

# 초기 우식 병소의 표층 처리에 따른 Resin infiltration의 우식 저지 능력 평가

김민정 · 이동수 · 김 신 · 정태성

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

## 국문초록

초기 우식 병소에 대한 비침습적 접근 방법인 resin infiltration은 병소 표층의 완전한 부식을 통해 병소 본체 내로의 레진 침투를 시도한다. 다양한 접착 레진을 사용한 레진 침투 효과는 레진 자체의 물성 뿐 아니라 표면 처리방법과 관련하여 그 깊이에 한계를 보여, 최근 흐름성이 높은 infiltrant resin과 염산을 사용한 최적의 표면 처리 방법이 소개되었다. 이러한 접근은 비침습적인 방법임에도 불구하고 표층 제거에 따른 논란이 여전히 존재하므로, 본 연구는 표층 제거를 통한 레진의 침투깊이 강화가 우식저지 능력을 향상시키는데 기여할 수 있는지의 타당성을 평가하기 위해 시도되었다.

인접면에 초기 우식 병소를 보이는 탈락된 유구치에서 우식의 깊이가 법랑질 내층에 국한된 시편을 선택하였다. 시료의 표면 절반에 35% 인산으로 30초간 처리하고 ethanol 처리 및 infiltration을 시행한 1군과 시행하지 않은 2군, 35%인산으로 60초간 처리하고 동일한 처치를 시행한 3군과 시행하지 않은 4군, 15% 염산으로 120초간 처리하고 동일한 처치를 시행한 5군과 시행하지 않은 6군으로 분류하였다. 2주간 인공 우식을 유발하고 micro-CT를 촬영하여 처리 전후 병소의 방사선 밀도 변화를 관찰하고, 주사형 전자현미경으로 그 표면을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표층의 처리와 무관하게, 레진 처리를 시행한 모든 실험군에서 대조군에 비하여 인공우식 유발 후의 방사선 밀도 감소가 적었다( $p<0.05$ ).
2. 표층이 완전히 제거되어 레진 침투 깊이가 향상된 5군에서 방사선 밀도 변화가 가장 적었다. 1, 3, 5 군 간에 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).
3. 주사형 전자현미경 관찰 결과 5군보다 1, 3군에서 더 불규칙하고 광범위한 표층 파괴상이 관찰되었다.

**주요어:** 인접면 초기 우식, 표층, Resin infiltration, Micro-CT

## I. 서론

인접면 우식의 대부분을 차지하는 백반양 초기우식병소는 법랑질 표면에서의 탈회를 의미하는 첫 증상이다<sup>1)</sup>. 법랑질 우식 병소는 병소 본체에서 20~90%에 이르는 무기질 소실의 특성을 보이는 반면, 표층은 약 8% 정도로서 상대적으로 소실이 적다<sup>2)</sup>. 우식 발생 초기에는 이러한 병소가 정지 또는 재광화될 수 있기 때문에<sup>3)</sup>, 예방적 관점에서 구강 위생 강화와 적절한 식이 교육 및 불소 적용이 추천되어 왔다. 그러나 이러한 방법들은 우식활성이 높거나 비협조적인 환자에 있어서는 효과가 제한적이며<sup>4)</sup>, 재광화가 이루어지더라도 무기질로 대체된 치아 기질은 차후의 산 공격에 여전히 취약하다는 약점을 보인다<sup>5)</sup>.

우식 병소의 치료에 있어서 감염 조직의 완벽한 제거가 꼭 필요한지에 대한 의문이 제기되면서<sup>6)</sup>, 우식 치료의 목표로 우식의 완전한 제거 대신 병소 표층의 봉쇄가 제안되었다<sup>7)</sup>. 이러한 흐름과 함께 교합면 소와 열구의 봉쇄를 위한 전색 개념이 평활면까지 확대되어 적용되었다<sup>8-10)</sup>.

최근에는 평활면 전색에 있어서 새로운 대안으로, 표층을 제거한 뒤 병소 본체에 저점도의 레진을 침투시켜 유기산의 확산 통로로 작용하는 세공을 봉쇄하여 치아 우식증의 진행을 적극적으로 정지시키고자 하는 방법이 제시되고 있다<sup>11,12)</sup>. 이러한 평활면의 레진 침투가 기존의 소와 열구 전색이나 평활면 표층의 봉쇄를 시도한 therapeutic sealing과의 가장 큰 차이점은 병소의 표층에 과량의 레진을 남겨두지 않고 오로지 병소 본체

교신저자 : 정태성

경남 양산시 물금읍 범어리 / 부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 / 055-360-5181 / tsjeong@pusan.ac.kr

원고접수일: 2010년 07월 16일 / 원고최종수정일: 2010년 08월 28일 / 원고채택일: 2010년 09월 07일

내부로 침투한 레진에 의해 우식 정지 효과를 얻고자 하는 것이다<sup>13</sup>. 레진의 침투는 병소의 다공성을 감소시켜 산의 침투와 용해 물질의 배출을 줄일 뿐 아니라 조직을 기계적으로 지지하여 더 이상의 물리적 손상을 차단한다<sup>5</sup>.

이러한 새로운 접근법의 효과를 최대화하기 위해서는 먼저 다공성의 범람질 내부로 침투가 용이하도록 최소한의 점성을 가지면서 레진 고유의 물성을 유지하는 재료의 개발이 필요하며, 두 번째로 적절한 표층 처리를 통해 더 큰 세공을 노출시킴으로서 이들 재료가 보다 효율적으로 병소 본체까지 접근할 수 있어야 한다<sup>14,15</sup>.

이제까지 시행된 대부분의 선행 연구들은 범람질 병소 표층의 봉쇄를 위해 전색제와 접착제를 이용하여 우식 저지 효과를 검토하였으나, 통상적으로 사용하는 레진을 깊은 자연 우식 병소에 침투시키기 위해서는 많은 시간이 필요하며 침투 깊이에 있어서 한계를 가진다<sup>15</sup>. 최근 소개되고 있는 침투 레진은 기존의 레진보다 점도는 낮고 침투계수는 높아 범람질 병소 내부로의 빠른 침투에 더 적합한 것으로 평가되고 있다<sup>15,16</sup>. 또한 와동이 형성되지 않은 초기 우식 병소에서 표층의 제거는 병소 본체로의 성공적인 레진 침투를 위해 필수적인 과정으로, 15% 염산을 이용한 전처리가 기존의 35% 인산을 이용한 것보다 표층을 부식시키는 효과가 더 뛰어나다고 보고되고 있다<sup>16,17</sup>.

