하여 전체 시편에 인공 우식을 유발한 다음 아무것도 적용하지 않은 대조군, 1.23% APF를 적용한 군, 레진 침투법을 적용한 군으로 분류하고 각 재료 적용 후 재탈회시켰다. 이후 CLSM을 이용하여 탈회 깊이를 측정하였고 SEM을 이용하여 법랑질 표면 거칠기와 불규칙성을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CLSM을 이용하여 탈회 깊이를 측정하였을 때 대조군, 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군 순으로 감소하였다.
2. 탈회 깊이는 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군이 대조군에 비해서는 유의성 있는 차이를 보이지만 두 군 간의 차이가 없었다($p < 0.05$).
3. 표면거칠기는 대조군에서 매우 거칠고 표면이 불규칙한 양상을 보였고 1.23% APF군, Icon® caries infiltrant군으로 갈수록 표면 거칠기와 불규칙성은 감소하였다.

평활면 인공 우식 부위의 탈회 저항성 실험에서 1.23% APF와 레진 침투법을 적용하였을 때 대조군보다는 탈회 깊이와 법랑질 표면 거칠기, 그리고 불규칙성이 감소하였지만, 1.23% APF와 레진 침투군 사이의 탈회 깊이는 차이가 나타나지 않았다. 하지만 법랑질 표면 거칠기와 불규칙성 감소를 나타내는 레진 침투법을 실제 임상에서 적용하는 치료를 시도해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

대한소아치과학회 : 소아청소년치과학, 신흥, 서울, 142-174, 2007.

이영선 : 불소함유 산부식용액 및 불소화합물의 처치가 법랑질에 미치는 영향.
Seoul: Graduate School, Yonsei University, 1994.

이정은 : 유치에서 하이드록시아파타이트를 첨가한 광중합 글라스아이오노머
시멘트의 탈회저항과 결합강도. Seoul: Graduate School, Yonsei University,
2009.

Backer-Dirks O : Post-eruptive changes in dental enamel. J Dent Res,
45:503-511, 1966.

Bergman G, Lind PO : A quantitative microradiographic study of incipient
enamel caries. J Dent Res, 45:1477-1484, 1966.

Croll TP, Killian CM, Miller AS : Effect of enamel microabrasion compound
on human gingiva: report of a case. Quintessence Int, 21:959-963, 1990.

Ekstrand KR & Martignon S : Managing approximal carious lesions: A new
non-operative approach Caries Research, 38:357-412, 2004.

Espelid I, Tveit AB : Clinical and radiographic assessment of approximal carious lesions. *Acta Odontologica Scandinavica*, 44:31–7, 1986.

Falla–Sotelo FO, Rizzuto MA, Tabacnicks MH, Added N, Barbosa MDL : Analysis and discussion of trace elements in teeth of different animal species. *Br J Physics*. 35:761–762, 2005.

Featherstone JD, Mellberg JR : Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res*, 15:109–114, 1981.

Gomez SS, Onetto JE, Uribe SA, Emilson CG : Therapeutic seal of approximal incipient noncavitated carious lesions: technique and case reports. *Quintessence Int*, 38:99–105, 2007.

Hsu AH, Wu SC, Wang CF, Ho WF : Electrochemical behavior of Ti–Cr in artificial saliva. *Journal of Alloys and Compounds*, 487:439–444, 2009.

Kielbassa AM, Gillmann L, Zantner C, Meyer–Lueckel H, Hellwig E, Schulte–Monting J : Profilometric and microradiographic studies on the effects of toothpaste and acidic gel abrasivity on sound and demineralized bovine dental enamel. *Caries Res*, 39:380–386, 2005.

Kim HE, Kwon HK, Kim BI : Application of fluoride iontophoresis to improve remineralization. *Journal of oral rehabilitation*, 36: 770–775, 2009.

Martignon S, Ekstrand KR, Ellwood R : Efficacy of sealing proximal early active lesions: an 18-month clinical study evaluated by conventional and subtraction radiography. *Caries Res*, 40:382–388, 2006.

Meurman JH, Frank RM : Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. *Caries Res*, 25:81–87, 1991.

Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM : Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res*, 41:223–230, 2007.

Pahlavan A, Dennison JB, Charbeneau GT : Penetration of restorative resins into acid-etched human enamel. *J Am Dent Assoc*, 93:1170–1176, 1976.

