인접면 초기 우식 병소의 깊이에 따른 therapeutic sealing의 유효성 평가

이금랑 · 안명기 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

국문초록

인접면 초기 우식병소에 대하여 레진 접착제를 도포하는 최소 침습적 개념의 therapeutic sealing은 치질 삭제가 불필요하다는 점에서 의미있는 술식으로 인정된다. 그러나 이 방법이 초기 우식병소의 법랑질 내 침투 깊이와 무관하게 여전히 유효할 것인지에 대해 의문이 들어 이번 연구는 그 유효성을 평가해 보기 위해 시도되었다.

인접면에 초기 우식병소를 보이는 발거된 소구치 21개를 대상으로 하고, micro-CT 촬영을 통해 병소의 깊이에 따라 분류하였다. 전체 시편을 병소가 법랑질 외층에 국한된 시편의 표면 절반에 접착제를 도포한 1군과 하지 않은 2군, 병소가 법랑질 내층까지 진행된 시편의 표면 절반에 접착제를 도포한 3군과 하지 않은 4군, 비와동성 초기 병소가 법랑-상아 경계까지 진행된 시편의 표면 절반에 접착제를 도포한 5군과 하지 않은 6군으로 분류하였다. 열순환 후 2주간 인공 우식을 유발하고 분류 과정과 동일한 평면을 찾아 micro-CT를 촬영하고 병소의 방사선 밀도 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인접면 초기 우식병소의 침투 깊이가 증가할수록 병소 본체의 방사선 밀도는 낮아지는 것이 관찰되었다.
2. 병소의 깊이에 무관하게, 레진 접착제를 도포한 모든 실험군에서 처리하지 않은 대조군에 비하여 인공 우식 처리 전후의 방사선 밀도 변화 가 작게 나타났다($p<0.05$).
3. 병소가 법랑-상아 경계에 도달한 5군에서도 레진 접착제를 도포하고 인공 우식 처리시, 실험 전후의 유의한 방사선 밀도 변화가 나타나지 않았다($p<0.05$).

주요어 : 인접면 초기 우식, Therapeutic sealing, 레진 접착제, Micro-CT, 방사선 밀도

Ⅰ. 서 론

평활면에 발생하는 법랑질 초기 우식은 광택이 없고 불투명한 백반양 병소로 나타난다. 이것은 하방 법랑질이 탈회된 것을 의미하는데, 단면상으로는 법랑질 표면에서 심부를 향해 좁아지는 원뿔 형태를 보이며 병소의 초기 단계에서는 교익 방사선상에 나타나지 않을 수도 있다[1]. 조직학적으로는 깊이에 따라 표층, 병소 본체, 암층, 투명층으로 구별되며, 이 중 표층은 광물질 소실이 5% 이내로서 비교적 우식의 영향을 받지 않는 최외곽 층을 말한다. 이 부분을 통해 불소, 칼슘, 인과 같은 광물질이 법랑질 외부와 내부로 확산될 수 있다. 백반양 초기 우식병소는 심부로 더 진행되거나 재광화 또는 정지될 수 있는데, 표층이 파괴되어 우식 와동이 형성된 경우에는 우식이 비가역적으로 전환되므로 치질 삭제에 의한 수복 치료가 불가피해 진다[2,3]. 따라서 법랑질 표층의 연속성이 파괴되기 전에 즉각적인 조치를 취하여 병소의 진행을 차단하려는 시도가 중요하다.

안 등[4]은 제 2유구치의 탈락 직후 제 1대구치 근심면 우식상태를 관찰한 결과, 건전한 경우는 34%에 불과했으며 이미 우식 와동이 형성된 것은 13%, 백반양 초기 우식을 보이는 것이 53%였다고 보고한 바 있다. 이처럼 높은 유병율을 보이는 제 1대구치 근심면의 초기 우식에 대해서 병소의 진행을 차단할 목적으로 구강위생을 강화하거나[5], 불소나 CPP-ACP(Casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate)제품을 이용한 재광화 촉진 등이 추천된다[6]. 그러나 이러한 접근방법들은 우식 활성이 높거나 비협조적인 환자에 있어서는 효과에 명백한 제한을 보인다[7,8]. 최근 소개되고 있는 최소 침습 치의학적

*교신저자 : **김 신***

부산시 서구 아미동 1-10 / 부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 / 051-240-7449 / shinkim@pusan.ac.kr

원고접수일: 2009년 06월 02일 / 원고최종수정일: 2009년 07월 24일 / 원고채택일: 2009년 08월 04일

개념에 입각한 therapeutic sealing은 치질의 삭제가 불필요하고 환자의 협조도에 의존하는 바가 적어 법랑질 초기 우식 병소에 보다 합리적인 대응방식이라 할 수 있다.

Therapeutic sealing은 평활면의 비와동성 초기 우식 병소에 대하여 산처리 후 접착제나 전색제를 도포해 줌으로써 법랑질 표층의 다공성 확산 창구를 봉쇄하고 초기 우식 병소의 진행을 차단하는 방법이다. 이 방식은 우식 유발 환경에서도 저항성을 보이며[9], 인접면 초기 우식 병소에 시행하여 2년의 관찰기간 동안 그 진행이 정지된 예가 보고된 바 있다[10]. 또한 Martignon 등[11]은 임상실험을 통해 그 효용성을 높게 평가하였다.

그간의 therapeutic sealing에 대한 연구에서는 대개 교익방사선 사진으로 그 효과를 평가하였으나, 비와동성 초기 병소의 탐지에는 정확도가 떨어지는 것으로 판단된다[12]. 따라서 본 연구에서는 병소 본체의 탈회도를 비파괴적으로 평가하는데 효과적인 미세전산화 단층촬영(micro-computerized tomography, 이하 micro-CT)을 이용하여 실험 전후의 단면상을 비교해 보았다.

