초기 법랑질 우식 병소에 대한 Resin infiltrant의 점도, 침투 양상, 표면 조도 및 미세경도

전북대학교 치과대학 보존학 교실

홍승현 · 김민정 · 조혜진 · 유미경 · 이광원

resin infiltrant의 초기 우식 병소에 침투를 SEM과 CLSM을 사용하여 관찰하고, resin infiltrant와 3가지 접착제(All-bond 2, Scotchbond Multi-purpose, Clearfil SE bond)의 pH와 점도를 평가하고, 영구치에 resin infiltrant 적용 후 표면 조도와 미세경도의 변화를 측정하였다.

점도(Pa.s)는 resin infiltrant(0.173±0.012), All-bond 2(0.754±0.030), Scotchbond Multi-purpose(1.46±0.137), Clearfil SE bond(1.28±0.125)로 측정되었다. pH는 resin infiltrant (4.7), All-bond 2(7.5), Scotchbond Multi-purpose(8.2), Clearfil SE bond(4.67)로 측정되었다. resin infiltrant의 적용은 적용하지 않은 시편과 비교할 때 표면 조도와 미세경도에 유의한 차이를 보이지 않았다.(p>0.05)

주요어: 초기 법랑질 우식, 미세경도, 표면 조도, resin infiltrant (**구강회복응용과학지** 2011:27(1):81~90)

서 론

법랑질 우식 병소는 손상되지 않은 표면층 하방의 광물질의 소실에 의해 나타난다. 이러한 건전한 표면층 하방의 미네랄 소실은 병소 내의 증가된 다공성으로 인해 만들어지는 특징적인 whitish한 모습을 만들어 낸다. 따라서 초기 법랑질 우식은 white spot이라고 명명된다.[1)]

법랑질 우식에 대한 일반적 치료 방법은 탈회된 법랑질을 재광화 시키기 위해 불소의 국소적 적용과 구강위생 향상으로 계획된다.[2),3)] 협측 백색 반점의 좋은 접근성 때문에, nonoperative 접근이 종종 병소의 진행을 막는데 효과적이다. 그러나, 특히 깊은 병소는 오직 표면층만 재광화되는 경향이 있다.[4)] 결과적으로, 정체된 병소는 두껍고 상당히 광화된 표면층을 보인다.[5),6)] 표면층 하방의 병소 본체는 여전히 다공성이고, 그래서 whitish한 모습은 여전히 잔존한다.[7)] 법랑질 우식의 다공성은 산의 확산 통로처럼 작용하고 미네랄을 용해시킨다. 더욱이 재광화되는 동안 착색이 병소 내로 포함되어 brown spot을 형성하며 더 비심미적으로 만들 수 있다.[6)]

이전의 연구들에서 이러한 초기 법랑질 우식 병소의 치료를 위해 불소 도포, microabrasion, veneer과 composite을 이용한 수복치료, resin infiltration 등이 제안되었다. 불소의 적용은 오직

교신저자: **이광원**
전북대학교 치과대학 보존학 교실 및 전북대학교 임상의학연구소
561-756, 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14, 대한민국.
Fax: +82-063-250-2129, E-mail: lkw@chonbuk.ac.kr
원고접수일: 2011년 01월 15일, 원고수정일: 2011년 02월 15일, 원고채택일: 2011년 03월 25일

초기에만 재광화 과정을 가속화 했다; 더 진행된 단계에서는, 재광화 과정은 차이가 없었고 심지어 모든 그룹에서 plateau에 도달했고, 완전한 재광화는 산부식, 불소의 적용, 또는 두 가지 치료의 조합에 의해 이루어지지 않음이 결론 내려졌다.[8] microabrasion에 의한 치료는 염산 슬러리 또는 퍼미스와 같은 재료를 이용하여 병소의 표면을 제거한다. 불행히도 이 기술은 법랑질의 상당량이 제거되어야 한다.[9] Restorative technique (Ceramic veneers, composite)는 더욱 심한 우식의 경우 사용될 수 있으며 더 많은 법랑질의 손실을 필요로 한다.

