

평활면 초기 우식병소의 표면처리에 따른 조직상 및 접착제의 침투 양상 비교

김인영 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

국문초록

초기 법랑질 우식은 환자의 구강 위생 증진 및 국소적 불소 도포를 통해 재광화가 가능하나 이는 환자의 협조도에 전적으로 의존하게 되어 있어 임상적 효과를 확신하기 힘들다. 그 대안으로 병소 진행의 보다 초기 단계에 병소의 미세 다공구조를 광중합 레진으로 전색하는 시도가 행해져 오고 있다.

그러나 법랑질 초기 우식의 표층은 병소 본체에 비해 상대적으로 낮은 세공 용적으로 인하여 접착레진의 침투를 방해할 수 있다. 따라서 적절한 표면 처리를 통한 표층의 일부 혹은 전체의 제거가 접착레진의 침투에 중요하다. 그러나 아직까지 자연적인 법랑질 초기 우식 병소의 표면 처리에 관한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 평활면 법랑질 초기 우식에 대한 접착레진 적용 전 적절한 표면 처리 방법을 알아보고자 시행되었다.

인접면에 법랑질 초기 우식을 보이는 39개의 발거된 유치치를 각기 다른 방법의 표면처리를 시행한 바, 수세만 시행한 대조군인 1군, 15초간 15% 염산 처리한 2군, 15초간 35% 인산 처리한 3군, 30초간 35% 인산 처리한 4군, 0.5% 차아염소산나트륨으로 세척한 5군의 5개 군으로 이루어졌다. 각 군당 3개의 치아는 주사전자현미경으로 관찰하고, 나머지 24개에는 접착레진을 도포하고 그 절단 시편을 공초점 레이저 주사현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주사전자현미경 관찰 결과, 2군에서 가장 명백한 표층 제거가 관찰되었고, 3군과 4군에서는 일부 불규칙적인 표층 제거, 5군에서는 미약한 표층 제거가 나타났다.
2. 각 군의 평균 침투 깊이는 6.85~23.09 μm 로 측정되었으며, 침투 깊이의 군간 비교에서는 2군에서 가장 크게, 이어 4군, 3군, 5군, 1군의 순이었으며, 5군을 제외한 모든 실험군에서는 대조군에 비해 크게 나타났다. ($p < 0.01$)

주요어 : 인접면 초기 우식, 표층, 접착레진, 산 부식, 침투 깊이

I. 서 론

인접면 우식의 대부분은 초기 병소이다¹⁾. 초기 우식의 존재와 향후 우식 진행에 있어서의 그 중요성은 새로운 예방과 치료 전략의 필요성을 시사한다. 법랑질 우식 병소는 병소 본체 내의 무기물 소실과 그에 비해 상대적으로 높은 무기물을 포함하는 표층으로 특징지어 진다. 표층 하방 우식 병소가 진행되는 동안, 무기물은 법랑질로부터 용해되어 빠져나가 다공성이 증가 되는데 이는 임상적으로 '백색 반점'으로 나타난다^{2,3)}. 우식 발생 초기에는 이러한 병소가 정지 또는 재광화될 수 있으며⁴⁾, 대개 개인 구강보건의 개선이나 불소 적용 등을 통하여 이루어진다^{2,5)}. 그러나 이러한 대처방법은 이미 와동이 형성된 경우는 물

론, 우식 활성이 높거나 비협조적인 환자에서는 효과가 제한적이다⁶⁾. 또한 재광화가 이루어지더라도 무기질로 대체된 치아 기질은 차후의 산 공격에 여전히 취약할 수 있다⁷⁾. 그리고 병소가 상아질까지 진행된 경우에는 재광화 치료가 불가능하므로 와동 형성에 이은 수복 등 전통적인 침습적 치료가 일반적으로 추천 된다. 그러나 최근에는 이러한 초기 우식의 완전한 제거를 통한 침습적 치료가 필요한지에 대해 의문이 제기되고 있다⁸⁾.

평활면 초기 우식 병소의 진행을 막기 위한 보다 신뢰할 만한 대안으로 표층 하방의 병소에 낮은 점도의 광중합 레진을 침투 시켜 전색하는 방법이 소개되었다⁹⁻¹¹⁾. 법랑질 우식 병소의 다공성이 산과 용해된 무기물의 확산 경로의 역할을 하기 때문에, 레진을 이용한 이러한 다공성 경로의 폐쇄를 통해 우식의 진행

교신저자 : 김 신

부산시 서구 아미동 1-10/ 부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실/ 051-240-7450/ shinkim@pusan.ac.kr

원고접수일: 2008년 08월 27일 / 원고최종수정일: 2008년 11월 05일 / 원고채택일: 2008년 11월 14일

을 정지시킬 수 있다²⁾. 우식 유발 환경 하에서 전색된 평활면 병소의 우식 진행률이 감소되는 것이 알려진 바 있고³⁾, 전색제 하방에 우식 유발균이 잔존한 상황에서도 우식은 진행되지 않았다고 보고되었다²⁾. 이러한 레진의 침투는 병소의 다공성을 감소시켜 산의 침투와 용해 물질의 배출을 줄일 뿐 아니라 미약 하나마 조직을 기계적으로 지지하여 더 이상의 손상을 차단하는데 기여한다⁷⁾.