한편 형광 분광계(fluorescence spectroscopy)로 비와동성 초기 우식 병소를 분석해 보면, 병소의 깊이에 따라 표면에너지의 차이로 인해 상이한 파장에서 정점을 나타내는데[13-15], 이는 비와동성 우식이라 할지라도 병소의 깊이에 따라 조직학적으로 표층의 탈회도와 법랑질 다공성 등도 다를 수 있음을 시사한다. 그렇다면 외층에 한정된 초기 우식 뿐 아니라, 법랑질 내층 및 법랑-상아 경계까지 도달된 초기 우식에도 therapeutic sealing이 효과적일지 의문이 제기될 수 있다. 따라서 본 연구는 비와동성 초기 우식 병소가 법랑질 외층, 내층 및 법랑-상아 경계까지 발생한 치아들을 대상으로 병소 깊이에 따른 therapeutic sealing의 유효성을 평가해 볼 목적으로 시도되었다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

교정 목적으로 발거된 소구치 중 인접면에 비와동성 초기 우식 병소를 가진 21개 치아를 대상으로 하였다. 시편의 산부식을 위하여 35% 인산 젤(Ultra-etch®, Ultradent Products, Inc, U.S.A)을, therapeutic sealing을 위해서는 레진 접착제(Scotchbond Multipurpose Adhesive, 3M Dental Products, USA)를 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 대상 치아의 준비

대상 치아는 인접면에 비와동성의 초기 우식 병소가 있는 부분 외에는 건전한 것을 이용하였으며 실험 전까지 생리 식염수에 보관하였다.

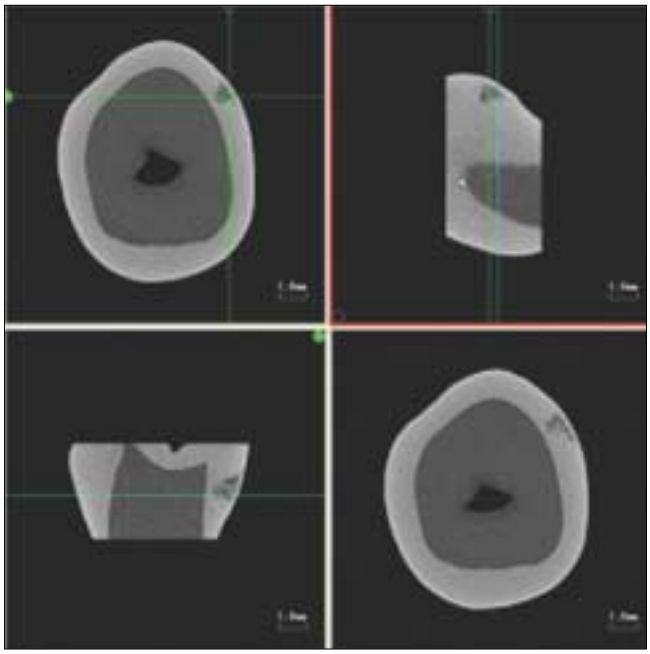

Fig. 1. Micro-CT images with line profiling and point scanning to evaluate the lesion depths of non-cavitated early caries.

2) micro-CT를 통한 병소의 깊이에 따른 실험군의 분류

전체 시편 치아를 대상으로 micro-CT(Inspexio SMX-90CT, SHIMADZU, Japan)를 통해 초기 우식 병소의 깊이를 측정하여 초기 우식병소가 법랑질 외층에 형성된 치아 7개, 법랑질 내층에 형성된 치아 7개, 법랑-상아 경계까지 침범된 치아 7개로 구분하여 준비하였다(Fig. 1). 또한 실험 시행 전 치아 선택의 신뢰도 검사를 실시하였는데 깊이별로 4개씩 총 12개의 치아를 무작위로 추출하여 2주후 동일인이 재측정하고 paired t-test를 통해 신뢰도 검사를 시행한 결과, 통계학적으로 유의한 차이가 없음을 확인하였다(p>0.05).

그리고 실험처리 전후의 비교가 가능하도록 동일한 위치의 평면에서 tomographic view를 얻기 위하여 기기 조작 상에서 소정의 과정을 거쳤다.

3) 전색 처리 여부에 따른 실험군 분류

Micro-CT 상으로 법랑질 외층에 국한하여 초기 우식 병소를 보이는 소구치에서 병소 전 표면의 하방 절반을 유리 테이프로 차단하고 상반부 절반을 35% 인산으로 15초간 산부식하여 레진 접착제를 도포하고 10초간 광중합한 것을 1군, 유리 테이프로 막아 아무런 처치를 하지 않은 하반부를 2군으로 설정하였다.

동일한 방법으로 초기 우식 병소가 법랑질 내층까지 파급된 시료를 대상으로 전색처리를 하거나 하지 않은 3, 4군, 그리고 병소가 법랑-상아 경계까지 파급된 시료를 대상으로 전색 여부에 따라 5, 6군으로 분류하였다[16](Fig. 2, Table 1).

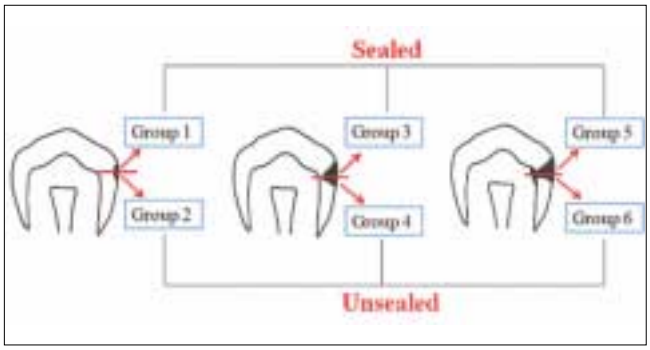

Fig. 2. Schematic presentation of the groups which were divided by the lesion depth of non-cavitated early caries.

Table 1. Description of the groups

Group	Description
1	resin adhesive applied on non-cavitated early caries lesion extended to outer half of enamel
2	no treatment on non-cavitated early caries lesion extended to outer half of enamel
3	resin adhesive applied on non-cavitated early caries lesion extended to inner half of the enamel
4	no treatment on non-cavitated early caries lesion extended to inner half of the enamel
5	resin adhesive applied on non-cavitated early caries lesion extended to DEJ without obvious spread into dentin
6	no treatment on non-cavitated early caries lesion extended to DEJ without obvious spread into dentin

(n=7)

4) 열순환 및 인공 우식 유발

모든 군의 시료 치아들을 5℃와 55℃에서 20초씩 계류시켜 1500회의 열순환을 시행한 후, 백반양 초기 우식병소를 제외한 부분은 nail varnish로 피개하였다. 그리고 시편들을 인공 우식 유발 용액(0.1 M lactic acid, pH 4.1, 포화도 $2.98E^{-8}$)에 침적시킨 상태로 25℃ 항온기에 14일간 보관하여 인공 우식을 유도하였다. 사용된 인공 우식 유발 용액의 산도는 5% NaOH로, 포화도는 $CaCl_2 \cdot 2H_2O$와 KH_2PO_4로 조절하였다.

