

접착제의 종류에 따른 침식치아에 대한 복합레진의 결합강도

이순영 · 이경호 · 노홍석 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

국문초록

침식 법랑질의 표층은 건전 법랑질과는 물리화학적 성상이 다르므로 침식 법랑질면에 대한 복합레진의 결합력을 증가시키기 위한 대안으로, 법랑질 내층으로의 침투력이 탁월한 infiltrant resin을 응용하는 방법을 생각하게 되었다. 본 연구는 다양한 정도로 인공 침식이 유발된 법랑질면을 대상으로, infiltrant resin과/또는 기존의 접착제를 적용한 경우의 복합레진 결합강도를 비교 분석할 목적으로 시도되었다.

건전한 순면을 가진 발거된 상악 유전치를 대상으로, 인공침식 유발 횟수 및 infiltrant resin과/또는 기존의 접착제를 적용한 방법에 따라 각 20개씩의 시료를 제작하였으며, 각 군의 미세인장 결합강도를 측정하고, 파절면의 파절 양상을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

법랑질 표면의 침식 유발 횟수가 늘어날수록 결합강도가 낮았다($p < 0.05$). 기존의 접착제 상부에 infiltrant resin을 추가 적용한 군, infiltrant resin만 적용한 군, 접착제만 적용한 군의 순으로 미세인장결합강도가 높게 나타났다($p < 0.05$). 파절 양상의 관찰에서는 인공 침식 유발 횟수가 적은 군 및 infiltrant resin을 적용한 군에서 응집파절의 비율이 높게 나타났다.

결론적으로, 법랑질의 침식도가 클수록 복합레진 수복물과의 결합 강도는 감소하였으며, infiltrant resin으로 기존의 적착제를 대체하거나 첨가함으로써 결합강도를 보완시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

주요어: 침식, 법랑질, 결합강도, Infiltrant resin, 복합레진

I. 서 론

치아 침식은 세균의 활동과 관련이 없는 화학적 과정에 의해 발생하는 치아 경조직의 점진적인 소실로 정의되며¹⁾, 그 발생에는 구토, 위산 역류, 산성 식품의 잘못된 섭취, 산성 약물의 복용, 직업, 불법 약물의 복용, 유채식주의, 과도한 잇솔질 등 다양한 원인 요소가 개입할 수 있다²⁾. 발생 직후에는 침식이 발생한 치아의 법랑질을 건조시켰을 때에만 탐지할 수 있을 정도로 미약한 표면 광택 소실만을 보이며, 어느 정도 진행되고 나서야 과민증 혹은 절단면 파절 등의 증상으로 환자가 인지하게 된다. 침식이 진행되면 상방의 법랑질 두께 감소로 상아질이 노출될 수 있으며, 치아 길이가 짧아지고 수직 교경이 감소하거나 심하면 상아질 과민증, 치수염증, 치수 노출까지 야기하기 때문에 침식 병소에 대한 초기 대응이 중요하다³⁾.

초기 침식 병소의 처치 시에는 침식을 유발한 원인 인자의 제

거 혹은 수복 치료를 고려할 수 있으며, 특히 접착제를 이용한 보존적인 방법이 추천된다⁴⁾. 오늘날에는 복합레진의 물성이 향상되고 접착 기술이 발전함에 따라, 침식 치아에 대한 비침습적인 접근이 가능해졌다⁵⁾. 이러한 법랑질과 복합레진 접착제간 결합의 기본 기전은 레진 태그이다. 산부식을 통해 표층 법랑질이 불규칙한 형태로 바뀌어 표면 에너지가 증가한다. 이 표층에서 접착레진이 침투하면서 치아 표면과 기계적으로 결합하여 유지력을 얻는다. 산성 환경에서는 모든 수복 재료가 시간 경과에 따라 성분 소실, 표면 경도 감소, 표면 거칠기 증가 등을 보일 수밖에 없으나, 여러 다양한 수복 재료 중에서도 복합레진이 우수한 내구성을 가진다⁶⁾. Shabani와 Richards⁶⁾는 다양한 하중과 pH에서 수종의 치과 재료들을 비교했을 때, 복합레진의 산에 대한 저항성이 가장 크다고 보고하였으며, Mohamed-Tahir 등⁷⁾의 연구에서도 동일한 결과를 보고한 바 있다.