Paris S, Meyer-Lueckel H, Mueller J, Hummel M, Kielbassa AM : Progression of sealed initial bovine enamel lesions under demineralizing conditions in vitro. *Caries Res*. 40:124–9, 2006.

Paris S, Meyer–Lueckel H, Cölfen H, M. Kielbassa A : Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. *Dental Materials*, 23:742–748, 2007.

Paris S, Meyer–Lueckel H, Kielbassa AM : Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 86:662–666, 2007.

Rios D, Honório HM, Magalhães AC, Delbem AC, Machado MA, Silva SM, Buzalaf MA : Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: an in situ/ex vivo study. *Caries Res*, 40:218–223, 2006.

Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, Künzel W : Arrest and control of carious lesions: a study based on preliminary experiments with resorcinol–formaldehyde resin. *J Dent Res*, 55:812–818, 1976.

Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, Wood SR, Shore RC : In vitro studies of the penetration of adhesive resins into artificial caries–like lesions. *Caries Res*, 35:136–141, 2001.

Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W : Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol*, 45:355–361, 2000.

Schmidlin PR, Zehnder M, Pasqualetti T, Imfeld T, Besek MJ : Penetration of a bonding agent into De- and remineralized enamel in vitro. J Adhes Dent, 6:111–115, 2004.

Sheiham A : Is there a scientific basis for six-monthly dental examinations? Lancet, 2:442–444, 1977.

Tanaka JL, Medici Filho E, Salgado JA, Salgado MA, Moraes LC, Moraes ME, Castilho JC : Comparative analysis of human and bovine teeth: radiographic density. Braz Oral Res, 22:346–351, 2008.

Waggoner WF, Ashton JJ : Predictability of cavitation based upon radiographic appearance: comparison of two film types. Quintessence International, 20:55–60, 1989.

Abstract

Comparison in demineralizaion resistance of resin infiltration and 1.23% acidulated phosphate fluoride in bovine teeth

Doo Young Lee

Department of Dental Science

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Heung-Kyu Son, D.D.S., Ph.D.)

Dental caries frequently develop during the infant through adolescent period. The incidence of smooth and proximal dental caries is high, especially in primary dentition. But the patients may be unaware of incipient dental caries on adjacent proximal surface and don't have any symptoms until caries form a cavity. Proximal caries may cause loss of space. Therefore if a tooth has been diagnosed with incipient dental caries on its adjacent proximal surface, preventing progression of the lesion is needed. To this date, the prevention of incipient dental caries was achieved by using fluoride, using dental floss, sealant, control of oral hygiene, and dietary management. In a new method of prevention,

penetration of low viscosity resin has been tried in an attempt to arrest enamel carious lesions.

The aim of this study is to compare the differences of the demineralization resistance of resin infiltration and 1.23% acidulated phosphate fluoride in bovine teeth with artificial caries. We applied the 1.23% APF gel and Icon® caries infiltrant on the artificial bovine enamel carious lesion and then demineralized all samples. We measured depth of demineralization by using CLSM and observed roughness and irregularity of the enamel surface by using SEM. The results of this study were as follows:

1. Under CLSM, the control group showed deeper depth of demineralization layer than in the 1.23% APF gel and Icon® caries infiltrant group, and the Icon® caries infiltrant group showed the shallowest demineralization layer.
2. In 1.23% APF gel and Icon® caries infiltrant group, the depth of demineralization was significantly shallower than those of control group. But there was no significant difference between 1.23% APF gel and Icon® caries infiltrant group.
3. More roughness and irregularity of the enamel surface was observed in control group compared to the 1.23% APF gel and

Icon® caries infiltrant group. Icon® caries infiltrant group observed the least roughness and irregularity.

In an experiment with demineralization resistance on smooth artificial carious lesion, both 1.23% APF and Icon® caries infiltrant group observed less depth of demineralization, roughness, and irregularity of enamel than control group. And there was no significant difference with depth of demineralization between 1.23% APF gel and Icon® caries infiltrant group. But we think penetration of resin is worth doing due to less roughness and irregularity on the enamel surface than when using 1.23% APF gel.

Key words : Resin infiltration, Topical fluoride appliance, Incipient dental caries, Demineralization resistance