5) 시편 처리 후의 micro-CT 촬영

아세톤으로 nail varnish를 제거한 후, 실험처리 전 분류단계에서 촬영한 micro-CT와 동일한 평면을 찾아 동일한 조건으로 다시 촬영하였다. 앞에서와 마찬가지로 X-ray image viewer Version 4(SHIMADZU, Japan) 프로그램을 이용하여 gray scale에 따른 radiation intensity를 측정하고 시편 처리 전의 값들과 비교 분석하였다.

6) 통계 분석

실험 시행 전 각 군 시료들의 병소 본체에서의 방사선 밀도를 측정하여 윈도우즈용 SPSS 12.0(SPSS Inc., U.S.A)를 이용하여 95% 유의수준에서 one-way ANOVA test로 분석하였으며 Turkey's test로 사후 검정하였다. 또한 실험 전후의 밀도 변화를 비교하기 위해서는 95%의 유의 수준에서 paired *t*-test로 분석하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 실험 시행 전 각 군의 방사선 밀도

각 군의 표층 하방 병소 본체에서의 방사선 밀도를 측정하여 one-way ANOVA test를 시행한 결과 1군과 2군, 3군과 4군, 5군과 6군은 각각 같은 집단임을 확인할 수 있었다. 또한 비와동성의 초기 우식 병소가 깊을수록 병소 본체의 방사선 밀도가 낮아짐을 알 수 있었다(Table 2).

2. 시편의 인공 우식 처리 전후 micro-CT 상의 비교

관찰 결과, 법랑질 외층에 한정된 초기 우식 병소의 상반부에 레진 접착제를 도포한 1군에서는 열순환 및 인공 우식 유발 전후의 밀도 변화가 거의 보이지 않았던 데에 반하여, 대조군으로 아무런 처리를 하지 않은 2군에서는 표층의 연속성이 상실되면서 처리 전 상태에 비해 밀도가 감소되었다(Fig. 3-A, B). 마찬가지로 therapeutic sealing을 한 3군과 5군은 열순환 및 산의 자극에도 표층이 건재하였으나, 대조군인 4군과 6군은 표층에 와동이 형성되면서 탈회가 진행되었음을 관찰할 수 있었다(Fig. 3-C~F). 각 군의 시편 처리 전후 방사선 밀도를 나타내는 line profile curve를 중첩하여 비교해 보았다 (Fig. 4~6).

3) 실험 전후의 방사선 밀도 변화

모든 군의 시편 처리 전후의 방사선 밀도를 측정하여 paired t-test로 분석한 결과, 대조군인 2, 4, 6군에서는 전후의 밀도에 유의한 차이를 보인 반면, 실험군인 1, 3, 5군에서는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 법랑-상아 경계까지 침범한 초기 우식 병소에 전색 처리한 5군에서도 병소가 법랑질에 한정된 1, 3군과 동일한 결과를 보여주었으므로 therapeutic sealing은 법랑-상아 경계를 침범한 병소에도 보호효과를 나타내었음을 알 수 있었다(Table 3, Fig. 7).

Table 2. The radiation intensity in micro-CT of experimental groups

group	number	radiation intensity
1	42	37,068 (± 83)[a]
2	42	37,057 (± 70)[a]
3	42	36,722 (± 45)[b]
4	42	36,720 (± 40)[b]
5	42	36,224 (± 40)[c]
6	42	36,207 (± 25)[c]

[a,b,c] The same characters indicate statistically no significant difference between the group ($p>0.05$). Mean (± SD)

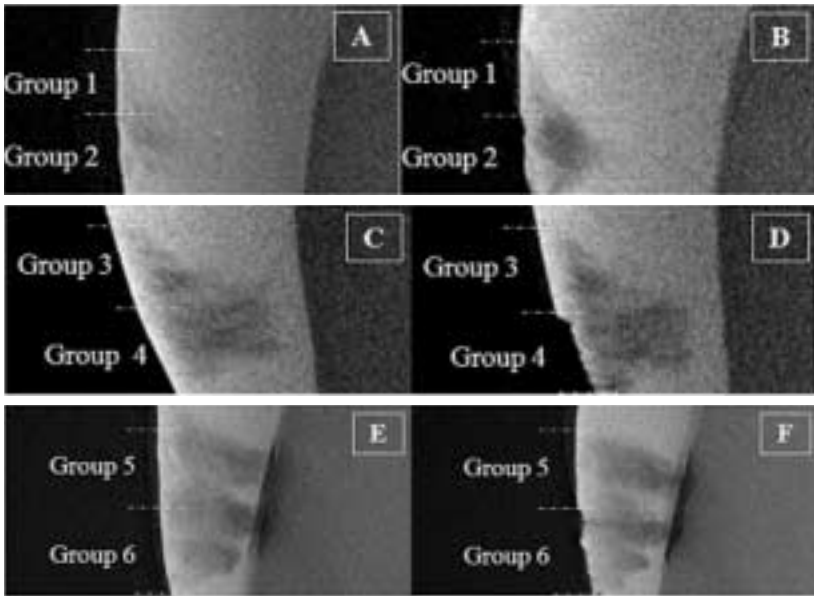

Fig. 3. The micro-CT images of the pre-treated and post-treated non-cavitated early caries lesion. A : pre-treated group 1, 2. B : post-treated group 1, 2. C : pre-treated group 3, 4. D : post-treated group 3, 4. E : pre-treated group 5, 6. F : post-treated group 5, 6.