그러나 침식 법랑질의 표면은 건전 법랑질과는 물리화학적인

교신저자 : 김 신

경상남도 양산시 물금읍 범여리 / 부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실 / 055-360-5180 / shinkim@pusan.ac.kr

원고접수일: 2011년 10월 01일 / 원고최종수정일: 2011년 11월 02일 / 원고채택일: 2011년 11월 08일

면에서 차이를 보이기 때문에, 불규칙한 치아 표면 내로 형성되는 레진 태그를 기본으로 하는 복합레진 수복물의 결합 양상 역시 달라지게 되며, 그 결합강도 또한 차이날 것으로 예상된다. 침식은 산에 의한 법랑질 표층의 초기 연화와 그 후 이어지는 치질의 영구 소실을 야기한다. 산에 노출된 법랑질은 표층에서부터 점차 하방으로 무기질이 소실되는 연화 과정을 거치는데⁸⁾, 시간이 경과함에 따라 연화 과정이 법랑질 내로 진행되므로, 법랑질층은 완전히 소실될 수도 있다⁹⁾.

이에 따라, 침식 법랑질면을 대상으로 복합레진을 이용하여 수복함에 있어서 수복물의 결합강도를 증가시키기 위한 대안으로, 기존의 접착제를 대신하여 법랑질 내층으로의 침투력이 탁월한 것으로 알려진 infiltrant resin을 적용하는 방법을 응용할 수 있다. 통상적으로 사용하는 레진을 법랑질 내부로 침투시키기 위해서는 많은 시간이 필요하며, 침투 깊이에 있어서 한계를 가지는데 반해, 최근 소개되고 있는 infiltrant resin은 기존의 레진보다 점도는 낮고 침투계수는 높아 법랑질 병소 내부로의 깊은 침투에 더 적합한 것으로 평가되고 있다¹⁰⁾.

이에 본 연구는, 다양한 정도로 인공 침식이 유발된 법랑질면을 대상으로, infiltrant resin 단독 또는 기존의 접착제와 병용한 후 복합레진 수복을 시행함으로써, 침식 정도와 접착제의 종류에 따른 복합레진의 결합강도를 비교 분석할 목적으로 시도되었다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

건전한 순면을 가진 발거된 상악 유전치 60개를 대상으로 하였다. 산 부식을 위하여 35% 인산 젤 (Ultra-etch[®], Ultradent Products, Inc, U.S.A)을 사용하였고, 레진 침투를 위하여 99% 에탄올 (ICON[®]-Dry, DMG, Germany)과 infiltrant resin (ICON[®]-Infiltrant, DMG, Germany) 및 접착레진 (Scotchbond[™] Multi-Purpose Plus Adhesive, 3M ESPE, U.S.A)을 사용하였으며, 복합레진 (Estelite Σ , Tokuyama Dental Corp., Japan)을 이용하여 수복하였다.

2. 연구 방법

1) 시편 제작 및 표면 처리

건전한 상악 유전치 60개를 선별하여 증류수에 냉장 보관하였으며, 실험에 앞서 대상 치아를 자가중합형 레진에 포매하였다. 15×15×5 mm의 플라스틱 몰드를 자가중합형 레진 (Tokuso curefast, Tokuyama Dental Corp., Japan)으로 채운 후, 상악 유전치 치관의 설면을 아크릴릭 레진에 포매하고, 순면은 노출시켰다. 플라스틱 몰드를 제거한 후 전체 시편을 임의로 3군으로 20개씩 나누었다. 37℃의 pH 3.2, 1% 구연산에서 총 20일간 1회 5분씩 인공 침식을 유발하되, 각 군별 1일 유발 횟수를 1, 5, 10회로 달리하였으며, 그 외 시간은

는 인공타액에 보관하였다. 1일 유발 횟수가 1회인 군을 1군, 5회인 군을 2군, 10회인 군을 3군으로 각각 명명하였다.

이 후, 각 치아의 순면을 횡적으로 1 mm 간격으로 3등분하여 다음과 같이 적용하였다: 35% 인산으로 30초간 산부식한 후 수세 및 건조, 95% 에탄올로 30초간 처리 후 건조, 이후 접착레진을 적용한 A군; 동일한 산부식과 에탄올 처리 후, infiltrant resin을 2분간 적용하고 40초간 광중합, 다시 infiltrant resin을 1분간 적용하고 40초간 광중합한 I군; 동일한 산부식과 에탄올 처리 후, infiltrant resin을 2분간 적용하고 40초간 광중합, 다시 infiltrant resin을 1분간 적용하고 40초간 광중합하였으며, 이후 상방에 접착레진을 적용하고 광중합한 IA군.

치아의 순면 상방에 5×3×5 mm의 플라스틱 몰드를 위치시킨 후, 복합레진을 1 mm씩 충전하고 광중합하는 과정을 반복하였다.

주수 하에서 다이아몬드 절삭 기계 (Accutom-50, Struers, Rødovre, Denmark)를 이용하여 접착계면에 대하여 X-축과 Y-축을 설정함으로써, 1 mm² 너비의 시료를 제작하였다.

