

자가 산부식 프라이머 시스템 사용시 인산에 의한 부가적인 산부식이 미세누출에 미치는 영향

윤정진 · 민경산 · 홍찬의*

단국대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITIONAL ENAMEL ETCHING ON MICROLEAKAGE OF THE ADHESION OF SELF-ETCHING PRIMER SYSTEM

Jung-Jin Yoon, Kyung-San Min, Chan-Ui Hong*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study is to evaluate the effect of additional enamel etching with phosphoric acid on the microleakage of the adhesion of self-etching primer system.

Class V cavity(4 mm×3 mm×1.5 mm) preparations with all margins in enamel were prepared on buccal surface of 42 extracted human upper central incisor teeth. Prepared teeth were randomly divided into 3 groups.

Group 1 : no additional pretreatment with 37% phosphoric acid (NE).

Group 2 : additional pretreatment with 37% phosphoric acid for 10 seconds (E10s).

Group 3 : additional pretreatment with 37% phosphoric acid for 20 seconds (E20s).

The adhesives(Clearfil SE Bond®, Kuraray, Osaka, Japan) and composite resins(Clearfil AP-X®, Osaka, Kuraray, Japan) were applied following the manufacturer's instructions. All the specimens were finished with the polishing disc(3M dental product, St Paul, MN, USA), thermocycled for 500 cycles between 5℃ and 55℃ and resected apical 3-mm root. 0.028 stainless steel wire was inserted apically into the pulp chamber of each tooth and sealed into position with sticky wax. Surrounding tooth surface was covered with a nail varnish 2 times except areas 1 mm far from all the margins. After drying for one day, soaked the samples in the distilled water. Microleakage was assessed by electrochemical method(System 6514, Electrometer®, Keithley, USA) in the distilled water.

In this study, the microleakage was the lowest in group 1(NE) and the highest in group 3(E20s)(NE<E10s<E20s). But no statistically significant differences were found($p=0.5$).

On the basis of findings from this experiment, it can be concluded that additional enamel etching has no influence on the microleakage of the adhesion of self-etching primer system.

Key words : Self etching primer, Microleakage, Electrometer, Phosphoric acid, Electrochemical method, Enamel etching

I. 서 론

현재 사용되는 접착 시스템은 접착단계를 단순화시키고 치료시간을 단축시키기 위해 소개되었으며, 일반적으로 단

일병 접착제 (one-bottle adhesive 또는 self priming adhesive)와 자가 산부식 프라이머(self etching primer)로 나뉜다.

이중 자가 산부식 프라이머는 법랑질과 상아질을 동시에

처리하며, 프라이밍(priming)하는 산성의 phosphonated resin(예; Phenyl-P, MDP 등)을 포함하고 있으며 기존의 산부식제와는 달리 컨디셔너를 물로 세척하지 않는 것이 특징이다. 자가 산부식 프라이머를 도말층(smear layer)으로 덮인 치아의 표면에 적용하면 산성의 프라이머는 도말층을 변형 또는 용해시키고 또한 법랑질과 상아질 면을 탈회시킨다. 그 후 적용되는 접착제에 의해 혼성층(hybrid layer)이 형성된다. 자가 산부식 프라이머는 기존의 도말층을 제거하는 시스템과는 달리 도말층을 접착에 사용하기 때문에 이전에 나타나지 않았던 문제점 즉, 도말층의 성상이나 두께에 따른 접착력의 변화 등이 나타나고 있다. 또한 과거의 자가 산부식 프라이머들은 높은 pH로 인해 산부식 능력이 떨어지기 때문에¹⁾ 법랑질이나 경화성 상아질(sclerotic dentin)에 대한 접착력이 떨어지는 것으로 보고 된 바 있으며²⁾ 이로 인해 법랑질에 자가 산부식 프라이머를 적용할 때 부가적인 산부식이나 프라이머의 적용시간을 늘여야 한다는 보고³⁾도 있다. 하지만 최근 개발된 자가 산부식 프라이머들은 상아질 뿐만 아니라 법랑질에서도 단일병 접착 시스템과 비교할 때 뒤지지 않는다는 결과들도 보고되고 있다⁴⁻⁹⁾. 이렇듯 자가 산부식 프라이머 사용시 법랑질에 대한 접착에 대해서는 아직까지도 많은 논란이 되고 있다.

기존의 3단계의 접착 시스템이나 2단계 접착 시스템 중에서 단일병 접착 시스템에서 사용되는 인산은 법랑질의 표면적을 증가시키는 역할을 하며 견고한 접착을 가능케 한다.