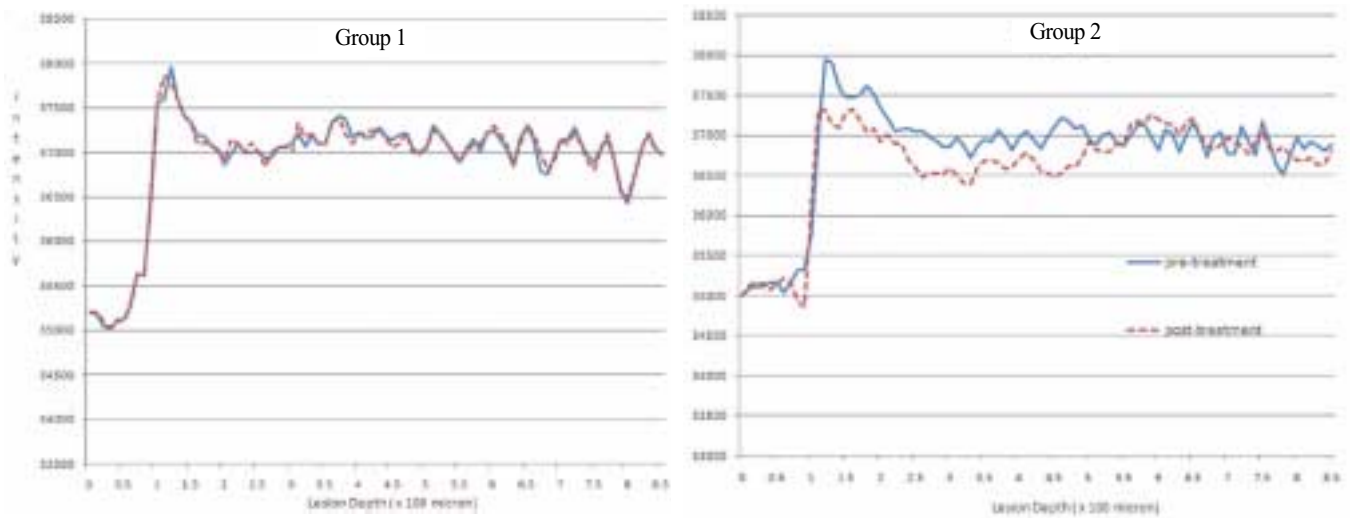

Fig. 4. The superimposed radiation intensity curves of the group 1, 2.

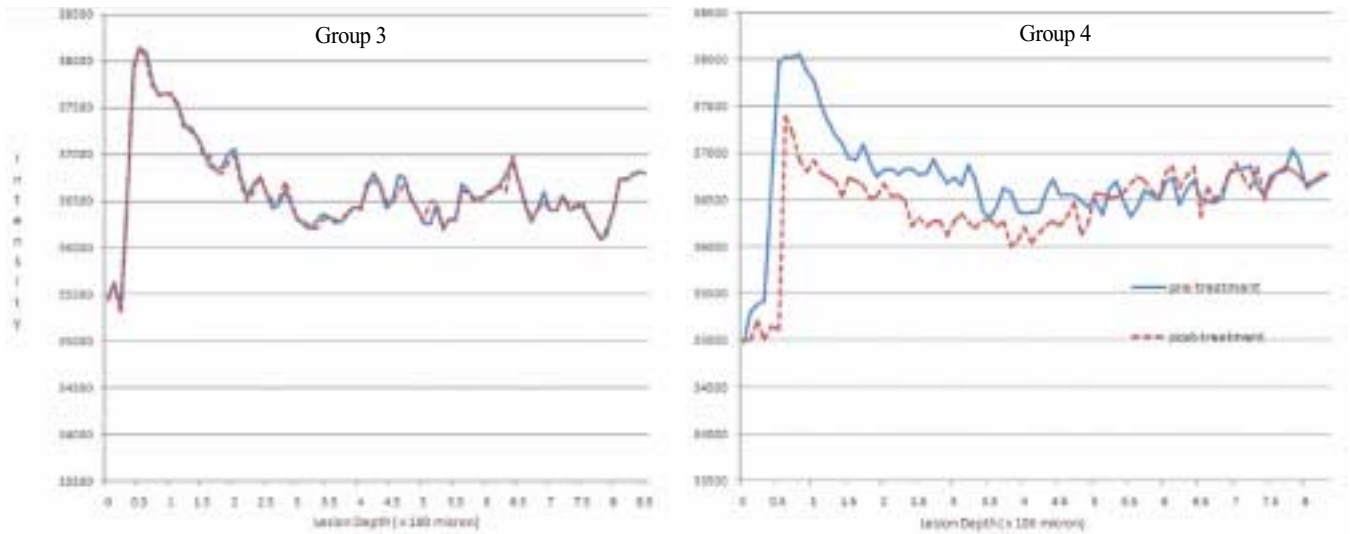

Fig. 5. The superimposed radiation intensity curves of the group 3, 4.