Resin infiltration은 법랑질 병소의 진행을 막기 위해 대체되는 치료적 접근법이다. 이 치료법은 다공성 법랑질 내로 급속한 침투를 최적화하는 저점도의 광중합 레진의 침투에 의해 병소 본체 내에 있는 미세 기공을 채워 막는 것을 목표로 한다.[10] 레진은 병소본체 내로 capillary force에 의해 침투되어진다. 이 치료의 장점은 법랑질 병소내의 미세기공이 레진으로 채워질 때 whitish 한 모습은 없어지고 건전한 법랑질과 유사하게 보인다는 것이다. 그러므로 이 치료법은 법랑질 병소를 멈추게 할 뿐만 아니라 협측 백색반점의 심미적 모습을 향상시키기 위해 사용될 수 있다.[4] 더욱이, 2007년 Meyer-Lueckel 등은 다공성 병소 구조의 레진 침투는 병소를 기계적으로 강화시켜 와동형성을 예방할 것이라고 하였다. 그러나 이러한 치료법이 부가적으로 레진 침투에 의해 치질의 강화 효과를 갖는지 검증되지 않다.

초기 법랑질 우식 병소의 표면층 sealing은 우식성 요소에 노출된 후 병소 진행을 방해하는데 성공적으로 보인다.[11] 우식은 표면 위에 적용된 레진 코팅에 의해 진행되지 않는다.[12),13),14)] 그러나 이것은 이차우식과 치주질환에 대한 호의적인 방법으로 생각되지 않는다. 본래의 자연적인 해부학적 굴곡을 가지는 법랑질 표면은 병소 표면의 상방에 레진 코팅으로 인해 부정적인 영향을 받고 이것은 이러한 표면의 청결을 어렵게 할 것이다.[15] Meyer-Lueckel에 의하면 이러한 치료법은 실란트 변연을 형성하지 않고 침태 침착이나 치주 질환을 유발하지 않을 것이라고 하였다.[10] 하지만, resin infiltration에 의한 표면 조도 변화는 검증될 필요가 있다.

이번 연구의 목적은 새로 소개된 resin infiltant인 Icon에 대하여 SEM과 CLSM을 통하여 우식병소내의 침투 양상을 관찰하고 재료의 pH와 점도를 측정하여 침투 능력을 평가하는 것이다. 또한 재료의 적용 전과 후의 치아 표면 조도와 미세경도를 비교 평가해 보는 것이다.

연구 재료 및 방법

제조사에서 추천하는 적용 방법을 따라 Resin infiltrant(Icon®, DMG, Germany)를 적용하였다. HCl 성분의 Icon-Etch를 2분간 적용한고 30초간 세정한 후 air로 건조한다. 에탄올 성분의 Icon-Dry를 사용하여 30초간 완전 건조시킨다. 레진 성분의 Icon-infiltrant를 3분간 적용하고 40초간 광중합한다. 1분간 재적용하고 40초간 광중합한다.

Icon-infiltrant의 pH는 리트머스 paper를 이용하여 알아보았다.

1. 점도 측정

점도는 Icon-infiltrant와 3가지 adhesives(All-bond 2, Scotchbond Multi-purpose, Clearfil SE bond)의 bonding agent와 비교하였다.

측정은 cone-plate digital viscometer(CAP 2000+, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 시행하였다.

측정 조건은 일정한 24uL의 시료 부피, CAP-03의 cone spindle, 25℃의 온도, 200 rpm의 속도, 2667/s 의 shear rate, 10초의 run time으로 설정하여 실험하였다.

각 그룹에 대한 sample로 부터 평균과 표준편차 값을 계산하였다. 평균값은 one-way ANOVA와 Turkey-HSD 절차를 사용하여 다른 사이에 비

교되었다. 현재 연구에서는 $p<0.001$가 유의한 레벨로 고려되었다.

2. Scanning Electron Microscopy

발치된 구치를 건전한 치아와 초기 법랑질 우식이 있는 치아를 준비하였다. 건전한 법랑질과 자연 우식 병소에 Icon®을 앞서 설명한 과정에 따라 적용하고 표면에 수직으로 low speed diamond saw(Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA)을 사용하여 절단하고 절단면을 관찰하였다. SEM(JSM-6400, Jeol, Japan)을 사용하여 500배로 관찰하였다.