법랑질 우식 병소의 표층은 하방의 병소 본체와 비교하여 보다 낮은 세공 용적(pore volume)을 가진다²⁾. 인공 우식의 표층은 평균 두께가 15~30 μm 이고 무기질 함유량은 63~76 vol% 인 반면, 자연적인 우식 병소에서는 각각 40 μm 와 83 vol%로 보고되었다³⁾. 또한 법랑질 초기 우식 병소에서 하부 병소 부위는 20%에서 90%에 이르는 무기질 소실을 보이는 반면, 표층은 대략 8% 정도의 무기질 소실을 보여 상대적으로 덜 이화된 채 남아있는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾.

이와 같은 구조상의 차이로 인해 불침투성을 보이는 표층에 전처리를 시행하지 않은 경우 접착레진의 침투가 제한된다¹⁵⁾. 물과 같은 저점도 용액에 비해 높은 점성을 가진 치과용 접착레진은 병소 본체로의 접근을 위해 더 큰 세공을 필요로 한다. 이를 위해 diamond bur나 연마 strip 등으로 표층을 기계적으로 제거하려는 시도가 있었으나¹⁶⁾, 이 술식은 도말층을 발생시켜 병소 세공을 막을 수 있고 표층 삭제량을 조절하기 힘들며 특히 인접면에서 그러하다. 따라서 표층의 조절된 제거는 산부식을 통해서 이루어질 수 있다¹⁵⁾. 그러므로 접착레진을 침투시키기 위해 앞서 표층의 완전한 부식을 통한 전처리 술식은 병소 본체의 노출을 목적으로 한다.

그러나, 이와 관련된 대부분의 선행 연구들은 상대적으로 얇은 두께의 인공 우식 병소에 전색제와 접착제를 이용한 침투에 관해 검토하였다^{7,13)}. 그러나 인공 우식 병소가 아닌 자연적인 우식에 대한 저점도 접착 레진의 침투에 관한 보고는 거의 없었다. 또한 자연 우식에서는 인공 우식 병소에서와 같은 표면 처리방법을 이용해서는 접착 레진의 깊은 침투가 얻어지지 않았다²⁾. 이러한 자연 우식과 인공 우식의 침투 차이는 병소의 구조적 차이, 특히 표층과 관련하여 설명될 수 있다. 구강 내의 변화된 탈회와 재광화 순환으로 인해 자연 우식 병소의 표층은 명백하게 이질성을 띠고 인공 우식과 비교하여 보다 높은 무기질 함유를 보인다¹⁵⁾. 인공 우식과 자연 우식 병소간의 이러한 차이 때문에 인공 우식에 적용되는 산부식 술식이 자연 우식에도 적용될 수 있을 지와 인산이 자연 병소의 표층을 완전히 제거하는데 충분할 지는 의문의 여지가 있다. 이에 본 연구는 발견된 유구 치의 평활면 법랑질 우식에 다양한 표면 처리를 시행하여 그 양상을 관찰하고 접착레진의 침투에 미치는 영향을 비교 평가할 목적으로 시행되었다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

인접면의 명백한 백색 반점 병소를 보이는 탈락된 39개 유구 치를 대상으로 하였다. 재료로는 35% 인산 (Ultra-etch[®], Ultradent Products, Inc, U.S.A.), 35% 염산(Junsei Chemical Co., Japan)과 3차 증류수, 그리고 광중합형 레진 접착제는 Adper[™] Single Bond 2(3M ESPE Dental Products, U.S.A.)를 사용하였다. 공초점 레이저 주사현미경의 관찰을 위한 형광 염료로는 Rhodamine Red-X-IgG[®] (Sigma Aldrich Co., U.S.A.)가 사용되었다.

2. 연구 방법

1) 대상 치아의 준비

대상 치아는 연조직을 치주 큐렛을 이용하여 조심스럽게 제거한 후 실험 전까지 0.9% 염화나트륨 용액에 보관하였다. 잔존 치근부를 제거한 후 인접면 병소의 절반은 nail varnish로 피개하고 나머지 절반은 실험을 위해 노출시켰다.

2) 주사전자현미경 관찰을 위한 실험 과정

(1) 표면처리

대상 치아 중 15개 치아를 3개씩 5개 군으로 나누어 1군은 대조군으로서 표면을 15초간 수세, 2군은 15% 염산으로 15초간 산부식, 3군은 35% 인산으로 15초간 산부식, 4군은 35% 인산으로 30초간 산부식, 5군은 0.5% 차아염소산나트륨으로 15초 간 표면 세척을 시행하였다.