최종적으로 치아시편은 인공 침식의 유발 횟수에 따른 3개 군과 접착제의 종류에 따른 3개 군의 조합에 따라, 총 9개의 군으로 구분되었으며, 각 군당 20개의 시편이 제작되었다. Table 1에는 각 군의 침식 유발 횟수 및 접착제 종류, 군명이 정리되어 있다.

2) 미세인장 결합강도의 측정

각 시편은 미세인장 결합강도를 측정하기 전 24시간 동안 증류수에 보관하였다. 시편을 미세인장 결합강도 시험기 (BIS-CO, Schaumburg, IL, U.S.A) 상의 지그에 고정시켰으며, 시편이 파절될 때까지 1.0 mm/min의 힘을 시편에 적용하였다. 파절이 일어나는 순간의 최대 결합강도를 측정하여 기록하였다.

3) 파절 양상 평가

각 시편의 파절 양상은 카메라 (Pixel link PL-B686 CU, Canada)가 부착된 입체현미경 (SZ-CTV, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 63배율로 확대 촬영하였으며, Image-Pro Plus 5.1 software (Media cybernetics Inc, U.S.A)를 이용하여 파절면의 영상을 얻었다. 파절 양상에 따른 분류는 다음과 같다: 접착 파절, 접착-치아 계면 상에서 복합레진이 파절된 경우; 응집 파절, 복합레진 내부에서 복합레진이 파절된 경우; 혼합 파절, 접착 파절과 응집 파절이 동시에 일어난 경우로 분류하였다.

Table 1. Groups used in this study are noted according to the number of erosive cycling and surface treatment methods

| The number of erosive cycling (5 min) | Methods | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|
| | adhesive only | infiltrant resin only | infiltrant resin + adhesive |
| 1 | A1 | I1 | IA1 |
| 5 | A2 | I2 | IA2 |
| 10 | A3 | I3 | IA3 |

4) 통계 분석

침식정도와 접착제의 종류에 따른 미세인장 결합강도의 비교를 위해 two-way ANOVA를 이용하였으며, 사후검정을 위해 Tukey's test를 이용하였다. 모든 통계량의 유의 수준은 0.05로 하였으며 유의확률 값이 유의수준 이하일 때 통계학적으로 의미가 있는 것으로 하였다. 통계 분석은 윈도우즈용 SPSS 12.0 (SPSS Inc., U.S.A)을 이용하였다.

Ⅲ. 연구성적

1) 미세인장 결합강도

각 군의 미세인장 결합강도 측정 결과는 Table 2에 정리되어 있다.

범랑질 표면의 1일 인공 침식 유발 횟수에 따라 미세인장 결합강도를 비교했을 때, 1회 > 5회 > 10회의 순으로, 침식 유발 횟수가 늘어날수록 결합강도는 낮았다($p < 0.05$).

접착제의 종류에 따라 미세인장 결합강도를 비교했을 때, 인공 침식을 유발한 범랑질 표면에 산 처리 후 infiltrant resin을 적용하고 상부에 접착레진을 추가 적용한 군이 가장 높은 결합강도를 보였고, infiltrant resin만 적용한 군이 그 다음이었으며, 접착레진만 적용한 군이 가장 낮은 결합강도를 보였다. Infiltrant resin만 적용한 군과 infiltrant resin 상방에 접착레진을 적용한 군 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 그러나 이 두 군 모두 접착레진만 적용한 군에 대해서는 각각 통계학적인 유의성을 보였다($p < 0.05$).

2) 파절 양상

파절 양상에 따른 시편의 수는 Table 3에 정리되어 있다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

침식은 세균의 개입 없이 산 용해에 의해 발생하는 치질의 소실로서, 교모, 마모, 침식의 세 가지 마멸 과정 중에서 치질 소실의 가장 큰 위험 요소에 해당된다.

침식은 강산 혹은 약산으로부터 생성되는 수소 이온에 의해, 또는 킬레이트제(chelating agent)라고 알려져 있는, 칼슘과

결합할 수 있는 음이온에 의해 발생한다. 수소 이온은 탄산 또는 인산 이온과 결합함으로써, 결정 표면으로부터 모든 이온을 방출시켜 직접적인 표면 침식 작용을 일으킨다. 특히, 구연산의 경우 물 속에서 수소 이온, 산 음이온, 해리되지 않은 산성 분자들의 혼합물 상태로 존재하는데, 산 음이온은 칼슘과 결합함으로써 결정 표면의 칼슘을 제거하는 역할을 한다¹¹⁾. 이러한 일련의 과정을 거치면서 범랑질은 물리적, 화학적 특성 변화를 겪게 된다.