초기 우식 병소에 대한 resin infiltration은 최소 침습을 지향하는 최근의 경향을 가장 잘 반영한 접근 방법임에도 불구하고, 표층의 제거에 따른 논란이 여전히 존재한다. 통상적으로 재광화를 위해 보호되어야 한다고 알려진 초기 우식 병소의 표층이<sup>3</sup> 우식 유발 환경에서는 유기산 침투의 통로가 되는 반면, 우식 저지를 위한 레진 침투에 있어서는 장벽의 역할을 하고 있다.

본 연구는 와동이 형성되지 않은 초기 우식 병소에서 resin infiltration 시행 후의 우식 진행 양상을 확인하여, 표층 제거를 통한 레진의 침투 깊이 강화가 우식 저지 능력을 향상시키는데 기여할 수 있는지의 타당성을 평가해 볼 목적으로 시도되었다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

인접면에 비와동성 초기 우식 병소를 보이는 27개의 탈락한 유구치를 대상으로 하였다. 산 부식을 위하여 35% 인산 젤(Ultra-etch®, Ultradent Products, Inc, U.S.A)과 15% 염산 젤(ICON®-Etch, DMG, Germany)을, 그리고 레진 침투를 위해 99% 에탄올(ICON®-Dry, DMG, Germany)과 infiltrant 레진(ICON®-Infiltrant, DMG, Germany)을 사용하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 대상 치아의 준비

전체 시편 치아를 대상으로 방사선 사진을 통해 초기 우식 병소가 범람-상아 경계를 침범하지 않으면서 범람질에 국한된 시

편을 선택하였다. 시료로 선택된 치아는 실험 전까지 생리 식염수에 보관하였다.

#### 2) 시편 제작 및 micro-CT 촬영을 위한 zig 제작 및 촬영

대상 치아를 6개씩 3개 군으로 나누고 아크릴릭 레진에 포매한 후 백색 반점 병소가 시편의 가운데 위치하도록 diamond bur를 이용하여 가로 3 mm, 세로 5 mm, 두께 2 mm 크기의 시편을 준비하였다. 그리고 실험 전후에 있어서 우식 진행의 비교가 가능하도록 동일한 위치에서 tomographic view를 얻기 위하여 micro-CT촬영을 위한 zig를 제작하였으며, 미리 절단한 시편을 zig에 고정된 상태로 실험을 진행하여 촬영시 위치 재현에서의 오차를 최소화하기 위해 노력하였다. Resin infiltration 시행 전 각 시편의 micro-CT를 촬영하고 X-ray image viewer Version 4 (SHIMADZU, Japan) 프로그램을 이용하여 gray scale에 따른 방사선 밀도를 측정하였다.

#### 3) 표면 처리 여부에 따른 실험군 분류

준비된 시편에서 병소 표면의 절반을 유리 테이프로 차단하고 노출된 병소 절반을 35% 인산으로 30초간 산부식, 30초간 에탄올 처리 및 2분간 resin infiltration을 시행하고 40초간 광중합한 것을 1군, 유리테이프로 막아 아무런 처치를 하지 않은 절반을 2군으로 설정하였다. 노출된 병소를 35% 인산으로 60초간 산 부식 및 동일한 방법으로 에탄올 처리와 resin infiltration을 시행한 것을 3군, 처치를 하지 않은 4군, 그리고 15% 염산으로 120초간 산부식을 시행하고 동일한 처치를 시행하거나 하지 않은 5, 6군으로 분류하였다(Table 1).

#### 4) 열순환 및 인공우식 유발

모든 군의 시료 치아들을 5℃와 55℃에서 20초씩 계류시켜 1500회의 열순환을 시행한 후, 초기 우식병소를 제외한 부분은 nail varnish로 피개하였다. 그리고 시편들을 인공 우식 유발 용액(0.1 M lactic acid, pH 4.7, 포화도 2.98E<sup>-8</sup>)에 침적시킨 상태로 25℃ 항온기에 14일간 보관하여 인공 우식을 유도하였다. 사용된 인공 우식 유발 용액의 산도는 5% NaOH로, 포화도는 CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O와 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>로 조절하였다.

**Table 1.** Description of the groups (n=6)

Group	Description
1	resin infiltrant applied on non-cavitated early caries lesion pretreated with 35% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> for 30 seconds
2	no treatment on non-cavitated early caries lesion
3	resin infiltrant applied on non-cavitated early caries lesion pretreated with 35% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> for 60 seconds
4	no treatment on non-cavitated early caries lesion
5	resin infiltrant applied on non-cavitated early caries lesion pretreated with 15% HCl for 120 seconds
6	no treatment on non-cavitated early caries lesion

5) 인공우식 유발 후의 micro-CT촬영

아세트론으로 nail varnish를 제거한 후, 실험처리 전 촬영한 micro-CT와 동일한 위치에 시편이 부착된 zig를 위치시키고 동일한 조건으로 다시 촬영하였다. 동일한 방법으로 X-ray image viewer Version 4 (SHIMADZU, Japan) 프로그램을 이용하여 gray scale에 따른 방사선 밀도를 측정하고 시편 처리 전의 값들과 비교 분석하였다.

6) 주사형 전자현미경 관찰

전처리를 시행하고 인공우식을 유발한 1,3,5 실험군을 micro-CT 촬영 후 주사형 전자현미경 관찰을 위해 준비하였으며, 미리 준비한 대상 치아 중 남아 있는 9개 치아를 3개씩 3개 군으로 나누어 각각 표면을 35% 인산으로 30초간 산부식, 35% 인산으로 60초간 산 부식, 15% 염산으로 120초간 산 부식을 시행하였다.

관찰을 위해 pH 7.4의 인산 완충 용액(Sigma Aldrich Co., U.S.A.)으로 세척한 후 상온에서 건조시켰다. 이후 Sputter coater 108 auto(Cressington Scientific Instruments Ltd., UK)를 이용하여 금 피복을 시행하였다. 준비된 시편을 주사형 전자현미경(HITACHI S3500N, Japan)으로 관찰하였다.