(2) 시편 제작 및 주사전자현미경 관찰

관찰을 위해 pH 7.4의 인산 완충 용액(Phosphate buffer solution, Sigma Aldrich Co., U.S.A.)으로 세척한 후 30%, 50%, 70%, 90%, 100%의 알콜에서 순차적으로 1시간씩 탈수한 후 상온에서 건조시켰다. 이후 Sputter coater 108 auto(Cressington Scientific Instruments Ltd., UK)를 이용하여 금 피복을 시행하였다. 준비된 시편을 주사전자현미경(JSM-6480LV, Jeol, Japan)으로 관찰하였다.

3) 공초점 레이저 주사현미경 관찰을 위한 실험 과정

(1) 표면처리 및 접착레진 적용

24개의 치아를 5개 군으로 나누어 1군은 15초간 수세, 2군은 15% 염산으로 15초간 산부식, 3군은 35% 인산으로 15초간 산부식, 4군은 35% 인산으로 30초간 산부식, 5군은 차아염소산나트륨으로 15초간 표면 세척을 시행하고 air syringe를 이용해 30초간 세척 후 15초간 건조를 시행하였다. 그 후 0.7 %g/ μl 농도로 Rhodamine Red-X-IgG[®]를 첨가한 Adper[™] Single Bond 2를 적용하여 30초간 방치한 다음, 과잉의 레진 접착제 제거를 위해 cotton으로 표면을 닦아내고, 3M Credi II (3M Unitek, U.S.A.)를 이용하여 15초간 광중합을 시행하였다.

(2) 시편의 제작

처리된 치아는 백색 반점 병소 부위의 중앙을 가로지르도록 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 절단한 후 SiC paper로 grit 320번에서 800번까지 연마하여 절편을 평활하게 하고, epoxy resin을 이용하여 slide glass에 접착시킨 후 표면을 연마 및 경면 활택하여 100 μm 두께의 조직시편을 제작하였다.

(3) 공초점 레이저 주사현미경적 관찰

시편을 공초점 레이저 주사현미경(Olympus fluoview 1000, Olympus, Japan)에서 400배의 배율로 관찰하였다. Rhodamine Red-X-IgG®를 구별하기 위하여 543 nm excitation filter와 600 nm pass filter를 사용하였다.

그리고 Olympus Fluoview Ver 1.6b Viewer 프로그램(Olympus, Japan)을 이용하여 시편별 침투 깊이를 측정하였고 침투 깊이의 가장 얇은 부위와 가장 깊은 부위의 평균을 그 시편의 침투깊이로 하였다.

4) 통계 분석

군간의 침투 깊이를 비교하기 위해 windows용 SPSS 12.0(SPSS Inc., U.S.A.)를 이용하여 99% 유의수준에서 one-way ANOVA test로 분석하였으며 Duncan test로 사후 검정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1) 주사 전자현미경적 관찰

관찰 결과, 건전 법랑질 표면(Fig. 1-A)은 표면에 다공성이 없이 평활한 양상을 보이고, 법랑질 백색 반점 병소 부위의 수세만을 시행한 1군의 법랑질 표면(Fig. 1-B)에서는 건전 치질

에 비해 불규칙한 법랑질 표면을 볼 수 있었다. 2군의 경우는 Silverstone¹⁷⁾에 의해 이전에 설명된 산부식의 3가지 형태 유형 중 I형(Fig. 1-C)과 II형(Fig. 1-D)이 관찰되었고 표층 법랑질이 완전하게 제거된 양상을 보였다. 3군에서는 II형(Fig. 1-E)과 III형(Fig. 1-F), 4군에서도 II형(Fig. 1-G)과 III형(Fig. 1-H)을 볼 수 있었고, 3, 4군의 표면은 2군에서 관찰된 것에 비해 제거된 정도가 작고 불규칙하게 나타났으며, 3군은 4군에 비해 표층 제거가 부족한 것을 관찰할 수 있었다. 5군은 불규칙한 표면 다공성을 나타내었다(Fig. 1-I, J).

2) 공초점 레이저 주사현미경적 관찰

공초점 레이저 주사현미경을 사용하여 평가한 각 군별 침투 양상은 Fig. 2와 같다. 접착레진의 평균 침투 깊이는 6.85~23.09 μm로 나타났으며, 2군에서 가장 높았고, 이어 4군, 3군, 5군, 1군의 순이었으며(Table 1, Fig. 2), 군 간에는 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 군 간 비교에서 보면 1군과 5군, 3군과 4군이 유사하였으며, 양 군 간에는 유의한 차이가 있었다. 또한 2군의 침투 깊이 역시 다른 군과는 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01).

Table 1. Descriptive statistics of average infiltration depth of adhesive

Group	Mean infiltration depth (μm) ± SD
1	6.85 ± 1.10 ^a
2	23.09 ± 2.88 ^c
3	12.70 ± 1.70 ^b
4	13.82 ± 3.72 ^b
5	8.37 ± 1.70 ^a

significance 0.000*
 * p<0.01, considered statistically significant; ^{abc} The same superscripts indicate no statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05).