3. Confocal Laser Scanning Microscopy

건전한 치아와 초기 법랑질 우식병소를 가진 구치를 준비하였다. Icon®을 침투시키기 전에 붉은색의 형광빛을 낼 수 있는 0.1% Hydroethidine (Hydroethidine, Sigma Aldrich, Steinheim, Germany)으로 labeling하여 준비하였다. 준비된 아이콘을 우식 병소에 제조사의 지시대로 침투시키고 시편을 표면에 수직으로 절단하여 시편을 제작하였다. 잔존 다공성 구조에는 100uM/L Sodium fluorecein (Sigma Aldrich)를 함유하는 50% 에탄올 용액에 3시간 동안 침투시켰다. 다음에, 시편은 10초간 증류수로 세정되었다. 시편은 confocal laser scanning microscopy(LSM 510 META, Zeiss, Oberkochen, Germany)를 사용하여 dual-flurescence mode로 10배로 관찰되었다. excitation light는 488과 543nm의 wave length maxima를 사용하였다.

4. Surface Roughness

20개의 초기 법랑질 우식을 가지는 구치가 발치되어 준비되었다. 치아는 철저하게 세정되고 잔사와 연조직은 초음파 세정을 하여 제거하고 생리식염수에 저장하였다. 샘플은 임의적으로 10개씩 두 개의 그룹으로 분류되었다. 첫 번째 그룹에 속한 치아에서 초기 법랑질 우식 부위를 표면 조도 테스트 시행하여 Ra 값을 얻었다. 그 후 Icon®을 전치부 적용 팁을 사용하여 적용한 후 다시 표면조도 테스트(Mitutoyo SV-3000) 시행하였다. 두 번째 그룹에 속한 치아에서도 초기 법랑질 우식부위 표면 조도 테스트 시행하였고 그 후 Icon®을 구치부 인접면 적용 팁을 사용하여 적용한 후 다시 표면조도 테스트 시행하였다. 각 그룹에 대한 샘플로부터 평균과 표준편차 값을 계산하였다. 평균값은 t-test를 사용하여 적용 전과 후를 각각 비교하였다. 현재 연구에서는 $p<0.05$가 유의한 레벨로 고려되었다.

5. Microhardness

10개의 초기 법랑질 우식을 가진 구치를 선택하여 치근을 제거하였다. 치관은 우식의 중앙을 기준으로 표면에 수직하게 2등분하였다. 절단된 우식의 한 쪽을 대조군으로 나머지 한 쪽을 실험군으로 설정하였다. 절단면은 nail varnish를 사용하여 코팅하였다. 대조군은 병소 표면에 어떠한 치료도 시행하지 않았다. 실험군은 병소 표면에 Icon®을 제조사 지시대로 적용하였다. nail varnish는 조심스럽게 제거되었고 시편은 0.5mm 두께로 평행하게 절단하고 연마(Abrasive paper 2000, Germany)하였다.(Fig. 1) 대조군과 실험군

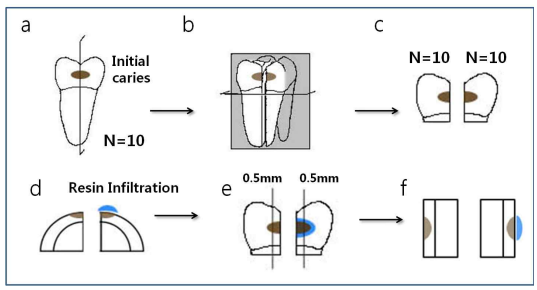


Fig. 1. Step-by-step illustration depicting the specimen preparation for microhardness test.

시편은 절단면에 수직한 방향으로 미세경도 tester(Matsusawa MHT-1, Japan)를 사용하여 Knoop 경도 실험되었다. 치아는 stereomicroscopy (Leica DM 2500M, Japan)을 사용하여 조사되었다. 각 그룹 사이의 평균값과 표준편차가 얻어졌고 평균값은 다른 그룹 사이에 t-test를 사용하여 비교되었다. (p<0.05)

결 과

1. 점도

제조사에서 제시된 본딩 에이전트들의 pH는 All-bond 2의 bonding agent가 7.5, Scotchbond Multi-purpose 가 8.2, Clearfil SE bond가 4.67로 알려졌다. 이번 실험에서 resin infiltrant의 pH는 4.7로 측정되었으며 다른 adhesives의 bonding agent와 비교할 때 상대적으로 낮은 pH값을 가지고 있음을 알 수 있었다.(Table. Ⅰ)

Table Ⅰ. The pH of resin infiltrant and 3 adhesives

	pH
Resin infiltrant	4.7
All Bond 2	7.5
Adper Scotchbond Multi-purpose	8.2
Clearfil SE Bond	4.67