7) 통계 분석

실험 전후에 각 시편의 병소 본체에서 방사선 밀도를 측정하여 그 변화를 비교하기 위하여 95% 유의수준에서 paired t-test로 분석하였다. 또한 실험군 간에 우식 유발 전후의 밀도 차이를 비교하기 위해 윈도우즈용 SPSS 12.0 (SPSS Inc., U.S.A)를 이용하여 95% 유의수준에서 one-way ANOVA test로 분석하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 인공우식 처리 전후 micro-CT 상의 비교

Micro-CT 영상 관찰 결과, 초기 우식 병소의 절반 중에서 전처리 및 레진 처치를 시행한 1군과 3군, 5군에서는 열순환 및 인공 우식 유발 전후의 밀도 변화가 미약하게 나타난 데에 반하여, 대조군으로 아무런 처리를 하지 않은 2군, 4군, 6군에서는 우식 유발 전의 상태에 비해 확연한 밀도 감소가 관찰되었다 (Fig. 1). 또한 각각 다른 표층 처리를 시행한 1군과 3군, 5군의 군간 우식 유발 전후 비교에서 15% 염산을 이용한 5군에서는 우식 유발 환경에서 거의 밀도 변화를 보이지 않았고 35% 인산을 적용한 1군과 3군에서는 미약한 밀도 감소를 보였다.

2. 인공우식 처리 전후의 방사선 밀도 변화

모든 군의 시편 처리 전후의 방사선 밀도를 측정하여 paired t-test로 분석한 결과, 실험군인 1군, 3군, 5군에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 대조군인 2군, 4군, 6군

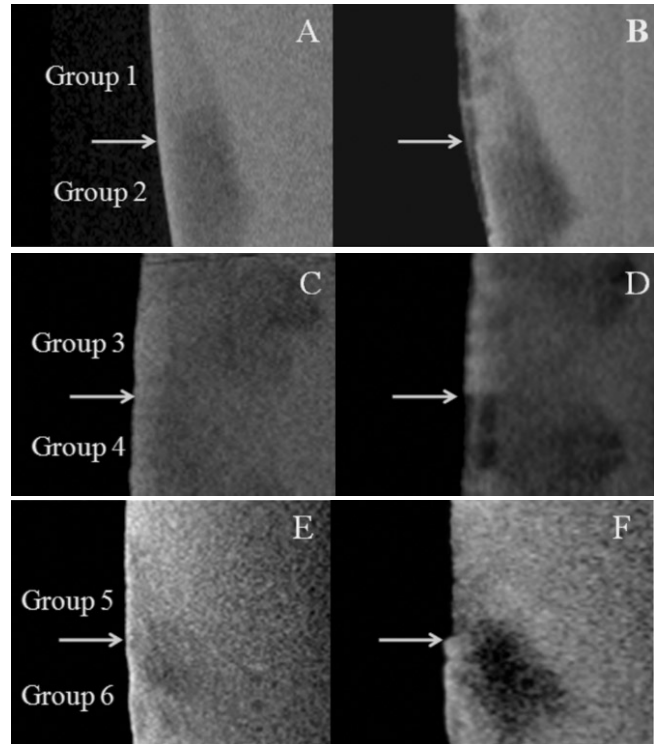


Fig. 1. The micro-CT images of the white spot lesions before and after infiltration and caries induction. A: pre-treated group 1 and 2. B: post-treated group 1 and 2. C: pre-treated group 3 and 4. D: post-treated 3 and 4. E: pre-treated group 5 and 6. F: post-treated group 5 and 6.

Table 2. Comparison of radiation intensity between pre- and post-treatment of white spot lesion (unit : gray scale)

group	number	radiation intensity		significance
		pre-treatment	post-treatment	
1	42	46,824 (72)	46,713 (60)	ns
2	42	46,516 (62)	45,960 (67)	**
3	42	47,724 (78)	47,619 (60)	ns
4	42	47,651 (65)	47,081 (52)	**
5	42	47,232 (60)	47,203 (62)	ns
6	42	47,207 (82)	46,639 (70)	**

\*\* p<0.05, Mean (SD)

에서는 우식유발 전후의 밀도에 유의한 차이를 나타내었다 (Table 2). 또한, 5군에서 우식 유발 전후의 가장 적은 밀도 변화를 나타내었으며, 1군, 3군, 5군의 전후 밀도 변화 간에 유의한 차이를 보였다. 각 군의 시편 처리 전후 방사선 밀도를 나타내는 line profile curve를 중첩하여 비교해 보았다(Fig. 2-4).

3. 시편의 주사형 전자현미경적 관찰

관찰 결과, 35% 인산으로 30초간 전처리를 시행한 법랑질 표면 (Fig. 5-A)에서는 Silverstone<sup>18)</sup>에 의해 설명된 산부식의 3가지 유형 중 II형이 관찰되었고, 35% 인산으로 60초간 전처리를 시행한 법랑질 표면 (Fig. 5-B)에서는 I형과 II형 그리고

III형 모두 관찰되었다. 15% 염산으로 120초간 전처리를 시행한 법랑질 표면(Fig. 5-C)에서 역시 I형과 II형의 산부식 양상을 관찰할 수 있었으며, 인산으로 전처리를 한 법랑질 표면보다 더 확연한 표층 법랑질의 제거 양상이 관찰되었다.

전처리 후 우식 유발과정을 거친 실험군의 표면 관찰 결과, 1군의 경우(Fig. 5-D, E) 표층의 법랑질은 거의 소실되고 레진

돌기의 흔적만 남은 상태이며, 부분적으로 레진의 균열과 소실 양상이 관찰되었다. 3군(Fig. 5-F, G)에서도 표층의 법랑질 소실을 보이며 레진돌기만 남은 상태로 부분적으로 레진의 균열이 관찰되었으며, 1군에 비해서는 레진돌기의 길이가 상대적으로 긴 것이 관찰되었다. 5군은(Fig. 5-H, I) 비교적 표면이 건전하게 유지되었으며, 매우 적은 표면 소실을 보였다.