침식에 의한 치질 소실이 관찰될 경우, 기능적, 심미적 문제로 진행되는 것을 막기 위하여 초기 단계에서 최소 침습적으로 치면을 봉쇄하는 것이 추천된다¹²⁾. 초기에는 치질 소실이 범랑질에 국한되기 때문에, 지각과민증을 호소하지 않으므로 침식 상태를 간과하기 쉬우나, 상아질로의 진행을 예방한다는 차원에서 수복 치료를 고려할 수 있다. 이러한 범랑질의 봉쇄와 치아 형태 재건은 침식에 의한 추가적인 범랑질 소실을 최소화하며, 수직교경의 재획득을 도모한다¹³⁾. 전치부와 구치부 모두 추가적인 치아 삭제 없이, 치질의 양을 최대한 보존하는 것이 좋으며, 특히 전치부의 경우 복합레진을 이용하여 수복해 줄 경우 최적의 결과를 얻을 수 있다¹⁴⁾. 소아치과 임상에서 주로 다루고 있는 유치와 미성숙 영구치에 있어서도, 탈락 시기까지 유지해 줄 목적으로 침식 병소의 수복치료를 권장하고 있으며¹⁵⁾, 특히 미성숙영구치의 경우 침식에 영향을 받으면 전 생애 동안 치열에 영향을 주고 광범위한 수복 치료를 받게 되므로, 조기 진단과 적절한 처치가 요구된다. Amaechi 등¹⁵⁾은 유치가 영구치에 비해서 침식에 대한 감수성이 1.5배 높다고 보고한 반면, Hunter 등¹⁶⁾과, Lussi 등¹⁷⁾은 유치와 영구치의 침식에 대한 감수성에 있어서 큰 차이가 없다고 하였다. 영구치에 비해 유치의 치아 침식 정도가 크게 관찰되는 것은, 유치 표층의 성숙도가 영구치에 비해 떨어지고 덜 광화되어 있어 유치가 상대적으로 취약한 내마모성을 보임에 따라 마모 과정에서 침식이 증첩되어 나타난 효과라고 볼 수 있다^{18,19)}. 유치의 범랑질 두께는 영구치와 비교했을 때, 얇으며 그 형태학적인 차이로 인해 상아질로의 진행 속도가 훨씬 빠르기 때문에, 유치 범랑질의 침식 병소에 대한 치과의사의 관심과 적극적인 개입이 절실히 요구된다.

구강내 환경이 지속적으로 산에 노출되어 치아 침식이 발생하면, 시각적으로 확인이 가능한 임상 증상 외에도 잔존 치질의

Table 2. Mean microtensile bond strength (MPa) and standard deviation (n=20)

| The number of erosive cycling (5 min) | Methods | | |
|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| | adhesive only [†] | infiltrant resin only ² | infiltrant resin + adhesive ² |
| 1 ^{a†} | 14.9 ± 3.3 | 17.1 ± 3.8 | 18.0 ± 3.7 |
| 5 ^b | 13.1 ± 2.8 | 15.1 ± 3.1 | 15.8 ± 3.3 |
| 10 ^c | 11.3 ± 3.0 | 12.8 ± 2.5 | 12.9 ± 2.8 |

[†]Statistically significant differences on surface treatment methods and the number of erosive cycling are shown by superscript numbers^{1,2} and letters^{a,b,c}. Same numbers are not significantly different($p > 0.05$).

Table 3. The number of specimen according to the failure mode

| Groups | Adhesive failure | Cohesive failure | Mixed failure | Total |
|--------|------------------|------------------|---------------|-------|
| A1 | 16 | 3 | 1 | 20 |
| A2 | 17 | 2 | 1 | 20 |
| A3 | 19 | 0 | 1 | 20 |
| I1 | 12 | 7 | 1 | 20 |
| I2 | 14 | 4 | 2 | 20 |
| I3 | 18 | 1 | 1 | 20 |
| IA1 | 10 | 8 | 2 | 20 |
| IA2 | 14 | 5 | 1 | 20 |
| IA3 | 17 | 2 | 1 | 20 |

물리적 특성 변화까지 야기한다. 침식성 탈회는 미세경도의 감소를 야기하며^{20,21)}, 표면을 연화시켜 기계적 자극에 취약한 상태로 만들게 된다²²⁾. 이러한 법랑질의 특성 변화로 인해, 법랑질 면과 수복물간 결합 양상 역시 변화하게 되며, 이는 치질과 수복물간 계면부위의 결합강도에 영향을 준다. 수복물의 수명은 재료의 내구성과 내마모성, 치질 파괴 정도, 수복 위치, 교합력 외에도 계면부위의 결합강도에 의해 좌우되므로, 본 연구에서 법랑질 침식의 진행 정도에 따른 복합레진의 결합강도를 비교 실험하는 의미를 찾을 수 있겠다.