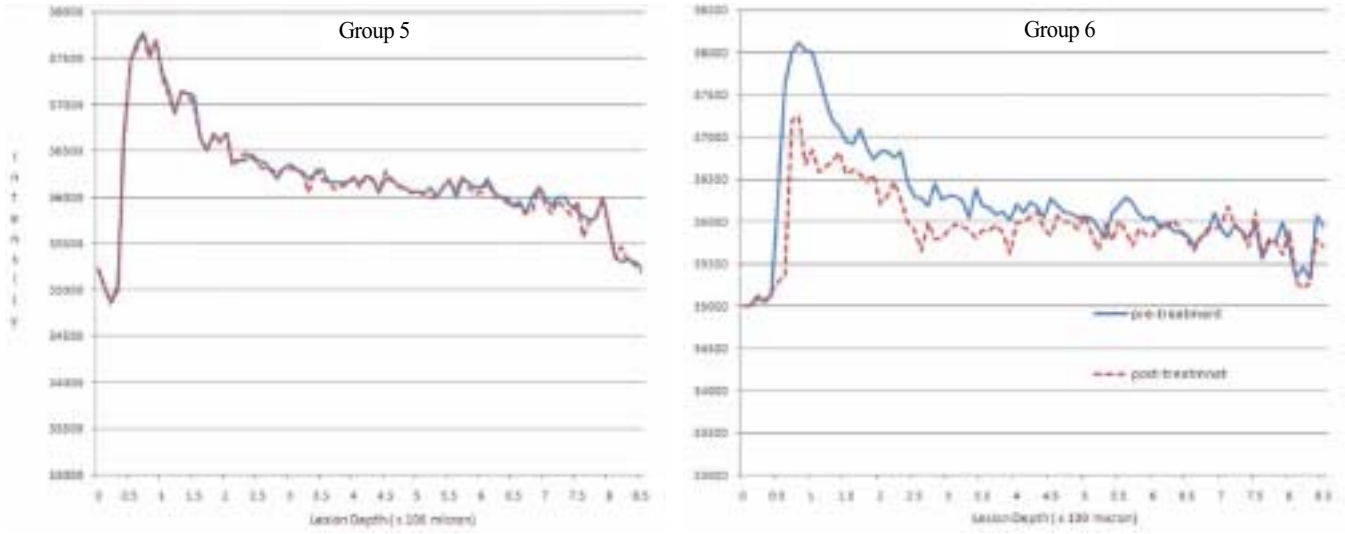

Fig. 6. The superimposed radiation intensity curves of the group 5, 6.

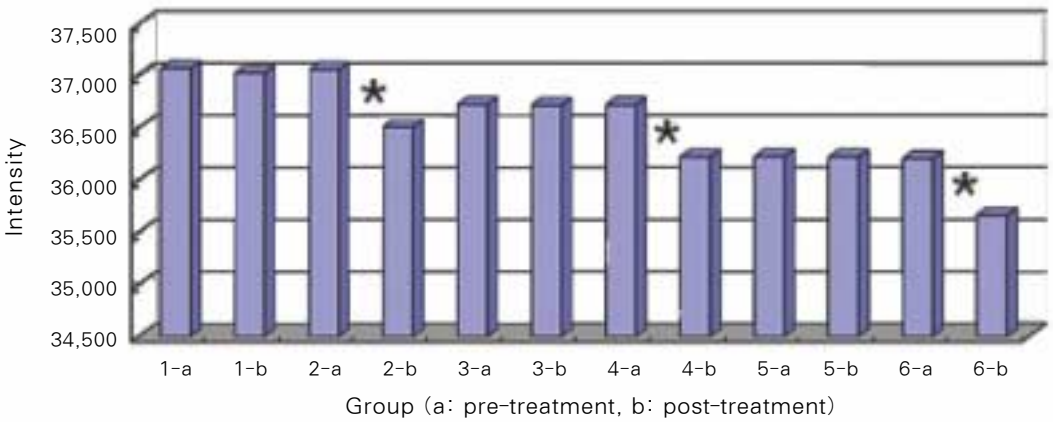

Fig. 7. Radiation intensity of the groups. (* p<0.05)

Table 3. Comparison of radiation intensity between pre- and post-treatment (unit : gray scale)

group	number	radiation intensity		significance
		pre-treatment	post-treatment	
1	42	37,068 (± 83)	37,025 (± 62)	*ns*
2	42	37,057 (± 70)	36,512 (± 70)	**
3	42	36,722 (± 45)	36,716 (± 40)	*ns*
4	42	36,720 (± 40)	36,219 (± 63)	**
5	42	36,224 (± 40)	36,219 (± 43)	*ns*
6	42	36,207 (± 25)	35,661 (± 80)	**

** p<0.01, Mean (± SD)

Ⅳ. 총괄 및 고찰

치태 내 세균의 대사 작용에 의해 낮은 구강내 산도가 지속되면 법랑질 표층에 초기 우식 병소를 유발한다. 이는 백색의 거칠고 불투명한 표면을 특징으로 하며 치태가 많이 축적된 부분에서 주로 관찰된다[17]. 예전에는 이 병소가 결국 우식이 진행되어 와동을 형성할 것이라는 생각 때문에 주로 수복과 같은 침습적인 방법으로 치료하였다. 그러나 치아 우식이 탈회와 재광화가 반복되는 과정이며 특히 불소 이온이 구강내에 적절한 농도로 존재하는 경우, 탈회된 법랑질의 재광화가 촉진된다는 사실이 밝혀지면서 아직 와동이 형성되지 않은 초기 우식 병소의 치료법으로 비침습적 접근이 고려되고 있다[18].

최근 치과의사가 병소를 진단할 때에 탐침의 사용을 권하지 않는 이유도 이와 같은 맥락이다. 병소의 표층이 가급적 장기간 견고하게 유지될수록 병소의 재광화가 가능하고 수복 치료를 피할 수가 있으므로 임상의는 초기 우식 병소에서 표층의 중요성을 인지하고 의원성으로 이를 파괴하지 않도록 주의를 기울일 필요가 있다[1]. 특히 기대 수명이 길고 수복 치료를 위한 접근이 쉽지 않은 어린이의 영구치 인접면 초기 우식 병소에서는 더욱 그러하다. Foster[19]는 영구치 인접면 병소의 92%가 3년의 관찰 기간 동안 상아질 방향으로 더 진행됨을 보고하였는데,

이처럼 초기 우식 병소의 진행성 잠재력을 고려한다면 그 예방과 치료를 위해 획기적인 전략이 요구된다[20].

이러한 초기 우식 병소에 적절히 대응하기 위한 방법으로 비용면에서 효율적이며 환자의 협조도에 전적으로 의존하지 않아도 되는 비침습적인 접근법으로 비교적 최근에 소개된 것이 therapeutic sealing의 개념이다. 오늘날 전색재는 소와 및 열구 우식의 예방을 위한 치료법으로 자리 잡았다[21]. 이 개념을 소구치와 대구치 인접면의 비와동성 초기 우식 병소에 적용한 것이 therapeutic sealing인데, 이는 전처리를 시행한 병소 표층으로 침투시킨 레진 접착제가 산의 공격으로부터 병소를 보호하기 때문에 병소의 진행을 정지시킬 수 있다[22]. 또한 조직학적으로 다공성인 병소에 레진 접착제가 침투되어 기계적으로 강화되는 부가적인 이점도 있다[23].