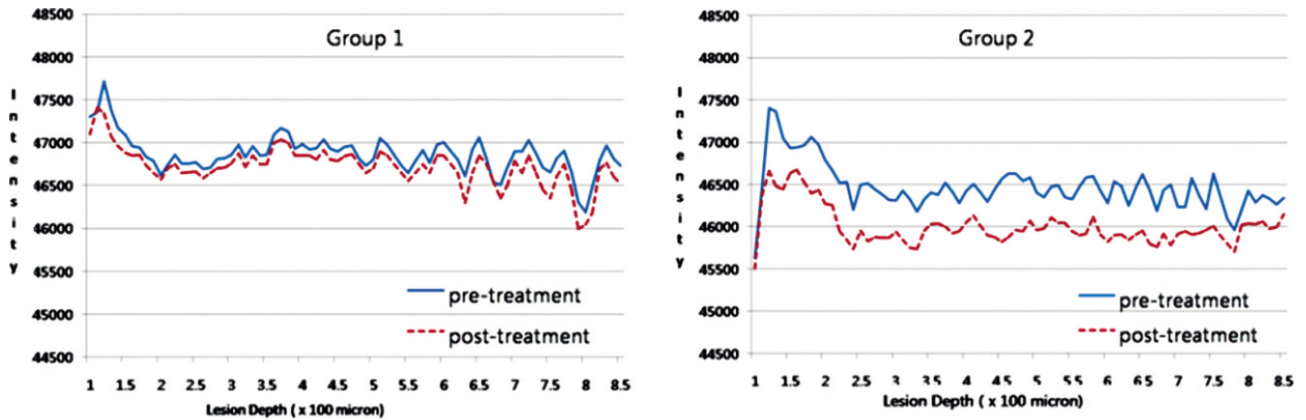


Fig. 2. The superimposed radiation intensity curves of the group 1, 2.

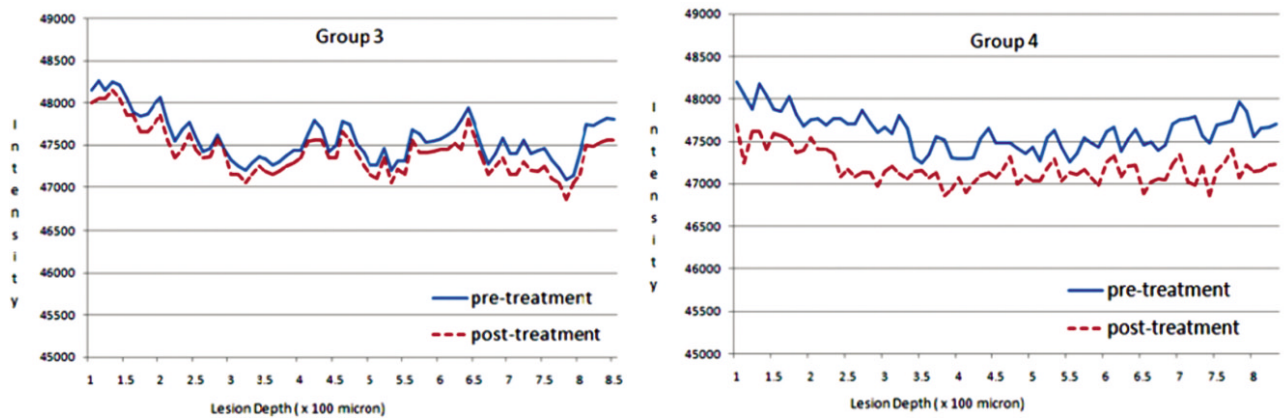


Fig. 3. The superimposed radiation intensity curves of the group 3, 4.

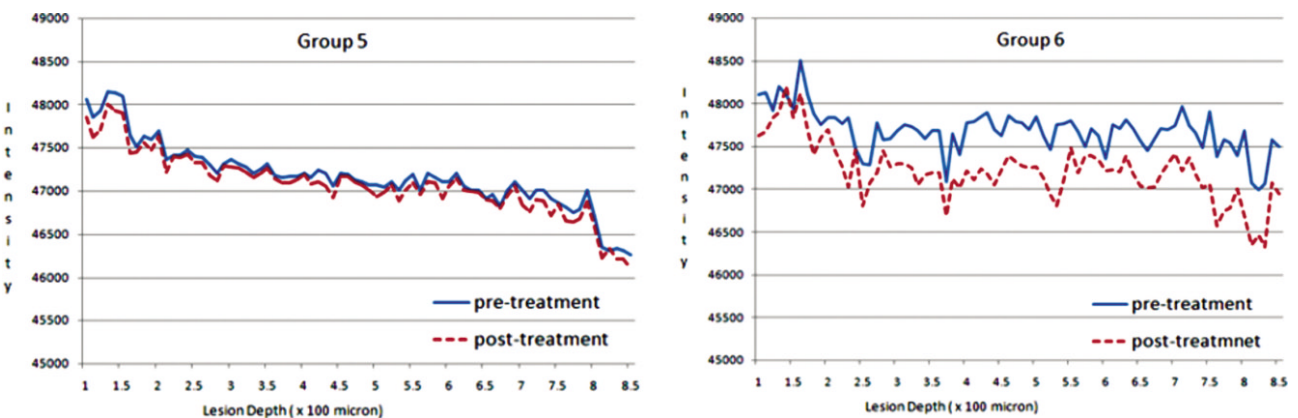
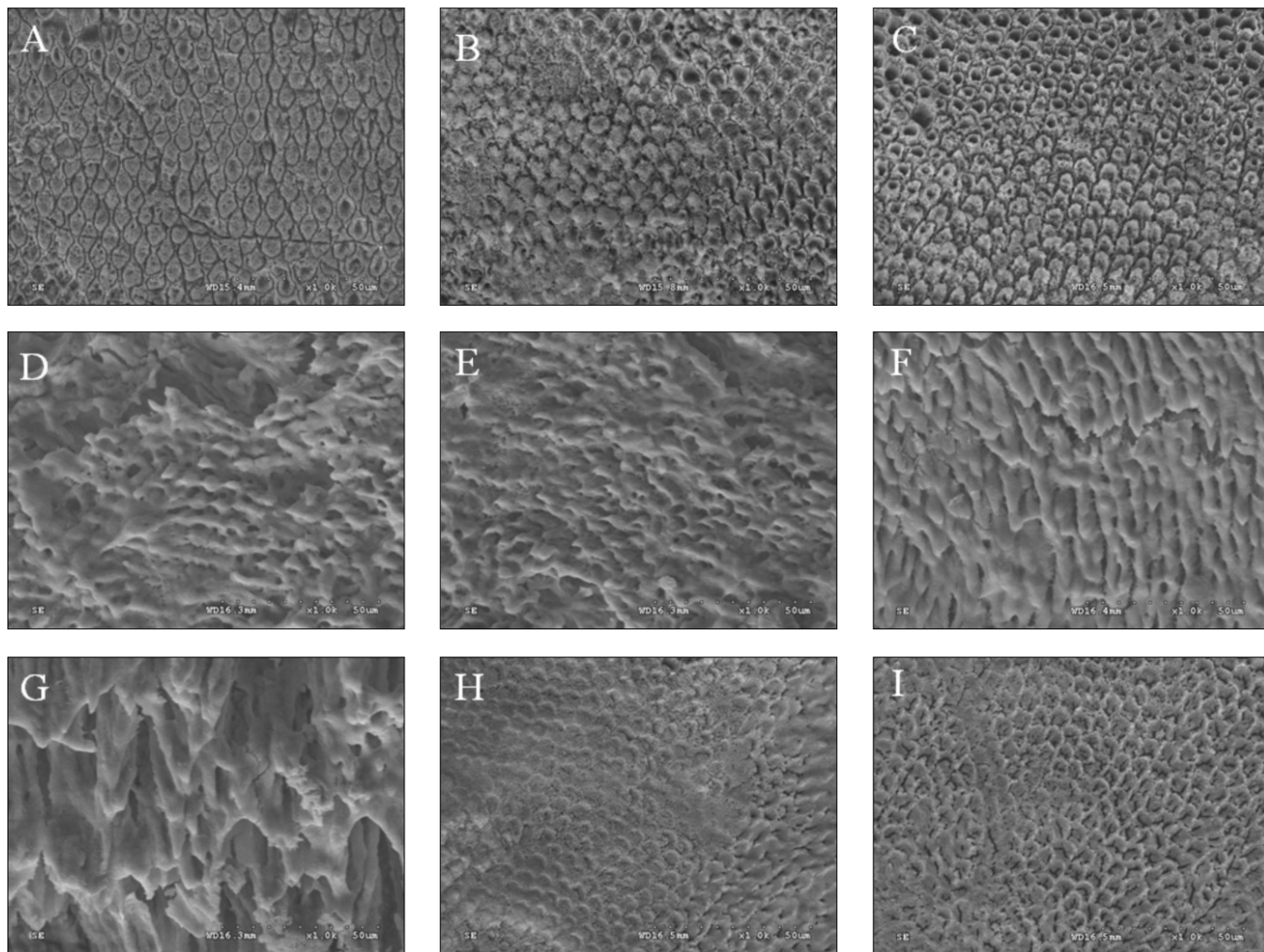