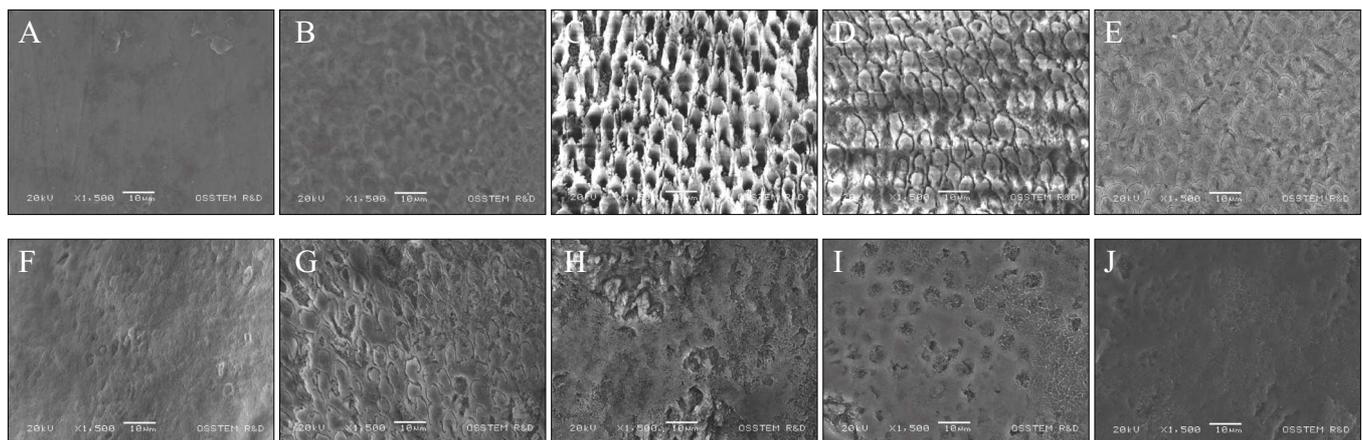


Fig. 1. The scanning electron micrograph of the pretreated surfaces of white spot lesions. A: sound enamel, B: surface of white spot lesion after prophylaxis, C, D: surfaces of white spot lesions after etching with 15% hydrochloric acid for 15 seconds, E, F: surfaces of white spot lesions after etching with 35% phosphoric acid for 15 seconds, G, H: surfaces of white spot lesions after etching with 35% phosphoric acid during 30 seconds, I, J: surfaces of white spot lesions after irrigation with sodium hypochlorite for 15 seconds. (X 1500)

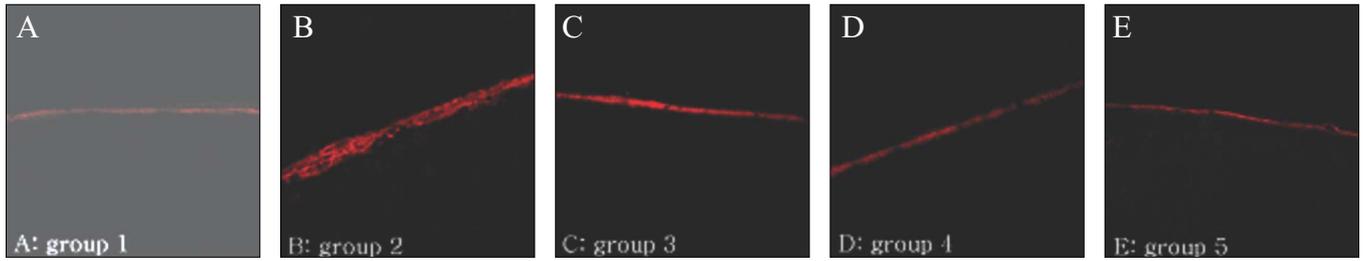


Fig. 2. Representative images of confocal laser scanning microscopy of the lesions applied with the resin adhesive.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

인접면 법랑질 초기 우식 병소를 전색하는 것은 전통적인 수복술을 근간으로 하는 침습적 치료법이나 재광화 치료와 비교하여 여러 가지 장점을 가진다. 침습적 치료와는 대조적으로 전색은 건전한 조직 뿐 아니라 탈회된 조직도 제거할 필요가 없어 치질 보존의 측면에서 의의가 크다. 그리고 재광화 치료는 환자의 협조도에 전적으로 의존하는 반면 전색치료는 그렇지 않기 때문에 결과적으로 우식 억제의 가능성이 더 크다. 동일 개체를 대상으로 1.5년간 관찰한 결과 전색을 시행한 병소의 77%에서 우식 진행이 일어나지 않은 반면, 치실 만을 사용한 대조군의 병소는 28%의 경우에만 우식이 정지되었다는 보고가 이러한 견해를 뒷받침해 준다¹⁸⁾.

이처럼 우식 병소 내로의 레진 침투는 와동이 형성되지 않은 초기 우식 병소에 효과적인 대응법이 될 수 있다. 사용된 모든 중합체는 대조군과 비교하여 추가적인 산의 공격에 대해 어느 정도의 보호효과를 제공하는데⁷⁾, 여기에는 여러 가지 기전이 있다. 첫째, 중합체가 병소 내의 무기질 일부를 덮어 산에 영향받지 않도록 만든다. 둘째, 중합체 자체에 의해 유도된 용해 무기질의 재침전이 확산을 제한할 수 있다⁷⁾. 마지막으로, 다공성의 병소 구조에 접착레진이 침투함으로써 기계적으로 강화될 수 있다²⁾.