Gomez 등[24]은 동일한 구강 내 환경에서 전색제를 이용하여 therapeutic sealing을 시행한 실험군과 6개월 간격으로 불소 바니쉬를 도포한 대조군의 2년 후 변화를 방사선 교익사진으로 평가하였는데, 전색 처리된 치아는 93%에서 병소의 진행이 관찰되지 않았으며 불소 처리된 치아의 경우는 88%에서 변화가 없었다고 보고하였다. 방사선 교익사진으로 우식을 평가할 때에 방사선 투과성이 전혀 발견되지 않는 것은 0점, 법랑질에 방사선 투과성이 관찰된 것은 1점, 상아질 절반에 침범된 것은 2점, 상아질 절반보다 더 침범된 것은 3점, 수복 치료가 된 것은 4점으로 분류하였고 법랑질은 외층 및 내층으로 구분하지 않았는데 이는 교익 방사선 사진으로는 법랑질 병소의 깊이 측정이 힘들기 때문이다[25]. 본 실험에서 micro-CT를 이용한 이유도 여기에 있다. 초기 우식 병소는 무기질의 탈회 정도가 우식 와동이 형성된 것만큼 심하지 않고 표면의 연속성이 건재하며 작은 부위에 형성되므로 특히 법랑질 표층에 한정되어 발생한 경우에는 방사선 교익 사진으로의 평가가 용이하지 않다. 이에 반해 micro-CT는 건전한 주위 법랑질에 비해 조금이라도 탈회가 진행된 부분은 결함으로 감지할 수 있으며 이를 삼차원적으로 시각화해서 보여준다. 이 분석방법의 가장 큰 이점은 시편을 층판 혹은 단면화하지 않고 병소의 단면상을 얻어낼 수 있는 비파괴 실험이 가능하다는 데에 있다. 일반적으로 시편 처리 전 상태에서 표면이 아닌 단면을 확인하기 위해서는 절단을 해야 가능하며, 한번 절단한 시편을 일련의 실험 처리 과정을 거친 후 처리 전의 상태와 비교하는 것은 의미가 없다. 그러나 미세 전산화 단층 촬영은 시편의 처리 전후의 변화 상태를 동일한 조건에서 관찰할 수 있다는 점에서는 분명히 장점이 있으나, 편광 현미경이나 현미방사선촬영(microradiography)의 경우처럼 선명한 상의 단면을 보여주지 못하며 gray scale의 변화에 따른 방사선 밀도의 측정은 가능해도 전자 현미 분석기(Electron Probe X-Ray Micro Analyzer)와 같이 무기질 함량의 정량적 분석은 힘들다는 한계를 가진다.

최소 침습 치의학 개념에 입각한 therapeutic sealing을 할 때에 가장 중요한 것은 정확한 진단이다. 와동의 형성 여부, 그리고 현재 병소가 활발히 진행되고 있는 상태인지를 파악하여 치료 방법을 결정해야 한다. 진단과정에서는 단일 방법에 의존하기 보다는 교익 방사선사진과 레이저 형광법, 환아의 구강 위생상태, 식이 습관, 우식 위험도, 치태 수준 및 의심되는 병소 주위의 치은을 탐침해 보는 등 여러 가지 요소들을 고려하는 것이 도움이 된다[26,27]. Ekstrand 등[28]은 치주 탐침으로 병소 부위의 치은을 탐침해 보았을 때 출혈이 일어나면 초기 인접면 병소가 활발히 진행됨을 의미하므로 즉각적인 대처가 요구된다고 하였으며, Nyvad 등[29]은 활택하고 견고한 초기 우식 병소보다는 표면 질감이 거친 초기 우식 병소가 와동을 형성할 위험이 더 높다고 하여 직접적인 시진을 통한 진단의 중요성을 강조한 바 있다.

인접면에 초기 우식 병소가 의심되나 인접면 접촉이 완전히 이루어진 경우에는 교정용 탄성재를 3~5일간 장착하는 것이 추천된다[30]. 이것을 제거하면 0.8~1.0 mm의 공간이 생기는데 이를 통해 병소의 확실한 시진이 가능하며 병소로의 접근도 용이하다. 이 공간은 수일 내에 다시 닫힌다.

건전 법랑질면과 초기 우식 병소가 발생한 법랑질면을 산부식한 후의 변화 양상을 관찰한 실험에서 초기 우식 병소가 더 우수한 산 저항성을 보였다[31,32]. 또한 우식 병소 표층의 인회석 결정도에 관한 연구에서도 건전 법랑질의 표층보다 초기 우식 병소 표층의 결정도가 더 높았다[33]. 그러므로 구강내 환경에서 치태와 세균이 생성한 산의 공격으로 발생한 초기 자연 우식은 건전 법랑질에 인공 우식 유발과 인공 탈회 등의 방법으로 형성된 인공 우식 병소와는 조직학적으로 다르다. 자연적으로 발생한 초기 우식 병소의 표층은 40 ㎛이고 무기질 함유량이 83 vol%인데 반하여, 인공 초기 우식 병소에서는 표층이 15~30 ㎛이고 무기질 함량이 63~76 vol%로 보고되고 있다[34]. 따라서 본 연구에서는 구강 내에서 자연 발생한 백반양 초기 우식 병소를 대상으로 실험하여, 조직학적으로 다른 양상을 보이는 인공 우식 병소로 실험하였을 때 발생할 수 있는 문제점들을 극복하려고 노력하였다. 그러나 접착제 도포 후, 치아 시편을 우식이 유발되는 구강내 환경에 직접 노출하지 못하고 생체 외에서 인공적으로 우식을 유발하였으므로 한계를 완전히 극복하지는 못하였다.