Fig. 4. The superimposed radiation intensity curves of the group 5, 6.



**Fig. 5.** The scanning electron micrographs of the surfaces of white spot lesions. A: surface of white spot lesions after etching with 35% phosphoric acid for 30 seconds. B: surface of white spot lesions after etching with 35% phosphoric acid for 60 seconds. C: surface of white spot lesions after erosion with 15% hydrochloric acid for 120 seconds. D, E: surface of group 1 after exposed to a demineralizing solution for 2 weeks. F, G: surface of group 3 after exposed to a demineralizing solution for 2 weeks. H, I: surface of group 5 after exposed to a demineralizing solution for 2 weeks. (× 1000)

#### IV. 총괄 및 고찰

인접면 법랑질 초기 우식병소에 대한 처치를 위해 다양한 접근법이 시도되고 있다. Foster<sup>19)</sup>는 3년의 관찰 기간 동안 영구치 인접면 초기 우식 병소의 92%가 상아질 방향으로 더 진행됨을 보고하였다. 이러한 초기 우식 병소의 잠재력을 고려했을 때 그 예방과 치료를 위해 획기적인 전략이 필요하다<sup>20)</sup>. 전통적으로 시행되어 온 수복을 바탕으로 한 침습적 치료나 환자의 협조도에 의존하는 재광화 치료의 단점을 극복하기 위한 시도로 인접면 법랑질 초기 우식 병소의 전색이 소개되었다. 1976년 Robinson 등<sup>21)</sup>이 최초로 평활면 우식의 전색을 시도한 이래, 우식 와동이 형성되지 않은 평활면 초기 우식을 전색 하는 다양한 연구가 진행되어 왔다<sup>8-10,22,23)</sup>. 이러한 접근 방법은 침습적 치료와는 대조적으로 건전한 조직 뿐 아니라 탈회된 조직도 제거

할 필요가 없어 치질 보존의 측면에 의의를 가지며 환자의 협조도에 영향을 받지 않는다. 접착제를 이용하여 평활면 표층의 봉쇄를 시도한 therapeutic sealing은 치실만을 사용한 대조군에 비해 임상적으로 병소의 진행을 현저하게 감소시켜 임상적으로 그 효능이 증명되었다<sup>9)</sup>. 그러나 비교적 높은 방사선학적 우식의 진행이 18개월 후까지 계속적으로 관찰되었으며, 이에 대해 Martignon 등<sup>9)</sup>은 이러한 접근이 우식을 정지시키는 것이 아니라 우식 진행을 지연시키는 효과라고 설명하였다.

Resin infiltration은 기존의 평활면 전색에서의 한계를 보완하여 더 확실하게 유기산의 확산통로를 봉쇄하고자 하는 시도로서, 레진침투를 방해하는 우식병소의 표층을 제거한 뒤 병소 본체에 저점도의 레진을 깊이 침투시켜 치아 우식증의 진행을 적극적으로 정지시키고자 하는 방법이다<sup>11,12,14)</sup>. 초기 우식 병소에 대한 resin infiltration이 기존의 소와 열구 전색이나 ther-

apeutic sealing과의 가장 큰 차이점은 다공성 병소 구조의 폐쇄에 있다. 이 방법은 침투 레진을 이용하여 병소 본체 내부로의 레진 침투를 시도하고 표층에 과량의 레진을 남기지 않는다<sup>13)</sup>. 이러한 처치는 레진 중합체가 병소 내부 무기질의 일부를 덮어 산에 의한 영향을 차단하며, 다공성의 병소 구조에 접촉 레진이 침투함으로써 기계적인 강화 효과를 얻는다<sup>14)</sup>. 또한 확산 방어벽이 병소 표면에 위치하는 열구 전색과는 달리 병소 본체 내부로 침투한 레진이 손실된 무기물을 대체하며 병소 내부에서 확산 방어벽을 형성하는 것이 그 목적이기 때문에 상부에 레진층을 남기지 않는다<sup>13)</sup>. 표면에 남아 있는 과잉의 재료는 오히려 치태 저류 부위로 작용하여 새로운 우식을 유발할 수 있으며, 인접면은 변연부의 결합을 쉽게 검사할 수 없는 해부학적 특성을 고려했을 때 새로운 우식 발생 위험이 더 크다<sup>24)</sup>.