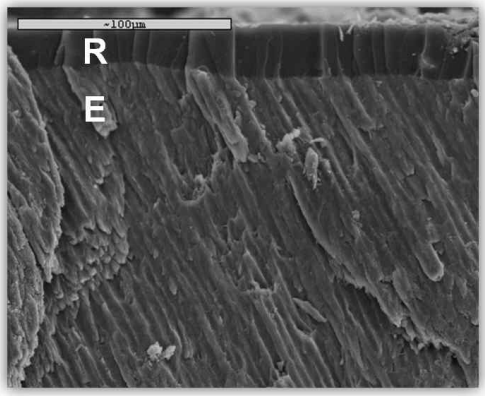


Fig. 2. SEM of sound enamel with applied resin infiltant. Sound enamel showed less penetration than all enamel lesions.

점도 측정에서 Icon®은 평균 0.173 Pa.s의 점도를 보였다. 다른 bonding agent는 0.754~1.46 Pa.s의 범위에서 점도를 나타내었으며 Icon®의 infiltrant는 확연히 다른 재료와 유의하게 낮은 점도를 보였다.(Table. Ⅱ)

2. Scanning Electron Microscopy

SEM을 통하여 관찰한 결과, 건전 법랑질에는 침투가 일어나지 않고 표면에만 Icon®이 균일하게 코팅된 것을 관찰할 수 있다. (Fig. 2)

Table Ⅱ. The viscosity of resin infiltrant and 3 adhesive resin

	Mean ± SD(Pa.s)	P-value	Non-significant groups at 5% level
Resin infiltrant	0.173±0.012	p<0.001	Scotchbond vs. SE bond
All Bond 2	0.754±0.030		
Adper Scotchbond Multi-purpose	1.46±0.137		
Clearfil SE Bond	1.28±0.125		

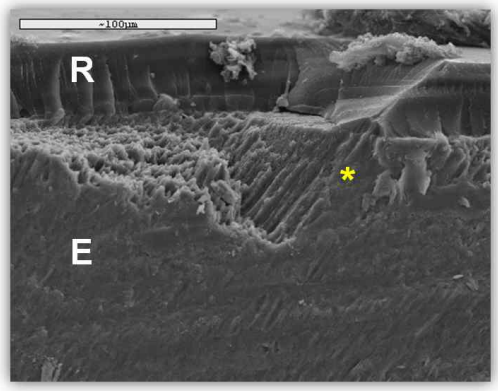
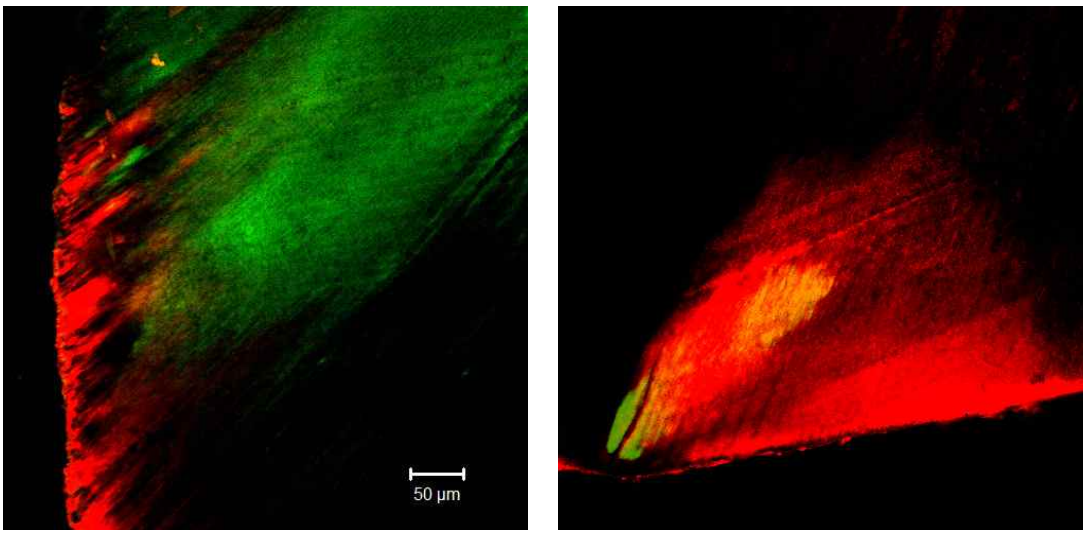


Fig. 3. SEM of white spot lesion with applied resin infiltant. Resin infiltrated layer(*) was observed in demeneralized enamel.