백반양 초기 우식에 therapeutic sealing을 시행할 경우, 전처리 방법과 전색의 종류에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다. 김 등[35]은 15% 염산 젤로 전처리를 시행한 것이 실제적으로 표층을 완전히 제거할 수 있어 레진 접착제나 전색제가 법랑질 다공성 내로 침투하기에 가장 좋은 조건을 형성하였다고 보고하였다. 그러나 소아치과 임상에서 염산 젤을 적용하기에는 위험성이 따르므로 구강내에 therapeutic sealing을 할 때에는 아직 37% 인산 젤을 더 흔히 이용하고 있다[10]. 전색제로는 필러가 함유되지 않은 레진 접착제와 필러가 함유된 레진 전색제를 주로 사용하는데, 이 두 종류로 실험한 결과, 침투 깊이와 치밀도에 있어 유의한 차이는 없었다고 보고된 바 있다[36]. 이는 레진 접착제를 이용한 실험과 레진 전색제를 이용한 다양한 실험들의 결과를 통해서도 알 수 있다[37,38]. 그러나 레진의 침투가 병소

내부로 깊게 형성되지 않거나 균등하지 못한 부분도 있는데, 그 원인으로는 레진의 중합수축, 불완전한 용매 증발 및 산화 방해 등이 열거되고 있다[39]. 따라서 Robinson 등[22]은 레진 접착제나 전색제의 반복된 도포를 추천하였으며, 실제로 반복 도포는 이러한 결함을 줄여 병소의 진행을 경감시킬 수 있었다.

영구치 인접면 우식의 대부분을 차지하는 것이 백반양 초기 우식 병소이다[8]. 초기 평활면 우식 최심부의 투명층이 상아질에 도달하면 옆으로 확산되어 넓어지며, 여기에서 병소가 더 진행되어 표층이 파괴되면 임상적으로 발견 가능한 와동을 형성한다[1]. 인접면에 와동이 형성되어 수복 치료를 시행한 연구에 따르면, 치아 삭제 과정에서 인접치가 손상된 경우가 70%였으며 이렇게 손상된 치아는 건전한 다른 치아보다 우식으로 진행된 비율이 더 높다고 보고하였다[40]. 이 뿐 아니라 앞에서도 언급했듯이 수복 치료를 시행한 치아 역시 치료를 거듭할수록 더 많은 치질 삭제와 더 광범위한 치료가 행해진다. 따라서 정확한 진단을 통해 아직 와동이 형성되지 않은 백반양 초기 우식 병소에 산 부식에 이은 레진 접착제나 전색제를 도포하여 병소의 진행을 정지시키거나 수복치료의 시기를 최대한 연기하는 것은 의미있는 치료라 할 수 있다.

특히 소아치과 임상에서는 제 2유구치가 탈락한 후 얼마 되지 않은 시점에서는 제 1대구치 근심면을 직접 육안으로 확인할 수 있으며 치료과정에서도 직접적인 접근이 쉽다. 이 시기를 접할 수 있다는 사실은 소아치과 의사에게 특권이라 할 정도의 기회이다. 따라서 소아치과 의사는 최소 침습 치의학 개념에 입각한 therapeutic sealing에 대해 더 많은 관심을 가지고 임상에 적용하여 어린이가 평생을 통하여 제 1대구치를 더 장기간 사용할 수 있도록 하기 위한 배려가 절실하다.

사실 초기 우식 병소에 레진 접착제나 전색제를 도포하는 것이 재광화가 될 수 있는 기회를 박탈하는 것이 아닌지 의문의 여지가 있다. 교육을 통해 구강 위생 상태가 상당히 개선되고 정기적으로 치과에 내원하여 불소 도포를 시행하여 초기 우식을 재광화시키는 것이 병소 표면에 therapeutic sealing을 시행하는 것보다 치아의 우식 저항성을 더 높일 수도 있다. 따라서 초기 우식 병소에 전색 치료를 한 후에도 구강내의 산생성 환경으로부터 병소를 보호하면서 불소는 선택적으로 받아들여 재광화 가능성을 가지도록 할 수 있는 재료가 가장 이상적일 것이다. 그러나 임상에서는 therapeutic sealing을 위하여 아직 기존에 사용하던 인산 젤로 전처리를 하고 레진 접착제나 전색제를 도포하고 있다. 따라서 앞으로 병소의 다공성 법랑질 내부로의 강한 침투력, 법랑질 표면에서의 높은 유지력, 병소의 재광화를 가능하게 하는 불소 서방성 등의 조건을 갖춘 재료를 개발하여 therapeutic sealing의 효과를 극대화하기 위한 연구 노력이 지속적으로 요구된다고 생각된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 초기 우식 병소의 처치에 있어 최소 침습 치의학의 개념에 입각한 therapeutic sealing이 법랑질 표층에 한정된 병소 뿐 아니라 법랑-상아 경계까지 도달한 초기 우식 병소에도 효과적일 것인지를 알아 볼 목적으로 시도되었다. 전체 시료 치아들을 대상으로 micro-CT를 촬영하여, 비와동성 초기 우식 병소가 법랑질 외층까지 진행된 소구치에서 병소 전체 표면의 절반에 산 부식에 이어 레진 접착제를 도포한 1군, 대조군으로써 아무런 처치를 하지 않은 나머지 절반의 2군, 마찬가지 방법으로 병소가 법랑질 내층까지 진행된 시편 표면 절반에 레진 접착제를 도포한 3군, 하지 않은 4군, 비와동성 초기 우식병소가 법랑-상아 경계까지 진행된 시편의 표면 절반에 레진 접착제를 도포한 5군, 하지 않은 6군으로 전체 시편을 분류하였다. 전체 시편을 열순환하고 인공 우식을 유발한 후, 시편분류 과정과 동일한 평면에서 다시 micro-CT를 촬영하고 전후의 방사선 밀도 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인접면 초기 우식병소의 침투 깊이가 증가할수록 병소 본체의 방사선 밀도가 낮아지는 것이 관찰되었다.
2. 병소의 깊이에 무관하게, 레진 접착제를 도포한 모든 실험군에서 처리하지 않은 대조군에 비하여 인공 우식 처리 전후의 방사선 밀도 변화가 낮게 나타났다($p<0.05$).
3. 병소가 법랑-상아 경계에 도달한 5군에서도 레진 접착제를 도포하고 인공 우식 처리시, 실험 전후의 유의한 방사선 밀도 변화는 나타나지 않았다($p<0.05$).

결론적으로, 표면 와동이 형성되지 않은 법랑질 초기 우식 병소에 있어서 그 깊이에 무관하게 therapeutic sealing은 비침습적 대응방법으로 타당하다는 판단을 하게 되었다. 이를 통해 기대 수명이 긴 영구치의 침습적인 치료 시기를 연기하여 어린이가 영구치를 오랜 기간 사용할 수 있도록 하는 것은 임상적으로 가치 있는 치료법이라 하겠다.