이러한 새로운 접근방법이 그 효과를 최대화하기 위한 전제 조건으로는 첫째, 다공성의 범랑질 내부로 침투가 용이하도록 레진 고유의 물성을 유지하면서 최소한의 점성을 가지는 재료가 필요하다. 인공 우식 병소에 접촉제를 침투시킨 실험에서 병소 본체의 상당한 양이 폐쇄되었으며<sup>5,11,25)</sup>, 이러한 레진 침투를 시행한 병소에서 우식의 정지가 보고되었다<sup>12,24)</sup>. 그러나 Paris 등<sup>15)</sup>은 기존에 평활면 우식 예방을 위해 이용되어 온 접착제나 전색제는 침투 깊이에 한계를 가지기 때문에 레진 침투의 목적에 적합하지 않음을 지적하고 높은 침투 계수를 가지는 새로운 대체 물질을 연구하였다. TEGDMA와 HEMA, 20% 에탄올을 포함한 실험 레진에서 가장 높은 침투계수 및 낮은 점성과 접촉각을 보임을 밝히고<sup>15)</sup>, 이를 바탕으로 빠르고 깊은 침투에 적합한 새로운 infiltrant resin을 개발하였다. 자연우식 병소를 대상으로 다양한 종류의 레진 침투를 시행한 실험에서 기존에 사용되던 접착제보다 infiltrant resin이 현저하게 깊은 침투를 나타내었다<sup>16)</sup>. 둘째, 이들 재료가 병소 본체로 효과적으로 침투하기 위해서는 적절한 표면 처리를 통한 더 큰 세공의 노출이 필수적이다. 레진의 침투는 주로 모세관 힘(capillary force)에 의존하기 때문에 레진 자체의 물성 뿐만 아니라 세공의 직경과 용적도 침투 속도에 영향을 미친다<sup>26)</sup>. 초기 우식 병소의 표층은 비교적 세공 용적이 작기 때문에 그 자체가 방어벽으로 작용하여 병소 본체로의 효과적인 레진 침투를 차단할 수 있다. 그러므로 병소 본체로의 성공적인 레진 침투를 위해 세공의 확장은 필수적이다. 이를 위해 diamond bur나 연마 strip 등을 이용하여 표층을 기계적으로 제거하려는 시도가 있었으나<sup>27)</sup>, 이 기계적 제거 과정은 도말층을 형성하여 오히려 병소의 세공을 막을 수 있으며 균일하게 표층 삭제량을 조절하기 힘들다는 단점을 가진다. 따라서 기존의 산 부식과 같은 방법을 통해 표층의 제거를 조절하는 것이 가장 효율적이며, 레진 침투를 위한 전처리 술식은 접착을 위한 전처리보다 더 강력하게 표층의 완전한 부식을 통한 병소 본체의 노출을 목적으로 한다. Legler 등<sup>28)</sup>은 건전한 범랑질에 있어서 37% 인산을 30초, 60초간 적용했을 때의 평균 부식 깊이가 각각 16.7  $\mu\text{m}$ , 27.1  $\mu\text{m}$ 로 나타난다고 보고했다. 건전한 범랑질 상에서 37% 인산을 이용한 부식이 접착을 위한 표면 형성을 위해 임상적으로 사용되고 있

으나, 보다 두껍고 강화된 표층을 가지는 자연 우식병소에는 같은 정도의 산 처리를 시행하더라도 부식 효과가 저하될 수 있으며, 이는 병소 본체의 노출을 필요로 하는 레진 침투를 위한 표층 부식에는 비효과적일 수 있다. Charles 등<sup>29)</sup>은 우식병소의 범랑질이 건전한 범랑질에 비해 내산성이 높음을 보고한 바 있으며, 자연 우식 병소의 경우 표층의 평균 두께가 40  $\mu\text{m}$ 에 이른다<sup>26)</sup>. 따라서 본 연구에서는 구강 내에서 자연 발생한 초기 우식 병소를 대상으로 실험을 시행하여, 조직학적으로 다른 성질을 보이는 인공 우식 병소를 이용하여 실험했을 때 발생할 수 있는 문제점들을 극복하기 위해 노력하였다. Meyer-Lueckel 등<sup>26)</sup>과 김<sup>17)</sup> 등은 자연적인 우식 병소의 표층을 제거하는 데에 35% 인산은 부적절하였고, 15% 염산이 표층을 적절히 제거한 것으로 나타나 후자의 방법을 자연적인 범랑질 병소의 전처리 방법으로 추천하였다. 본 연구에서도 인산을 적용한 시편보다 염산을 적용한 시편에서 더 확실한 표층의 제거를 보였으며, 부식 범랑질의 형태학적 유형이 보다 명확하게 관찰되었다. 또한 레진의 깊은 침투에 따른 기계적 강화로 우식 환경에서 더 큰 우식 저항성을 보였다. 그러나 레진 침투 후에 치아 시편을 구강 내 환경에 직접 노출하지 못하고 생체 외에서 인공적으로 우식을 유발하였으므로 완전한 생체 내 환경을 재현하는 데 있어서 한계를 가진다.

Meyer-Lueckel 등<sup>13)</sup>은 인공 우식 병소에서 침투 레진을 이용하여 resin infiltration을 시행하고 다시 인공 우식을 유발한 실험에서 레진의 침투 계수가 클수록 병소의 진행이 적게 나타남을 보고했다. 또한 인공 우식 병소에서 resin infiltration을 시행하고 구강 내 환경에 노출시켰을 때에도 탈퇴에 저항성을 보이는 것이 보고되었다<sup>30)</sup>. 본 연구에서도 병소의 진행에 있어서 병소 본체의 직접적인 노출로 확장된 세공을 통해 레진 침투를 강화한 실험군에서 대조군과 유의한 차이를 보여 범랑질 초기 우식의 예방에 있어 레진 침투가 유용하다고 할 수 있다.