다양한 수준의 침식 유발에 관여하는 인자로는 온도, 농도, 침식유발시간, 침식유발산의 종류 등을 들 수 있다²³⁾. 특히 온도에 있어서 Davis와 Winter²⁴⁾는 25-37℃일 때 침식이 가장 잘 일어난다고 하였으며, West 등²⁵⁾은 저온의 산성 음료수를 섭취하는 경우에는 침식 가능성이 낮은 반면, 고온의 산성 음료수 섭취시에는 치질을 파괴할 가능성이 높다고 하였고, 온도와 침식 정도는 비례한다고 보고하였다. 한편 산의 농도와 침식 정도에 대한 비교에 있어서는, 산의 농도가 증가할수록 침식 가능성 역시 높아지나, 0.5-1.0% (w/v)의 산 농도 이상에서는 큰 차이가 없다고 하였으며, 구연산 농도가 0.05%일 때의 법랑질 침식 깊이는 0.4 μm 에 불과한 반면, 1.0%의 농도에서는 3 μm 까지 침식이 발생한다고 보고하였다. Dennison²⁵⁾은 산성 용액의 농도와 산과 법랑질의 접촉시간에 따라 침식 정도가 달라진다고 하였으며, Eisenburger와 Addy²⁶⁾는 구연산을 사용한 실험에서 pH값과 침식유발시간에 영향을 받는다고 하였다. 법랑질 용해를 유발하는 pH값이 5.5이므로, pH 4 이하의 산성 식품은 침식을 유발한다고 간주해야 한다²⁷⁾. 본 연구에서는 침식유발능이 높은 조건의 집합체로서, 37℃의 pH 3.2 1% 구연산을 이용하여 침식을 유발하였으며, 구연산에 침지시키는 시간을 다양하게 부여하여 세 가지 수준으로 인공침식을 유발한 시편을 제작하였다. 본 연구에서 사용된 구연산은 대부분의 과일 주스와 산성 음료수에 다량 함유된 성분으로, 침식 과정을 야기하는 주요 산의 하나이다²⁸⁾. 구연산은 킬레이트제로 작용하여 칼슘과 같은 무기질과 결합함으로써²⁹⁾, 법랑질 소주를 노출시키는 형태학적 구조 변이를 유발한다³⁰⁾. 주사전자현미경을 통해 침식법랑질표면을 관찰한 연구³¹⁾에 의하면, 소주 중심부의 구조적 변이와 함께 다공성 구조가 노출되었다. 특히, 연마된 법랑질 표면은 산에 빠르게 반응하므로, 구강 내에서와 유사한 환경에서 최외층 무소주 법랑질의 침식을 유도하기 위해서 법랑질 표면을 연마하지 않은 상태에서 본 실험에 임하였다³²⁾. 이렇게 준비된 시편들을 대상으로 복합레진 수복물에 대한 결합강도 평가를 실시한 결과, 침식 유발 정도가 심할수록 결합강도는 감소하는 것으로 밝혀졌다. 다시 말하면, 법랑질의 침식 유발 정도가 커질수록, 법랑질 표면의 형태학적 변이와 화학적 변화 정도가 커짐으로써 치면과 복합레진간 결합 양상이 변화하게 되고, 결과적으로 결합강도의 약화를 야기하게 된다. 즉, 침식 법랑질면을 대상으로는 기존의 접착제를 사용한 복합레진 수복과정에서 종전만큼의 결합강도를 확보할 수 없다. 이러한 한계에 대한 대안으로서, 본 연구에서는 infiltrant resin을 접착레진 대신, 혹은

접착레진과 함께 적용함으로써 결합강도의 증대를 꾀하는 방안을 모색하게 되었다.