우식 병소에서는 표면에 코팅된 레진층 하방에 약 50마이크로 미터 이상의 침투된 층이 관찰되었다.(Fig. 3) Isomet를 사용하여 시편 절단시 떨어져나간 인필트런트가 침투되어진 법랑질과 함께 cohesive pattern으로 탈락하였다는 것은 침투의 증거로 생각된다.

3. Confocal Laser Scanning Microscopy

DiagnoDent를 통하여 15값으로 측정된 초기 법랑질 우식 병소의 CLSM 관찰결과, 레진이 표면 우식병소에 균일하게 침투되었고 하방의 다공성이 있는 부위는 녹색으로 염색되어 나타났다.(Fig. 4A) 병소의 표층부에 레진이 침투되어 붉은색의 Hydroethidine이 하방 병소에 산 이온의



(A) (B)

Fig. 4. CLSM of white spot lesion with applicated resin infiltant
(A) Applied resin(red) was profoundly penetrated in demineralized enamel. remaining pores (green)
(B) In more demineralized enamel, applied resin penetration was most profound, but that was not penetrated perfectly.

침투를 막아줄 수 있는 비교적 일정한 깊이로 침투된 barrier가 형성되었음이 관찰된다. Diagno Dent 25값을 보이는 더 진행된 우식병소에서는 병소의 더 큰 다공성 구조 때문에 레진이 병소 전체에 침투된 것을 볼 수 있다. 하지만 큰 다공성 구조를 모두 채우지는 못하고 남아있는 기공에 녹색의 sodium fluorescein이 염색된 것이 관찰되어 채우지 못한 공간이 잔존하는 것으로 보인다.(Fig. 4B) 이것은 Icon® 사용 시 케이스 선택에 우식의 진행 정도를 고려해야함을 의미할 것이다.

4. Surface Roughness

제조사에서 공급하는 두 가지 팁을 사용하였을 때 모두 표면 조도 값이 증가되는 것을 볼 수 있었다. 또한 치태 침착의 기준이 되는 0.2um를 넘어서는 시편의 수가 적용 후에 더 증가하는 것으로 관찰되었다.(Table. Ⅲ)

비록 표면 조도 차이가 통계적으로 유의할 정도는 아니지만(Table. Ⅳ) resin infiltrant의 적용으로 표면 조도 증가의 가능성이 있다고 생각된다.

Table. Ⅳ. Mean surface roughness

group	Mean ± SD	P-value
Control 1	0.093± 0.050	0.049
Ex. 1	0.177± 0.115	
Control 2	0.085± 0.064	0.132
Ex. 2	0.142± 0.093	

5. Microhardness

초기 우식 병소에 25마이크로미터 간격으로 표면에서 심부 쪽으로 연속 측정하였을 때 병소의 미세경도는 표면층에서 비교적 높고 병소 본체에서 감소함을 보이며 건전한 법랑질에 이르러 다시 증가하는 것을 볼 수 있었다.(Fig. 5) 이러한 평가에서 우식병소 자체의 표면층과 레진 침투 후 표면층의 미세 경도를 비교하였을 때, 결과는 Table. Ⅴ와 같으며 infiltration에 의한 병소 표면의 미세경도는 유의한 차이가 없다.

Table. Ⅲ. Surface roughness(㎛)

Control 1 (lesion)	Experimental 1 (anterior surface tip)	Control 2 (lesion)	Experimental 2 (proximal tip)
0.073	0.112	0.044	0.064
0.064	0.104	0.023	0.268
0.062	0.112	0.035	0.292
0.076	0.104	0.251	0.252
0.090	0.226	0.101	0.106
0.124	0.389	0.062	0.066
0.074	0.106	0.090	0.056
0.089	0.356	0.095	0.147
0.224	0.206	0.061	0.083
0.054	0.055	0.089	0.082