그러나 다른 모든 우식 치료와 마찬가지로 지속적인 우식 환경에서는 레진 침투 역시 완벽한 방어벽으로서의 역할을 기대하기 어려우며, 특히 표층의 파괴가 우식을 비가역적으로 만들 수 있으므로<sup>31)</sup> 초기 우식 병소의 재광화 기회를 박탈하는 것이 아닌지 의문의 여지가 있다. 표층이 손상되지 않은 경우 우식 부위의 재광화가 가능하기 때문에 임상적으로 표층의 중요성이 강조되고 있지만 이는 환자의 협조도에 전적으로 의존하는 방법으로 치과의사의 역할은 매우 제한적이다. Majare 등<sup>32)</sup>은 10대를 대상으로 인접면 우식의 진행 양상을 임상적, 방사선학적으로 15년간 관찰을 시행하여 지속적인 인접면 병소의 진행을 확인한 바 있다. 불소 제제의 적용을 통한 적극적인 재광화 시도가 가능하지만 우식활성이 높거나 비협조적인 환자에 있어서는 그 효과에 명백한 제한을 보인다<sup>1)</sup>. 이처럼 초기 우식 병소의 진행성 잠재력을 고려한다면 환자의 협조도에 전적으로 의지해야 하는 재광화 치료의 차선책으로서 resin infiltration이 침습적인 치료를 가능한 한 지연시킬 수 있는 유용한 방법으로 받아들여지고 있다<sup>33)</sup>.

연구치 인접면 우식의 대부분이 초기 우식 병소이다<sup>1)</sup>. 초기

평활면 우식의 최심부가 상아질에 도달하면 우식의 범위가 확산되어 넓어지며, 여기에서 병소가 더 진행되어 표층이 파괴되면 임상적으로 발견 가능한 와동이 형성된다<sup>34)</sup>. 연구에 따르면 인접면에 와동이 형성되어 수복 치료를 시행하는 과정에서, 치아 삭제에 의해 인접치가 손상된 경우가 70%였으며 이렇게 손상받은 치아는 건전한 다른 치아보다 우식으로 진행된 비율이 더 높다고 보고하였다<sup>35)</sup>. 또한 수복치료를 시행한 치아는 치료를 거듭할수록 더 많은 치질 삭제와 더 광범위한 치료가 수반된다. 따라서 정확한 진단과 환자의 구강 위생관리 능력을 고려하여 아직 와동이 형성되지 않은 초기 우식 병소에 레진 침투를 시행하여 병소의 진행을 정지시키거나 수복치료의 시기를 최대한 연기하는 것은 의미 있는 치료라 할 수 있다.

임상적인 적용에 있어서 15%의 염산은 법랑질 미세 마모술에서 이미 일반적으로 사용되고 있으며<sup>36)</sup>, 염산의 사용과 관련하여 Croll 등<sup>37)</sup>은 구강 내 치은이 염산에 30초 이상 노출되는 경우 궤양이 발생할 수 있다고 하였다. 그러므로 염산의 임상적 사용에 있어서 연조직 뿐 아니라 경조직에 의도하지 않은 접촉은 가급적 피해야 하며, 이를 위해 러버댐이나 연조직 보호제를 사용한 세심한 적용이 필요하다.

본 연구에서 이용한 micro-CT는 건전한 법랑질에 비해 조금이라도 탈회기 진행된 부분은 결함으로 감지할 수 있으며 이를 삼차원적으로 시각화해서 보여주고, gray scale의 변화에 따른 밀도의 측정이 가능하다. 이 실험 방법의 가장 큰 이점은 시편의 촬영에 있어서 탈회를 확인하기 위한 전처리나 시편의 단면화 과정을 거치지 않고 병소의 단면상과 탈회 정도를 확인할 수 있는 비파괴 실험이 가능하다는 것이다. 시편 처리 전후의 변화를 관찰하기 위해 동일한 촬영 환경을 유지했을 뿐 아니라 맞춤형 zig를 제작하여 시편의 동일 위치 재현을 위해 노력하였다. 그러나 편광현미경처럼 선명한 상의 단면을 보여주지 못하며, 공초점 레이저 주사 현미경과 같이 레진의 침투 깊이를 시각화하여 보여주지 못한다는 한계를 가진다. 또한 본 연구에 사용된 치아는 자연 탈락한 유구치로 개개 치아의 임상적 병력에 관한 평가가 이루어지지 않아 병소의 활동성에 대한 상태는 고려할 수 없었다는 한계가 있다. 비슷한 정도의 초기 우식 병소라 하더라도 치아의 종류, 악궁 내의 위치, 인접치와의 접촉 부위에 차이를 가질 수 있으며 이러한 요인이 실험에서 부가적인 우식 유발에 영향을 주었을 가능성이 있다.

이러한 생체의 연구의 한계에도 불구하고 평활면 초기 우식 병소에서 표층을 제거하고 레진의 침투를 강화한 resin infiltration에서의 우식 저지 효과를 확인할 수 있었다. 평활면 초기 우식 병소에서의 레진 침투는 우식 부위를 삭제하고 수복하는 경우보다 조직 보호의 측면이 강조된 접근법으로 최소 침습 치료를 지향하는 최근의 경향에 충실하다고 할 수 있다. 비록 적용상에 세심한 주의가 필요하며 제거된 표층으로 인한 물리적 물성 저하 가능성에 대한 평가와 보완을 위한 부가적인 연구에 대한 과제가 남아있으나, 본 연구 결과를 통하여 레진 침투는 평활면 초기 우식 병소의 정지를 위한 유망한 접근 방법이라 할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 인접면 법랑질 초기 우식 병소의 치료에 대한 새로운 접근으로서 표층을 제거하고 레진의 침투를 강화한 resin infiltration이 우식 저지 능력을 향상시키는 데에 기여할 수 있는지의 타당성을 평가해 볼 목적으로 시도되었다. 인접면에 초기 우식 병소를 보이는 유구치를 대상으로 하여 micro-CT 촬영을 시행하고 시편의 표면 절반에 35% 인산으로 30초간 처리하고 ethanol 처리 및 infiltration을 시행한 1군과 하지 않은 2군, 35%인산으로 60초간 처리하고 ethanol 처리 및 infiltration을 시행한 3군과 하지 않은 4군, 15% 염산으로 120초간 처리하고 ethanol 처리 및 infiltration을 시행한 5군과 하지 않은 6군으로 분류하였다. 2주간 인공 우식을 유발하고 초기 촬영과 동일한 평면을 찾아 micro-CT를 다시 촬영하여 처리 전후 병소의 방사선 밀도 변화를 관찰하고, 주사형 전자현미경으로 그 표면을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표층의 처치와 무관하게, 레진 처리를 시행한 모든 실험군에서 처리하지 않은 대조군에 비하여 인공우식 처리 전후의 방사선 밀도 변화가 낮게 나타났다( $p<0.05$ ).
2. 표층이 완전히 제거되어 레진의 침투깊이가 향상된 5군에서 인공 우식 처리 전후의 방사선 밀도 변화가 가장 작게 나타났으며, 1, 3, 5군간의 전후 밀도 변화에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).
3. Infiltration과 인공 우식 유발 처리 후의 주사형 전자현미경 관찰 결과, 5군보다 1, 3군에서 더 불규칙하고 광범위한 표층 소실 양상이 나타났다.