다공성의 병소 구조의 폐쇄에는 전색제 보다는 접착레진을 이용한 침투 및 과잉 재료의 제거 술식이 선호된다¹⁹⁾. 그 근거로는 첫째, 확산 방어벽이 병소 표면의 상부에 위치하게 되는 열구 전색과는 대조적으로 평활면 초기 우식 병소 내로의 레진 침투는 레진이 손실된 무기물을 대체하여 병소 내부에 확산 방어벽을 형성하는 것이 목적이므로 접착레진의 침투를 통한 확산 경로의 폐쇄는 레진 층이 그 상부에 형성되는 열구전색법과는 구별되어야 한다²⁾. 둘째, 남아있는 과잉의 재료는 치태의 저류 부위로 작용하여 새로운 우식의 발생을 유도할 수 있으므로, 전색제를 이용할 경우에는 전색제와 치아 사이에 턱이 없는 긴밀한 변연을 얻는 것이 중요하나 이것은 현실적으로 매우 어려워 결과적으로 우식 발생을 초래할 위험이 증가될 수 있다. 이러한 위험은 인접면의 해부학적인 상황으로 인해 열구 전색처럼 변연부의 결함을 쉽게 검사할 수가 없어 더 커진다.

광중합 레진의 법랑질 우식 내 침투는 주로 모세관 힘(capillary force)에 의존하므로 세공의 직경과 용적은 침투 속도에 영향을 준다^{15,20)}. 초기 우식 병소의 표층은 비교적 세공용적이

작기 때문에 방어벽으로 작용하여 병소 본체로의 레진 침투를 차단할 수 있다. 이로 인해 표층의 일부 제거 혹은 천공은 레진의 병소 본체로의 성공적인 침투에 필수적이라 할 수 있다. 산 부식을 통해 표층의 일부를 제거하는 것은 무기질 이온을 하방의 병소 본체에 접근하기 좋도록 만들기 위해 표층의 다공성을 증가시키는 방법으로 고려되어 왔다^{21,22)}. 인공적인 병소에서는 37% 인산을 이용한 간단한 부식이 레진의 침투를 도울 수 있으나^{23,24)}, 보다 두껍고 광화된 표층을 가진 자연적인 병소에서는 이러한 산 부식 과정이 표층을 부식시키는 데에는 비효과적일 수 있다¹⁵⁾. Aoba와 Yagi²⁵⁾는 우식 병소 표층의 인회석 결정도가 인접한 건전 법랑질보다 더 높았다고 보고한 바 있고, Charles 등²⁶⁾과 이와 김²⁷⁾의 연구에서도 병소 법랑질이 건전 법랑질에 비해 내산성이 더 높은 것으로 확인되었다. 초기 우식 법랑질 병소 표층의 상대적으로 높은 내산성은 법랑질 표면을 보호하는 단백질 등의 거대 분자와 미량 원소, 그리고 법랑질 외층과 내층의 구조적 차이에 기인한다²⁶⁾. Meyer-Lueckel 등¹⁵⁾은 자연적인 우식 병소의 표층을 제거하는 데에는 37% 인산 젤은 부적절하였고, 15% 염산 젤이 표층을 완전히 제거한 것으로 나타나, 후자의 방법을 자연적인 법랑질 병소의 전처리 방법으로 추천하였다. 본 연구에서도 인산을 적용한 3, 4군 보다 염산을 적용한 2군에서 표층이 더 확실하게 제거되고, 부식 법랑질의 형태학적 유형도 보다 명확히 관찰되었으며 접착제의 침투도 높았다¹⁷⁾.

모세관 힘에 의한 레진의 침투는 시간 경과와도 강한 연관성을 가진다²⁸⁾. 이전의 연구에서 접착제 침투 시간에 대한 우식 예방 효과 및 레진의 침투 깊이를 비교한 결과^{19,28)}, 15초간 적용한 경우에 비해 30초간 적용한 경우에 침투가 유의하게 증가되었고 대략 적용 시간의 제곱근과 표층 부식간의 선형관계가 보고된 바 있어¹⁵⁾, 본 연구의 레진 침투 시간을 30초로 설정하였다.

Gomez 등²⁹⁾은 와동이 형성되지 않은 인접면 법랑질 병소에 레진을 침투시킨 결과 6 μm 이상의 tag가 형성하였다고 보고하였으며, 이런 물리적 장벽은 산에 대항하여 보호막으로 작용하기에 충분하며, 전색제 하방의 병소에 생존한 세균의 수를 감소시킬 수 있다³⁰⁾. 본 연구의 결과는 1~5군에서 평균 침투 깊이가 6.85~23.09 μm 였으며 대조군과 유의한 차이를 보인 2군과 3,4군은 각각 23.09 μm , 12.70 μm , 13.82 μm 의 평균 침투 깊이를 보여 법랑질 초기 우식의 예방에 있어 유용하다고 할 수 있다.