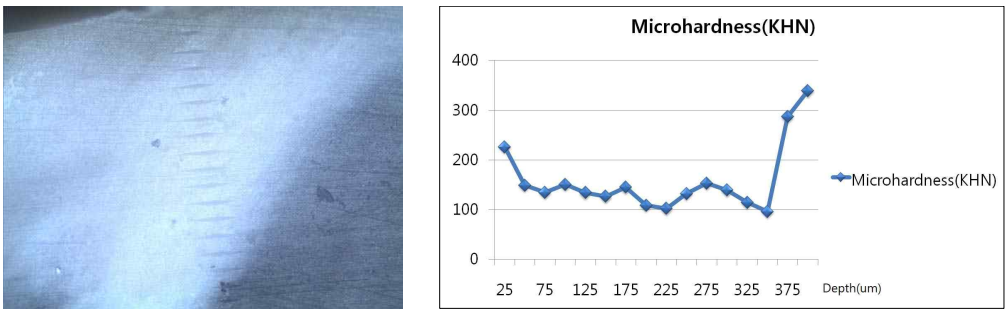


Fig. 5. Microhardness test
(A) Micro-indentations in enamel caries lesion(200X)
(B) Microhardness of initial enamel caries (in knoop hardness number) according to the distance from the lesion surface(μm)

Table V. Microhardness of initial caries lesion (in superfitial 50μm) before and after applying resin

Group	Mean ± SD	P-value
Control	224.77	0.219
Experimental	232.98	

총괄 및 고안

1976년, Robinson[17]의 연구 이래로 초기 법랑질 우식병소의 adhesive를 이용한 치료법이 지속적으로 연구되어왔다. 최근에 소개된 Icon®은 기존의 adhesive와 다르게 초기 법랑질 우식 병소의 치료만을 위해 개발되었다. 이번 연구에서는 resin infiltrant인 Icon®의 여러 특성을 평가해 보았다.

제조사에서 제시된 bonding agents의 pH와 비교하여 resin infiltrant는 상대적으로 낮은 pH 값을 가지고 있었다. 또한 점도 측정값 역시 다른 재료와 유의하게 낮은 값을 보였다. 이러한 Icon의 특성은 미세한 다공성 구조를 가지는 초기 법랑질 우식 병소에 infiltrant가 잘 침투할 수 있도록 기여한다. 따라서 이전의 연구들에서 연구된 바와 같이 infiltrant는 기존의 adhesive와 비교할 때 더 깊은 침투 깊이를 갖기에 diffusion barrier를 형성하기에 유리한 특성을 갖고 있다.

SEM 관찰결과, 건전한 법랑질 표면에 resin 성분은 균일하게 코팅되는 것을 보인다. 하지만 초기 법랑질 우식 병소를 지닌 법랑질 표면에는 광화된 표면층을 제거하고 infiltrant가 약 50um이상 침투되는 것을 볼 수 있었다. 이러한 침투의 명확한 확인을 위한 CLSM 관찰 결과에서는 분명하게 침투된 양상이 시각적으로 확인된다. 레진은 병소의 심부까지 균일하게 침투하여 병소의 다공성 구조를 완전히 폐쇄하고 완전한 diffusion barrier를 형성한다. 하지만 우식의 정도가 더욱 진행되어 다공성이 더 커지면 infiltrant는 병소 내의 barrier는 형성하지만 병소 내부에 다공성 구조를 완전히 폐쇄하지 못하고 일부 빈 공간이 잔존하는 현상을 볼 수 있었다. 표면층만의 폐쇄만으로도 우식병소의 진행을 억제될 수 있다.[11] 또한 이전 연구에서 부분적으로 채워진 병소 본체는 병소 진행이 억제할 수 있다고 했고 표면의 sealing만으로도 병소의 진행 정지가 가능하다 하였다.[10] 그러나 장시간의 임상적 효과를 고려하였을 때 부분적으로 채워진 병소 본체는 물리적 barrier 효과의 지속성에 문제를 일으킬 것으로 생각된다. 그래서 부분적으로 채워진 병소는 진행될 가능성을 남긴다. 따라서 병소를 완전히

폐쇄시켜야만 하며 초기 우식병소의 치료계획에 우식 진행 정도의 정확한 판단이 중요할 것으로 생각된다.