결론적으로 법랑질의 비와동성 초기 우식 병소에 대한 치료에 있어서 표층 제거를 통한 레진 침투 방법은 우식 저지에 긍정적인 효과를 가지는 것으로 판단되었다. 이를 통해 기대 수명이 긴 영구치의 침습적인 치료 시기를 연기하여 어린이가 영구치를 오랜 기간 건전하게 사용할 수 있도록 하는 것은 임상적으로 가치 있는 치료법이라고 할 수 있다.

## 참고문헌

1. Majäre 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. 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.
3. Featherstone JD : The continuum of dental caries evidence for a dynamic disease process. *J Dent Res*, 83:39-42, 2004.
4. Majäre 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.
5. 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.
  6. Kidd EA : How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Res*, 38:305-313, 2004.
  7. 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.
  8. Schmidlin PR, Zehnder M, Zimmermann MA, et al. : Sealing smooth enamel surface with a newly devised adhesive patch : a radiochemical in vitro analysis. *Dent Mater* 21:545-550, 2005.
  9. 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.
  10. Gomez SS, Onetto JE, Uribe SA, et al. : Therapeutic seal of approximal incipient noncavitated carious lesions : technique and case reports. *Quintessence Int*, 38:e99-105, 2007.
  11. 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.
  12. Muller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, et al. : Inhibition of lesion progression by penetration of resin in vitro : influence of the application procedure. *Oper Dent*, 31:338-345, 2006.
  13. Meyer-Lueckel H, Paris S : Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. *Caries Res*, 42:117-124, 2008.
  14. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM : Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 86:662-666, 2007.
  15. Paris S, Meyer-Lueckel H, Cölfen H, et al. : Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltration enamel carious lesions. *Dent Mater* 23:742-748, 2007.
  16. Meyer-Lueckel H, Paris S : Improved resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 87(12):1112-1116, 2008.
  17. 김인영, 정태성, 김신 : 평활면 초기 우식병소의 표면 처리에 따른 조직상 및 접착제의 침투 양상 비교. *대한소아치과학회지*, 36:30-37, 2009.
  18. Silverstone LM : Remineralization phenomena. *Caries Res*, 11:59-84, 1977.
  19. Foster LV : Three year in vitro investigation to determine the progression of approximal primary carious lesions extending into dentin. *Br Dent J*, 185:353-357, 1998.
  20. Featherstone JD : Prevention and reversal of dental caries : role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27:31-40, 1999.
  21. Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, et al. : Arrest and control of carious lesions: a study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. *J Dent Res*, 55:812-818, 1976.
  22. Ekstrand KR, Martignon S : Managing approximal carious lesions: a new non-operative approach. *Caries Res*, 38:361, 2004.
  23. 이금량, 안명기, 정태성 등 : 인접면 초기 우식 병소의 깊이 에 따른 therapeutic sealing의 유효성 평가. *대한소아치과학회지*, 36:394-403, 2009.
  24. 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.
  25. Davila JM, Bunocore MG, Greeley CB, et al. : Adhesive penetration in human artificial and natural white spots. *J Dent Res*, 54:999-1008, 1975.
  26. Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM : Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in penetration for resin infiltration. *Caries Res*, 41:223-230, 2007.
  27. Croll TP : Bonded resin sealant for smooth surface enamel defects : new concepts in 'microrestorative' dentistry. *Quintessence Int*, 18:5-10, 1987.
  28. Legler L, Retief D, Bradley E : Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 98:154-160, 1990.
  29. Charles QL, Zia S, Charles MC : Microscopic appearance of enamel white-spot lesions after acid etching. *Quintessence Int*, 26:279-284, 1995.
  30. Paris S, Meyer-Lueckel H : Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. *Caries Res*, 44(1):47-54, 2010. Epub 2010 Jan 16.
  31. McDonald RE, Avery DR, Dean JA : *Dentistry of child and Adolescent*, 8th Ed. Mosby, St. Louis, 203-219, 2004.
  32. Majäre I, Stenlund H, Zelezny-Holmlund C : Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood : A prospective 15-year Cohort study in Sweden. *Caries Res*, 38:130-141, 2004.
  33. Phark JH, Duarte S Jr, Meyer-Lueckel H, et al. :



- Caries infiltration with resins : a novel treatment option for interproximal caries. *Compend Contin Educ Dent, Spec No 3*:13-7, 2009.
34. Pinkham JR : *Pediatric dentistry : Infancy through adolescence*. Elsevier saunders, Iowa, 201-204, 2005.
35. Qvist V, Johannessen L, Bruun M : Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. *J Dent Res*, 71:1370-1373, 1992.
36. 김신, 최외임, 하은숙 등 : Enamel microabrasion. *대한소아치과학회지*, 19:376-381, 1992.
37. Croll TP, Killian CM, Miller AS : Effects of enamel microabrasion compound on human gingiva : report of a case. *Quintessence Int*, 21:959-963, 1990.

Abstract

THE ANTICARIOGENIC EFFECT OF RESIN INFILTRATION ACCORDING TO THE PRETREATMENT OF SURFACE LAYERS IN NATURAL INCIPIENT CARIES LESIONS

Min-Jeong Kim, Dong-Soo Lee, Shin Kim, Tae-Sung Jeong

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

As a most conservative, minimally invasive trial against early caries lesions, resin infiltration concept has been introduced and studied mainly about effective materials and pre-treatment methods of surface layers to arrest the lesion effectively, which is still going on.

This study was performed with an aim of evaluating the efficacy of arresting the caries process in the natural incipient lesions in spite of removing the surface layers and we obtained the results as follows:

1. It was revealed that infiltration groups(1, 3, 5) showed lower radio-density decline between pre- and post-treatment than control groups(2, 4, 6)( $p < 0.05$ ).
2. Group 5, in which the surface layer was removed with hydrochloric acid, showed the most significant anti-cariogenic effect( $p < 0.05$ ).
3. Under SEM evaluation after infiltration, group 1 and 3 showed more irregular destruction and intensive loss of surface layers than group 5.

In conclusion, it was thought resin infiltration can be an effective tool against the early caries lesions although surface layers are removed.

**Key words :** Incipient caries lesion, Resin infiltration, Surface layer, Micro-CT