법랑질 침식 정도가 증가할수록 감소하는 복합레진 결합강도를 보완할 요량으로 제시된 infiltrant resin은 레진침투를 방해하는 우식병소의 표층을 제거한 뒤 병소 본체에 저점도의 레진을 깊이 침투시켜 치아 우식증의 진행을 적극적으로 정지시키고자 하는 방법이다. 이 처치는 레진 중합체가 병소 내부 무기질의 일부를 덮어 산에 의한 영향을 차단하고, 다공성의 병소 내부로 침투하여 기계적인 강화를 도모하는 방식이다³³⁾. 이를 위해서 Paris 등³⁴⁾은 TEGDMA와 HEMA, 20% 에탄올을 포함하는 실험 레진을 연구하여 빠르고 깊은 침투에 적합한 새로운 infiltrant resin을 개발하였는데, infiltrant resin은 낮은 점성과 작은 접촉각을 이루어 침투계수를 증가시킨 장점이 있는 반면^{34,35)}, 중합수축과 중합응력이 증가하는 결과를 낳아^{36,37)}, 결합강도에 부정적인 요소로 작용할 소지도 있다^{38,39)}. 또한 infiltrant resin의 법랑질 내부로의 침투 양상이 균일하지 못한 경우, 중합 수축, 산소 차단 혹은 용매제의 불충분한 기화 등을 야기하여 결합강도에 영향을 미칠 수도 있다³⁵⁾. Infiltrant resin은 깊은 침투 깊이를 갖는 대신 그 양상이 불균일한 반면, 기존 접착제는 균일한 층을 형성하며 치면에 결합하지만 그 깊이가 표층에 국한된다는 한계를 갖는다⁴⁰⁾. 본 연구에서는 기존의 접착제를 사용한 복합레진 수복시 결합강도가 가장 낮았으며, infiltrant resin을 적용했을 때의 결합강도가 그 뒤를 이었고, infiltrant resin과 기존 접착제를 모두 사용한 경우에 가장 우수한 결합강도를 보였다. Infiltrant resin과 기존 접착제를 모두 사용한 군의 경우, infiltrant resin이 법랑질 내부까지 깊이 침투하여 결합강도를 증진시키면서, 기존의 접착제가 표층상방을 균일하게 덮어 표층을 보강하는 효과를 동시에 얻을 수 있었기에 결합강도가 가장 높게 나온 것으로 생각된다. 즉, 침식 병소의 복합레진 수복에 있어 infiltrant resin을 적용하거나 그 상방에 기존 접착제까지 적용하면, 결합강도를 증가시키고 최종적으로 수복물의 수명 증대 및 예후 향상에도 도움이 될 것이라고 판단된다.

Infiltrant resin 단독 또는 기존의 접착제와 병용하기에 앞서, 법랑질 표면의 산처리 과정이 수행되어야 한다. Kim 등⁴¹⁾은 자연우식병소의 표층을 제거하는 데에 있어 35% 인산은 부적절하고 15% 염산이 표층을 적절히 제거한다고 보고한 바 있으나, Gray와 Shellis⁴²⁾는 인공적으로 유발한 병소에 있어서 35% 인산을 이용한 간단한 산부식만으로도 레진 침투를 증대시켜 줄 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 인공 침식 병소를 대상으로 실험을 진행하였기에, 모든 실험군을 대상으로 공통적으로 35% 인산을 이용해 산부식하도록 실험을 설계하였다. 또한, 적절한 시간 동안 타액 혹은 재광화 용액에 노출시켜 무기질을 재획득할 수 있도록^{43,44)}, 구연산 침지 시간을 제외하고는 인공타액 내에 시편을 보관하여 구강내 환경과 유사한 조건을 만들어주려고 노력하였다.

과절 양상의 경우에는, 결합강도가 증가할수록 이와 비례하여 응집파절의 비율이 커지는 것으로 나타났다. 즉, 결합강도가

증가할수록 접착계면에서의 결합 실패보다 수복물 내부에서의 파절로 인한 수복물 실패 비율이 더 증가하였으며, 이는 특히 infiltrant resin을 이용해 치면처리한 군에서 법랑질 내부로의 깊은 침투를 얻었기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구는 구강 외에서 이루어진 만큼, 생체 내에서 일어나는 생물학적, 행동학적, 구강위생 관련 요인 등은 배제한 채로 진행되었으며, 그에 따라 화학적 요인에 대한 단일평가만을 바탕으로 이루어졌다는 한계가 있다. 그러나 칫식 병소의 초기 대응책이라고 할 수 있는 복합레진 수복치료에 있어서, 결합강도의 증가와 더불어 결과적으로 수복물의 수명 증대까지 꾀할 수 있는 방안을 찾아냈다는 점에서 그 임상적 의의를 찾을 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 다양한 정도로 인공 칫식이 유발된 법랑질면을 대상으로, infiltrant resin 단독 또는 기존의 접착제와 병용한 경우의 복합레진 결합강도를 비교 분석할 목적으로 시도되었다. 건전한 순면을 가진 발거된 상악 유전치 60개를 선택하여 37°C의 pH 3.2, 1% 구연산에서의 5분간 인공칫식 유발 횟수에 따라 1, 5, 10회 유발한 군으로 분류하였다. 그리고 각 시료 치아의 협면을 횡적으로 3등분하여, 산부식 후 접착제를 적용한 군, infiltrant resin을 적용한 군, infiltrant resin 적용한 상부에 다시 접착제를 추가 적용한 군으로 구분하였다. 이후 복합레진 수복을 시행하고 군당 총 20개의 시편을 제작하였다. 각 군의 미세인장 결합강도를 측정하고, 입체현미경을 이용하여 시편의 파절 양상을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질 표면의 칫식 유발 횟수에 따른 미세인장 결합강도는 1회-5회-10회의 순으로 높게 나타났으며, 칫식 유발 횟수가 늘어날수록 결합강도가 낮았다($p < 0.05$).
2. 접착제의 종류에 따른 미세인장 결합강도의 비교에서는, 기존의 접착제 상부에 infiltrant resin을 병용한 군-infiltrant resin만 적용한 군-기존 접착제만 적용한 군의 순으로 높게 나타났다. Infiltrant resin만 적용한 군과, infiltrant resin과 기존 접착제를 병용한 군 간에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
3. 파절 양상의 관찰에서는 인공 칫식 유발 횟수가 적은 군 및 infiltrant resin을 적용한 군에서 응집파절의 비율이 높게 나타났다.