참고문헌

1. Pinkham JR : Pediatric dentistry: Infancy through adolescence. Elsevier saunders, Iowa, 201-204, 2005.
2. 대한소아치과학회 : 소아·청소년 치과학. 신흥인터내셔날, 서울, 147-148, 2007.
3. Christensen GJ : Initial carious lesions: When should they be restored? J Am Dent Assoc, 131:1760-1762, 2000.
4. 안명기, 이금랑, 정태성 등 : 어린이 제1대구치 근심면 초기 우식의 유병률과 최소 침습적 접근. 대한소아치과학회지, 36:102-107, 2009.
5. Thylstrup A : How should we manage initial and secondary caries? Quintessence Int, 29:594-598, 1998.
6. 김기백, 최남기, 김선미 등 : CPP-ACP 함유 크림과 불소가 초기 인공 우식 법랑질에 미치는 재광화 효과에 대한 비

교 연구. 대한소아치과학회지, 36:38-45, 2009.
7. Stahl J, Zandona AF : Rationale and protocol for the treatment of non-cavitated smooth surface carious lesions. Gen Dent, 55:105-111, 2007.
8. Mejàre I, Kallestål C, Stenlund H, et al. : Caries development from 11 to 22 years of age: a prospective radiography study. Caries Res, 32:10-16, 1998.
9. 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.
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. 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. Fejerskov O, Kidd E, Navyd B, et al. : Dental caries: The disease and its clinical management. Blackwell Munksgaard, Oxford, 73-74, 2008.
13. Buchalla W : Comparative fluorescence spectroscopy shows differences in noncavitated enamel lesions. Craies Res, 39:150-156, 2005.
14. Borisova EG, Uzunov TT, Avramov LA : Early differentiation between caries and tooth deminieralization using laser-induced autofluorescence spectroscopy. Lasers Surg Med, 34:249-253, 2004.
15. Ribeiro A, Rousseau C, Girkin J, et al. : A preliminary investigation of a spectroscopic technique for the diagnosis of natural caries lesions. J Dent, 33:73-78, 2005.
16. Mejàre I, Grondahl HG, Carlstedt K, et al. : Accuracy at radiography and probing for the diagnosis of proximal caries. Scand J Dent Res, 93:178-184, 1985.
17. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V : Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive lesions. Caries Res, 33:252-260, 1999.
18. Ferreria MA, Mendes NS : Factors associated with active white enamel lesions. Int J Paediatr Dent, 15:327-334, 2005.
19. Foster LV : Three year in vivo 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. Simonsen RJ : Pit and fissure sealant : Review of the literature. Pediatr Dent, 24:393-414, 2002.
22. Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, et al. : In vitro studies of the penetration of adhesive resins into artificial caries-like lesions. Caries Res, 35:136-141, 2001.
23. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM : Resin infiltration of natural caries lesions. J Dent Res, 86:662-666, 2007.
24. 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.
25. Hintze H : Approximal caries prevalence in Danish recruits and progression of caries in the late teens : a retrospective radiographic study. Caries Res, 35:27-35, 2001.
26. Stephens RG, Kogon SL, Reid JA : Non-invasive therapy for proximal enamel caries: An expanded role for bitewing radiography. J Can Dent Assoc, 8:619-622, 1987.
27. 모경희, 윤정훈, 김수관 등 : 레이저 형광법을 이용한 인접면 우식증 탐지 효과. 대한소아치과학회지, 31:323-330, 2004.
28. Ekstrand KR, Bruun G, Bruun M : Plaque and gingival status as indicators for caries progression on approximal surfaces. Caries Res, 32:41-45, 1998.
29. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V : Construct and predictive validity of clinical caries diagnostic criteria assessing lesion activity. J Dent Res, 82:117-122, 2003.
30. De Araujo FB, Rosito DB, Toigo E, et al. : Diagnosis of approximal caries: radiographic versus clinical examination using tooth separation. Am J Dent, 5:245-248, 1992.
31. Charles QL, Zia S, Charles MC : Microscopic appearance of enamel white-spot lesions after acid etching. Quintessence Int, 26:279-284, 1995.
32. 이애련, 김신 : 탈회 및 재광화 후 법랑질 결정의 변화에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 21:67-5, 1994.
33. 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.

34. 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.
35. 김인영, 정태성, 김신 : 평활면 초기 우식병소의 표면처리에 따른 조직상 및 접착제의 침투 양상 비교. 대한소아치과학회지, 36:30-37, 2009.
36. Meyer-Lueckel H, Paris S, 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.
37. Mueller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, et al. : Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. Oper Dent, 31:338-345, 2006.
38. Garcia-Godoy F, Summitt JB, Donly KJ : Caries progression of white spot lesions sealed with an unfilled resin. J Clin Pediatr Dent, 21:141-143, 1997.
39. 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.
40. Qvisit V, Johannessen L, Bruun M : Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. J Dent Res, 71:1370-1373, 1992.

Abstract

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THERAPEUTIC SEALING ACCORDING TO THE LESION DEPTHS OF PROXIMAL EARLY CARIES

Geum-Lang Lee, Myung Ki Ahn, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

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

As the minimally invasive approach against white spot like early caries lesions in proximal surfaces of the teeth, therapeutic sealing has been introduced and studied for effective materials and methods to arrest the early caries lesion effectively, which is still going on.

This study was performed for the purpose of evaluating its validity for the non-cavitated lesions according to the depth from surface using therapeutic sealing followed by artificial caries induction and evaluation with micro-CT, and we obtained the results as follows.

1. It was revealed that the deeper the caries lesions are, the lower radiation intensity at lesion body areas in pre-treatment specimen.
2. In the sealed groups, there were no differences in radiation intensity between pre- and post-treatment, whereas there were significant decreases in unsealed groups($p<0.05$).
3. Even in the specimens with the lesions reaching deeply into DEJ, the effect of sealing was significant($p<0.05$).

Conclusively, it was thought therapeutic sealing can be an effective tool against the early caries lesions, regardless of their depth into tooth, unless cavitated.

Key words : Non-cavitated early caries lesion, Therapeutic sealing, Resin adhesive, Micro-CT, Radiation intensity