5군의 표면 처리로 이용한 차아염소산나트륨은 상온에서 유기 성분을 효과적으로 제거하는 비특이성 단백질 용해제이다³¹⁾. 법랑질에 대한 차아염소산나트륨의 적용은 단백질 등의 유기물질 제거의 결과로 표면의 변성과 투과도의 증가를 일으킨다^{32,33)}. 이에 대해 Barbosa 등³⁴⁾은 차아염소산나트륨을 이용한 석회화 조직의 처리는 유기물질 뿐 아니라 일부 무기질까지도 용해한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 침투 깊이에 있어 대조군과 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으며 주사전자현미경 관찰 결과, 표층의 제거에 부적절함을 확인할 수 있었다. (Fig. 1-I, J)

일부 연구에서는 평활면 법랑질 초기 우식 병소의 전색에도 불구하고 느린 속도로 우식 진행이 지속되었음을 보고한 바 있는데^{10,35)}, 그 이유로는 접착레진을 한 번만 적용한 것을 들 수 있다. 한 번 적용한 후 시간의 경과에 따른 전색의 효용성은 두 번 이상 적용한 경우에 비해 감소한 것으로 나타났다³⁶⁾. 이는 만약 실험 기간 동안 전색제의 유지가 완전하지 않거나 탈락된다면 우식 병소의 진행이 나타날 수 있음을 의미한다. 지속된 우식 진행의 또 다른 이유로는 침투된 레진의 열구 모양의 불균등성과 레진 층 내의 불완전하게 침윤된 부위를 들 수 있다^{19,35)}. 이러한 불균등성의 원인으로는 중합 수축, 불완전한 용매 증발 혹은 산소의 중합 방해, 그리고 자연적인 우식 세공 내의 단백질과 탄수화물과 같은 유기물질 오염에 의한 레진 침투 방해가 있을 수 있다²⁾. 적절한 표면 처리와 레진의 반복 적용을 통해 병소 본체 내부로의 깊은 침투 뿐 아니라 보다 균일한 레진 층을 형성할 수 있으며¹⁹⁾, 이러한 방법들을 통해 누출을 방지하여 병소의 진행을 더 효과적으로 억제할 수 있다⁷⁾.

임상적 상황에서 구치부 인접면 전색제의 유지상태를 검사하는 것은 쉽지 않다. 전색제의 매우 얇은 층은 확대경을 사용하더라도 보기 어렵다. 그러나 정상적인 인접 접촉을 보이는 인접면에서 방사선 사진 상 병소가 인지된 경우 교정용 탄성 고무로 치간이개를 시행하여 시진을 통해 직접 와동형성 여부를 확인할 수 있다. 이러한 방법은 진단의 목적으로 잘 확립되어 있고 더구나 임상적으로 인접면 전색 술식에 적절한 것으로 보고되었다¹⁸⁾.

본 연구에 이용된 15%의 염산은 법랑질 미세마모술에서 유사한 농도로 일반적으로 사용되고 있으며³⁷⁾, 이러한 염산의 사용과 관련하여 Croll 등³⁸⁾은 사람의 치은이 염산에 30초 이상 노출될 경우는 궤양이 발생할 수 있다고 하였다. 그러므로 강산의 임상적 사용에 있어 경조직과 연조직에 의도하지 않은 접촉은 가급적 피해야 한다. 이를 위해 러버덤, 연조직 보호제 도포 등을 사용한 치은 보호 및 인체 유해 가능성에 대한 고려 하에 세심하게 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 먼저, 사용된 치아는 각 병소의 개개 별 임상적 병력에 관한 지식 없이 자연탈락된 것이어서 병소의 활동성 상태는 후향적으로 평가될 수 밖에 없었다는 점을 들 수 있다. 즉 실험에 이용된 유구치는 치아의 종류, 병소의 깊이, 악궁 내의 위치에서 서로 차이를 가질 수 있으며 인접치와의 접촉

부위 역시 다를 수 있다. 이러한 요인이 실험에서 침투 깊이에 영향을 주었을 가능성이 있다.

두 번째로는, 공초점 레이저 주사현미경 관찰을 위해 이용된 형광물질이 접착레진과 혼합될 때 서로 다른 용액의 조성으로 인해 균일한 혼합이 얻어지기 힘들 수 있다는 점이다. 이는 동일 시편에서 형광의 발현정도가 다른 부위가 나타나게 하여 일정한 침투 양상을 얻는 데에 어려움을 초래할 수 있다³⁹⁾.

이러한 생체 외 연구의 한계에도 불구하고 본 연구에서는 15%의 염산이 35% 인산에 비해 얇은 자연 법랑질 병소의 표층을 부식하는데 보다 적합한 것으로 결론지을 수 있다. 그러므로 이러한 전처리가 레진의 침투에 앞서 자연 법랑질 우식 병소의 처치에 더 선호될 수 있다.