치아 우식을 진행하기 위해 Mutans streptococci의 표면 부착이 필요하다. 표면 조도가 critical roughness threthold를 넘어서면 부착이 용이해진다.[16] 제조사에서 공급하는 두 가지 팁을 사용하였을 때 모두 표면 조도 값이 증가되었다. 이것은 이전의 연구[15]에서 언급되었던, 치아의 해부학적 굴곡의 변형이 주요 원인으로 작용할 것이다. 또한 Meyer-Lueckel[10]의 연구에 의하여 infiltrant가 중합되기 전 여분이 완전히 제거된다면 sealant margin을 형성하지 않아 치아의 형태적 변화가 거의 없을 것 이라던 예상과는 달리 인접면의 경우 여분의 제거가 어려울 뿐 아니라 여분을 제거하는 과정에서 infiltrant에 표면 변화 가능성도 무시할 수 없다. 실험결과 표면 조도의 증가는 통계적으로는 유의한 차이를 보이지는 않지만 치태 침착의 기준이 되는 critical threthold인 0.2um를 넘어서는 시편의 수가 레진 infiltrant를 적용한 후에 늘어났다. 이것은 Icon®의 염산으로의 산부식 과정에서 과광화 표층의 제거 후에 resin의 infiltration 후에 치아의 해부학적 형태와 resin 사이에 차이가 존재하기 때문이라고 생각된다. 비록 표면 조도 차이가 통계적으로 유의할 정도는 아니지만 infiltrant의 적용으로 표면 조도 증가의 가능성, 즉 step형성의 가능성이 있으므로 마무리 연마작업은 필수적이라고 생각된다.

초기 우식 병소에 25마이크로미터 간격으로 표면에서 심부 쪽으로 연속 측정하였을 때 병소의 미세경도는 표면층에서 비교적 높고 병소 본체에서 감소함을 보이며 건전한 법랑질에 이르러 다시 회복하는 것을 볼 수 있었다. 이런 측정치에서 우식병소 자체의 표면층과 레진 침투 후 표면층의 미세 경도를 비교하였을 때 둘 사이의 유의한 차이는 없었다. 초기 법랑질 우식 병소 자체는 원래 과광화된 표층을 지니고 있다. Icon®의 적용 과정에서 HCl에 의하여 resin의 침투를 용이하게 하기 위하여 이 과광화 층은 제거되어진다. 이러한 과정에서 우식병소의 표면 미세 강도는 감소된다. 그 후 레진 침투 후에 병소의 미세 경도는 원래 우식병소에 차이가 없을 정도의 강도를 회복하는 것으로 생각할 수 있다. 이것은 재료 자체가 필러가 함유되지 않은 레진이며 침투의 용이성을 위하여 저점도의 TEGDMA를 주성분으로 사용하여 제조되었지만 우식병소의 다공성 구조의 빈 공간을 폐쇄하여 미세경도를 보강하는 효과를 지니는 것으로 생각된다. 그러나, 결과적으로 병소 표면에 부식에 의한 미세경도 감소 효과와 resin 침투에 의한 보상 효과가 상쇄되어 infiltrant 적용 전, 후의 차이는 없었다.

종합적으로, Icon®은 법랑질 초기 우식 병소의 치료재료로 다공성의 구조를 폐쇄시켜 diffusion barrier로서 작용하며 심미적인 부가 효과를 가진다. Icon®은 침투에 용이한 특성을 갖으며 침투 후 병소 표면의 조도를 감소시키는 효과를 지니지 않고, 경도를 증가시키는 효과도 가지지 않는 것으로 보인다.

결 론

첫째로, Icon®은 낮은 pH와 점도를 가지는 새로운 재료로 쉽게 침투할 수 있는 특성을 가진다. 그러나 쉬운 침투가 일어나는 반면에 병소의 진행이 초기 병소를 넘어서서 다공성이 큰 경우 완전히 모든 병소를 채우기에는 한계를 보여 초기 법랑질 우식에 대한 증례 선택에 우식 진행 정도를 고려하는 세심한 주의를 기울여야 한다.

두 번째로, Icon®의 infiltration에 의해 병소 자체의 표면 조도를 감소시키는 효과가 없는 것으로 보이며 오히려 시술에 의해 표면 조도의 의도치 않은 증가 가능성을 가지는 것으로 생각되어진다. 그러므로 적용 후 레진 코팅층을 파괴하지 않는 세심한 연마 과정이 필요할 것이다.

세번째로, Icon®은 초기 법랑질 우식 병소의 표면층 미세경도를 향상시키는 기능은 갖지 않는 것으로 생각된다.