결론적으로, 법랑질의 칫식도가 클수록 복합레진 수복물과의 결합강도는 감소하였으며, infiltrant resin으로 기존의 접착제를 대체하거나 첨가함으로써 결합강도를 보완시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Prietsch JR, de Souza MA, Gomes AS : Unusual dental erosion caused by a cola drink. J Clin Orthod, 36:549-552, 2002.

2. Amaechi BT, Higham SM : Dental erosion: possible approaches to prevention and control. J Dent, 33: 243-252, 2005.
3. Lazarchik D, Filler S : Effects of Gastroesophageal reflux on the oral cavity. Am J Med, 103:107S-113S, 1997.
4. Yip KH, Smales RJ, Kaidonis JA : The diagnosis and control of extrinsic acid erosion of tooth substance. Quintessenc Int, 33:516-520, 2002.
5. A. Lussi : Dental erosion from diagnosis to therapy. Karger, Switzerland, 204, 2006.
6. Shabanian M, Richards LC : In vitro wear rates of materials under different loads and varying pH. J Prosthet Dent, 87:650-656, 2002.
7. Mohamed-Tahir MA, Tan HY, Woo AA, et al. : Effects of pH on the microhardness of resin-based restorative materials. Oper Dent, 30:661-666, 2005.
8. Attin T, Buchalla W, Gollner M, et al. : Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel. Caries Res, 34:48-52, 2000.
9. Eisenburger M, Hughes J, West NX, et al. : Ultrasonication as a method to study enamel demineralization during acid erosion. Caries Res, 34: 289-294, 2000.
10. 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.
11. A. Lussi : Dental erosion from diagnosis to therapy. Karger, Switzerland, 68-72, 2006.
12. Azzopardi A, Bartlett DW, Watson TF, et al. : The measurement and prevention of erosion and abrasion. J Dent, 29:393-400, 2001.
13. Linnett V, Seow WK : Dental erosion in children: a literature review. Pediatr Dent, 23:37-43, 2001.
14. Harley K : Tooth wear in the child and the youth. Br Dent J, 186:492-496, 1999.
15. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM : Factors influencing the development of dental erosion in vitro: enamel type, temperature and exposure time. J Oral Rehabil, 26:624-630, 1999.
16. Hunter ML, West NX, Hughes JA, et al. : Relative susceptibility of deciduous and permanent dental hard tissues to erosion by a low pH fruit drink in vitro. J Dent, 28:265-270, 2000.
17. Lussi A, Kohler N, Zero D, et al. : A comparison of