결론적으로, 평활면 내로의 접착 레진 침투는 치아를 수복하는 경우보다 조직 보호적인 측면이 강조된 접근법으로 최소 침습 치료의 개념에 충실하다. 비록 적용상에 세심한 주의가 요구된다 하더라도 본 연구의 결과를 통하여 접착 레진의 전색은 인접면 초기 우식 병소의 정지를 위해 유망한 접근 방법이라 할 수 있다. 그러나 이의 임상적 적용에 있어서는 안전하면서도 효과적인 적용을 위하여 젤 형태의 염산 제품, 그리고 보다 낮은 점도의 접착레진의 개발이 필요할 것으로 사료되었다.

V. 결 론

본 연구는 인접면 법랑질 초기 우식의 치료에 대한 새로운 개념으로서 접착레진의 침투에 적합한 표면 처리 방법을 알아볼 목적으로 시행되었다. 인접면에 법랑질 초기 우식을 보이는 발치된 유구치에 대해 대조군으로서 세척만 시행한 1군과 15초간 15% 염산을 처리한 2군, 15초간 35% 인산을 처리한 3군, 30초간 35% 인산을 처리한 4군, 0.5% 차아염소산나트륨을 이용한 세척을 시행한 5군으로 나누어 각각 표면처리를 시행한 후 이를 주사전자현미경으로 관찰하고, 이후 접착레진을 도포하여 그 시편을 공초점 레이저 주사현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 주사전자현미경 관찰결과, 2군에서 가장 명백한 표층 제거가 관찰되었고, 3군과 4군에서는 일부 불규칙적인 표층의 제거가 나타났으며, 5군에서는 미약한 표층 제거가 이루어졌다.
2. 공초점 레이저 주사현미경 관찰에서 각 군의 접착 레진 평균 침투 깊이는 6.85~23.09 μm 로 나타났다.
3. 침투 깊이는 2군에서 가장 큰 것으로 나타났으며, 이어서 4군, 3군, 5군, 1군의 순이었고, 5군을 제외한 모든 군은 대조군에 대해 유의하게 큰 침투 깊이를 보였다. ($p < 0.01$)

결론적으로 인접면 법랑질 초기 우식 병소의 표층 제거에 있어 가장 적합한 표면 처리 방법은 15% 염산을 이용한 경우로 이는 접착 레진의 보다 깊은 침투에 유용하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. Mejáre I, Källestal C, Stenlund H, *et al.* : Caries development from 11 to 22 years of age: A prospective radiographic study. *Caries Res*, 32:10-16, 1998.
2. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM : Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 86:662-666, 2007.
3. Franklin GG, James BS, Kevin JD : Caries progression of white spot lesions sealed with an unfilled resin. *J Clin Pediatr Dent*, 21: 141-143, 1997.
4. Featherstone JD : The continuum of dental caries-evidence for a dynamic disease process. *J Dent Res*, 83:39-42, 2004.
5. 임성수, 김용기 : Fluoride varnish 도포가 초기 법랑질 우식 병소의 재석회화에 미치는 영향에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 20:131-144, 1993.
6. Mejáre I, Källestal C, Stenlund H : Incidence and progression of approximal caries from 11 to 22 years of age in Sweden: A prospective radiographic study. *Caries Res*, 33:93-100, 1999.
7. Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, *et al.* : In vitro studies of the penetration of adhesive resins artificial caries-like lesions. *Caries Res*, 35:136-141, 2001.
8. Kidd EA : How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Res*, 38:305-313, 2004.
9. Schmidlin PR, Besek MJ : Atraumatic tooth separation and proximal sealing: filling the gap between preventive and restorative dentistry. *Pract Proced Aesthet Dent*, 15:65-69, 2003.
10. Gomez SS, Basili CP, Emilson CG : A 2-year clinical evaluation of sealed noncavitated approximal posterior carious lesions in adolescents. *Clin Oral Investig*, 9:239-243, 2005.
11. 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.
12. Mertz-Fairhurst EJ, Schuster GS, Williams JE, *et al.* : Clinical progress of sealed and unsealed caries. 1. Depth changes and bacterial counts. *J Prosthet Dent*, 42:521-526, 1979.
13. Kielbassa AM, Gillmann L, Zantner C, *et al.* : 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.
14. Gao XJ, Andreason P, Elliott JC : Scanning and contact microradiographic study of the effect of degree of saturation on the rate of enamel demineralization. *J Dent Res*, 70:1332-1337, 1991.
15. 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.
16. Croll TP : Bonded resin sealant for smooth surface enamel defects: new concepts in 'microrestorative' dentistry. *Quintessence Int*, 18:5-10, 1987.
17. Silverstone LM : Remineralization phenomena. *Caries Res*, 11:59-84, 1977.
18. Ekstrand KR, Martignon S : Managing approximal carious lesions: A new non-operative approach. Abstract of papers presented at the 51st ORCA Congress. *Caries Res*, 38:357-412, 2004.
19. Paris S, Meyer-Lueckel H, Mueller J, *et al.* : Progression of sealed initial bovine enamel lesions under demineralizing conditions in vitro. *Caries Res*, 40:124-129, 2006.
20. Paris S, Meyer-Lueckel H, Cölfen H, *et al.* : Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. *Dent Mater*, 23:742-748, 2007.
21. Hicks MJ, Silverstone LM : Internal morphology of surface zones from acid-etched caries-like lesions: a scanning electron microscopic study. *J Dent Res*, 64:1296-1301, 1985.
22. Larsen MJ, Pearce EI : Some notes on the diffusion of acidic and alkaline agents into natural human caries lesion in vitro. *Arch Oral Biol*, 37:411-416, 1992.
23. Gray GB, Shellis P : Infiltration of resin into white spot caries-like lesions of enamel: an in vitro study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 10:27-32, 2002.
24. Simonsen RJ : Pit and fissure sealant: review of the literature. *Pediatr Dent*, 24:393-414, 2002.
25. Aoba T, Yagi T : Crystallographic and structural alterations in the mineral phase of human enamel with caries attacks. *J Oral Pathol*, 11:201-209, 1982.
26. Charles QL, Zia S, Charles MC : Microscopic appearance of enamel white-spot lesions after acid etching. *Quintessence Int*, 26:279-284, 1995.
27. 이애련, 김신 : 탈회 및 재광화 후 법랑질 결정의 변화에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 21:67-85, 1994.
28. Paris S, Meyer-Lueckel H, Mueller J, *et al.* :