연구비지원 및 사의

이 논문은 전북대학교병원 임상연구소의 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

1. Kidd EA, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. J Dent Res 2004;83(Spec No C):C35-38
2. Nyvad B. The role of oral hygiene. In: Fejerskov O, Kidd E (eds). Dental caries. The Disease and Its Clinical Management, Oxford: Blackwell Munksgaard, 2008:257-264
3. Ellwood R, Fejerskov O,Cury JA,Clarkson J. Fluorides in caries control.In:Fejerskov O,Kidd E(eds).Dental caries. The Disease and Its Clinical Management. Oxford:Blackwell Munksgaard, 2008: 287-327
4. Paris S, Meyer-Lueckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration-A clinical report. Quintessence int 2009;40:713-718
5. Al-Khateeb S, Exterkate RA, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B, ten Cate JM. Light-induced fluorescence studies on dehydration of incipient enamel lesions. Caries Res 2002;36:25-30.
6. Fejerskov O, Nygaard V, Kidd E. Pathology of dental caries. In:Fejerskov O,Kidd E(eds).Dental caries. The Disease and Its Clinical Management. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2008:20-48
7. Ardu S,Castioni NV,Benbachir N,Krejci. Minimally invasive treatment of white spot enamel lesions. Quintessence Int 2007;38:633-636.
8. Meyer-Leuckel 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 2007;41:223-230.
9. Tong LS, Pang MK, Mok NY,King NM, Wei SH, The effects of etching,micro-abrasion, and bleaching on surface enamel. J Dent Res 1993;72:67-71
10. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM. Resin infiltration of natural caries lesions. J Dent Res 2007;86:662 – 666.
11. Goepferd SJ, Olberding P (1989). The effect of sealing white spot lesions on lesion progression in vitro. *Pediatr Dent* 11:14-16.
12. Garcia-Godoy F, Summitt JB, Donly KJ (1997). Caries progression of white spot lesions sealed with an unfilled resin. *J Clin Pediatr Dent* 21:141-143.
13. Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, Wood SR, Shore RC (2001). In vitro studies of the penetration of adhesive resins into artificial caries-like lesions. *Caries Res* 35:136-141.
14. Schmidlin PR, Zehnder M, Pasqualetti T, Imfeld T, Besek MJ (2004). Penetration of a bonding agent into de- and remineralized enamel in vitro. *J Adhes Dent* 6:111-115.
15. Mueller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, Hopfenmuller W, Kielbassa AM(2006). Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. *Oper Dent* 31:338-345.
16. Weitman RJ, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedure. J Am Dent Assoc 1975;65:29-33
17. Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, Kunzel W. Arrest and control of carious lesions: a study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. J Dent Res 1976;55:812-818

In vitro Meeasurement of the Mechanical Properties of Resin Infiltrant : Viscosity, Penetration Pattern, Surface Roughness, Microhardness

Seung-Hyun Hong, Min-Jeong Kim, Hye-Jin Cho, Mi-Kyung Yu, Kwang-Won Lee*

Department of conservative dentistry & Research Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University

In this study, we observed the penetration of the resin infiltrant into natural initial caries by SEM and CLSM, evaluated the pH and viscosity of resin infiltrant and several adhesives(All-bond 2, Scotchbond Multi-purpose, Clearfil SE bond), and measured the surface roughness and the microhardness on permanent teeth before and after applied resin infiltrant into initial enamel caries.

The viscosity(Pa.s) was observed for resin infiltrant(0.173±0.012), All-bond 2(0.754±0.030), Scotchbond Multi-purpose(1.46±0.137),and Clearfil SE bond(1.28±0.125). The pH was measured for resin infiltrant (4.7), All-bond 2(7.5), Scotchbond Multi-purpose(8.2), and Clearfil SE bond(4.67). An application procedure of resin infiltrant increased the surface roughness and the microhardness insignificantly($p>0.05$), when compared to non-applied specimens.

Key word : initail enamel caries, microhardness, resin infiltrant, surface roughness

Correspondence to : Prof. Kwang-Won Lee
Department of Conservative Dentistry & Research Institute of Clinical Medicine,
Chonbuk National University 664-14 Dukjin-Dong, Dukjin-gu, Jeonju, 561-756, Korea
Fax: +82-063-250-2129, E-mail: lkw@chonbuk.ac.kr
Received: January 15, 2011, Last Revision: February 15, 2011, Accepted: March 25, 2011