- the erosive potential of different beverages in primary and permanent teeth using an in vitro model. *Eur J Oral Sci*, 108:110-114, 2000.
18. Jones SG, Nunn JH : The dental health of 3-year-old children in east Cumbria. *Community Dent Health*, 12:161-166, 1995.
 19. Millward A, Shaw L, Smith AJ, et al. : The distribution and severity of tooth wear and the relationship between erosion and dietary constituents in a group of children. *Int J Paediatr Dent*, 4:151-157, 1994.
 20. Lussi A, Jaeggi T, Jaeggi-Schärer S : Prediction of the erosive potential of some beverages. *Caries Res*, 29:349-354, 1995.
 21. Maupome G, Diez-de-Bonilla, Torres-Villasenor G, et al. : In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. *Caries Res*, 32:148-153, 1998.
 22. Attin T, Koidl U, Buchalla W, et al. : Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. *Arch Oral Biol*, 42:243-250, 1997.
 23. West NX, Hughes JA, Addy M : Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil*, 27:875-880, 2000.
 24. Davis WB, Winter PJ : Dietary erosion of adult dentine and enamel protection with a fluoride toothpaste. *Br Dent J*, 143:116, 1977.
 25. Dennison JB : Characterization of enamel surface prepared with experimental etchants. *J Am Dent Assoc*, 97:799-805, 1978.
 26. Eisenburger M, Addy M : Evaluation of pH and erosion time on demineralization, *Clin Oral Invest*, 5:108-111, 2001.
 27. Rytomaa I, Meurman J, Koskinen Jea : In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. *Scand J Dent Res*, 96:324-333, 1988.
 28. Lussi A, Jaeggi T, Zero D : The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res*, 38:34-44, 2004.
 29. Attin T, Meyer K, Hellwig E, et al. : Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol*, 48:753-759, 2003.
 30. Hunter ML, West NX, Jughes JA, et al. : Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment. *J Dent*, 28:257-263, 2000.
 31. Sauro S, Mannocci F, Piemontese M, et al. : In situ enamel morphology evaluation after acidic soft drink consumption: protection factor of contemporary toothpaste. *Int J Dent Hyg*, 6:188-192, 2008.
 32. Edwards M, Creanor SL, Foye RH, et al. : Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. *J Oral Rehabil*, 26:923-927, 1999.
 33. Paris S, Meyer-Luekel H, Kielbassa AM : Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 86:62-666, 2007.
 34. Paris S, Meyer-Lueckel H, Colfen H, et al. : Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltration enamel carious lesions. *Dent Mater* 23:742-748, 2007.
 35. Paris S, Meyer-Luekel H, Colfen H, et al. : Resin infiltration of artificial enamel caries lesions with experimental light curing resins. *Dent Mater*, 26:582-588, 2007.
 36. Goncalves F, Pfeifer CC, Stansbury JW, et al. : Influence of matrix composition on polymerization stress development of experimental composites. *Dent Mater*, 26:697-703, 2010.
 37. Sun J, Lin-Gibson S : X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. *Dent Mater*, 24:228-234, 2008.
 38. Ilie N, Kunzelmann KH, Hickel R : Evaluation of micro-tensile bond strengths of composite materials in comparison to their polymerization shrinkage. *Dent Mater*, 22:593-601, 2006.
 39. Asmussen E, Peutzfeldt A : Short-and long term bonding efficacy of a self-etching, one step adhesive. *J Adhes Dent*, 5:41-45, 2003.
 40. 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.
 41. 김인영, 정태성, 김신 : 평활면 초기 우식병소의 표면 처리에 따른 조직상 및 접착제의 침투 양상 비교. *대한소아치과학회지*, 36:30-37, 2009.
 42. 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.
 43. Eisenburger M, Addy M, Hughes JA, et al : Effect of time on the remineralization of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. *Caries Res*, 35:211-215, 2001.
 44. 김정옥 : 산성 음료수에 의한 법랑질 침식과 구강내 재경화에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 25:312-322, 1998.

Abstract

COMPARISON OF MICROTENSILE BOND STRENGTH OF
COMPOSITE RESTORATION TO ERODED ENAMEL BY SURFACE TREATMENT

Soon-Young Lee, Kyung Ho Lee, Hong-Seok Noh, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

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

Composite resin has been widely used for eroded enamel. But, as there have been many reports about the differences in physicochemical characteristics of eroded enamel compared with sound enamel, an additional effort was thought necessary to obtain the optimal bond strength. As a possible answer, we came to think about the application of infiltrant resin which is known to have an excellent penetration capacity into enamel. This study was performed for the purpose of comparing the bond strength of composite restoration with or without infiltrant resin under adhesives on the artificially eroded enamel.

60 extracted sound maxillary primary incisors were selected and divided into group 1, 2, 3 according to the number of artificial erosion cycling for 5 minute duration in 1% citric acid of pH 3.2 at 37°C. And the labial surfaces were divided into 3 areas: group A, only resin adhesive was used, group I, only infiltrant resin, group IA, infiltrant resin followed by resin adhesive. Afterwards, every specimen was restored with composite resin. Microtensile bond strength was measured and failure modes were observed. The obtained results were as follows:

1. In comparing the bond strength by the degree of enamel erosion, it was revealed the highest bond strength in group 1, followed by group 2 and 3, showing the lowest bond strength in most eroded group ($p < 0.05$).
2. In comparing the bond strength by surface treatment methods, group IA and I showed higher value than group A ($p < 0.05$), with insignificant difference between group I and IA ($p > 0.05$).
3. In observation of failure mode, it was shown higher frequency of cohesive failure in order of 1-2-3 and IA-I-A.

Conclusively, it was shown decreasing tendency of bond strength as the enamel is more eroded, and infiltrant resin was thought helpful to replace or add to the resin adhesive for optimal bonding with eroded enamel.

Key words : Erosion, Enamel, Bond strength, Infiltrant resin, Composite resin