- Influence of the application time on the penetration of different dental adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. *Dent Mater*, 22:22-28, 2006.
29. Gomez SS, Onetto JE, Uribe SA, *et al.* : Therapeutic seal of approximal incipient noncavitated carious lesions: technique and case reports. *Quintessence Int*, 38:99-105, 2007.
30. Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JW Jr, Ergle JW, *et al.* : Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results at year 10. *J Am Dent Assoc*, 129:55-66, 1998.
31. Inaba D, Duschner H, Jongebloed W, *et al.* : The effects of a sodium hypochlorite treatment on demineralised root dentine. *Eur J Oral Sci*, 103:368-374, 1995.
32. Robinson C, Hallsworth AS, Shore RC, *et al.* : Effect of surface zone deproteinisation on the access of mineral ions into subsurface carious lesions of human enamel. *Caries Res*, 24:226-230, 1990.
33. Bitter NC : A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: A preliminary report. *J Prosthet Dent*, 67: 852-855, 1992.
34. Barbosa SV, Safavi KE, Spangberg LSW : Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine. *Int Endod J*, 27:309-312, 1994.
35. Meyer-Lueckel H, Paris S : Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. *Caries Res*, 42:117-124, Epub 2008 Feb 28, 2008.
36. Llodra JC, Bravo M, Delgado-Rodriguez M, *et al.* : Factors influencing the effectiveness of sealants—a meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*, 21:261-268, 1993.
37. 김신, 최외임, 하은숙 등 : Enamel microabrasion. *대한소아치과학회지*, 19:376-381, 1992.
38. Croll TP, Killian CM, Miller AS : Effect of enamel microabrasion compound on human gingiva: report of a case. *Quintessence Int*, 21:959-963, 1990.
39. 박병철, 조영곤, 문주훈 : 공초점레이저주사현미경을 이용한 심미수복재와 상아질 접촉계면에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 25:313-320, 2000.

Abstract

HISTOLOGIC FEATURE AND INFILTRATION OF ADHESIVE RESIN ACCORDING TO
PRETREATMENT ON PROXIMAL EARLY CARIES LESION

In Young Kim, Tae Sung Jeong, Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University

Early enamel caries is commonly remineralized by the patient's improved oral hygiene or fluoridation, however the result is clinically unreliable. As an alternative, we tried to seal the lesions with low-viscosity light-curing resin.

The aim of the present study was to search the proper methods of the adequate pretreatment prior to applying adhesive resin on natural proximal caries lesions.

Thirty nine extracted deciduous molar teeth showing proximal early caries lesion were used for this study. They were divided into 5 groups : Group 1; only carefully cleaned with water, group 2; etched with 15% HCl for 15s, group 3; etched with 35% phosphoric acid for 15s, group 4; etched with 35% phosphoric acid for 30s, and group 5; cleaned with 0.5% NaOCl.

Following results were obtained by evaluating with SEM and CLSM after applied with adhesive resin.

1. As a result of SEM evaluation, group 2 showed clearly removed surface layer, group 3,4 showed partially removed surface layer irregularly, group 5 showed slightly removed surface layer.

2. Group 2 showed the deepest infiltration depth, followed by group 4, group 3, group 5, group 1 and besides group 5, other groups showed significantly deep infiltration depth. ($p < 0.01$)

In conclusion, the best methods of the adequate pretreatment on natural proximal caries lesion for deep infiltration of adhesive resin was to etch with 15% HCl for 15s.

Key words : Proximal early caries lesion, Surface layer, Adhesive resin, Acid etching, Infiltration depth