재료의 물리적 성질 중 미세누출은 수복물의 수명을 보장하는 조건중 하나이며 이것의 실패는 술후 민감성과 변연 착색, 이차 우식, 치수에 염증 또는 수복물의 탈락을 유발한다. 이러한 미세누출을 측정하는 법에는 많은 방법들이 있으며, 이 중 전기화학적 측정법은 접착 계면에 미세누출이 존재할 경우 미세전류가 매질을 통해 흐름을 이용한 방법으로 높은 미세전류값은 높은 미세누출을 의미한다.

따라서 본 연구는 자가 산부식 프라이머 접착 시스템에 37% phosphoric acid를 10초 및 20초간 부가적으로 적용하는 방법이 법랑질 접착에 도움이 될 수 있는지를 전기화학적 측정법을 이용하여 알아보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

자가 산부식 프라이머 접착 시스템으로 Clearfil SE Bond®(Kuraray, Osaka, Japan)를 사용하였고 충전재로 Clearfil AP-X®(Kuraray, Osaka, Japan)(A3)를 사용하였으며 부가적인 인산부식을 위해 37% phosphoric acid(Vericom, Kyung-gi, Korea)를 사용하였다.

2. 실험방법

가. 시편제작

치주 원인으로 발거된 건전 상악 전치 42개를 선택하여 순면에 가로, 세로, 깊이를 각각 4mm, 3mm, 1.5mm(C-factor = 2.75)의 와동을 형성하고 3개군으로 분류한 다음 각 군당 14개 치아씩 무작위로 배정하였으며, 각 군의 분류 및 처치는 table 1과 같다.

인산부식은 자가 산부식 프라이머 도포 전에 적용하고 20초간 수세 후 건조한 뒤 Clearfil SE Bond®의 프라이머를 20초간 적용하고 10초간 건조하였으며, 접착제를 적용한 다음 10초간 광중합하였다. 그 후 Clearfil AP-X®(A3)를 단일충전(bulk filling)법과 40초의 광중합을 통하여 와동을 수복하였다. 모든 수복물을 Sof-Lex®(3M, St. Paul, MN, U.S.A) disc로 연마한 다음 실험치아들을 통법에 따라 5℃~55℃¹⁴⁾로 500회 thermocycling을 시행하였다. 미세전류(μA) 측정을 위한 전극형성을 위해 치근단부 치근을 3 mm 절단, 제거한 다음 Gate-Glidden bur를 #1부터 #3까지 순차적으로 사용하여 와이어(wire)를 위한 공간을 형성하였다. 근관이 건조되지 않은 상태에서 0.028 stainless steel 교정용 와이어를 치수벽에 닿을 때까지 삽입한 뒤 sticky wax로 근첨부를 밀봉하고 nail varnish를 수복물에서 1mm 떨어지게 하여 2회 도포하였으며, 1일간 건조한 다음 증류수에 보관하였다.

Table 1. Experimental groups.

Group	Treatment	
Group 1	no additional pretreatment with 37% phosphoric acid	NE
Group 2	additional pretreatment with 37% phosphoric acid for 10 seconds	E10s
Group 3	additional pretreatment with 37% phosphoric acid for 20 seconds	E20s

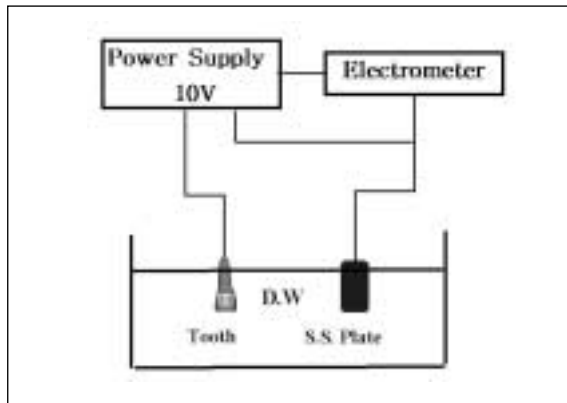


Figure 1. Measuring method for microleakage.

Table 2. Effect of additional enamel etching on micro-leakage.

Group	No.	Mean(μ A)	SD
Group 1; NE	14	3.0866	1.0299
Group 2; E10s	14	3.9489	3.0594
Group 3; E20s	14	4.0839	2.0896

Table 3. Statistical analysis between groups.

Group	No.	Mean(μ A) (SD)	Group 1	Group 2	Group 3
Group 1	14	3.0866 (1.0299)			
Group 2	14	3.9489 (3.0594)			
Group 3	14	4.0839 (2.0896)			

나. 미세전류 측정

Figure 1과 같은 회로를 통해 10V의 전압 하에서 미세전류(μ A)를 측정하였다. 실험시 일정한 전압을 부여하기 위해 직류 공급원인 TOE 8841®(TOELLNER electronic instrument GMBH, Germany)을 이용하였고, 미세전류 측정에는 6514 system Electrometer®(Keithley, U.S.A)를 사용하였다.

다. 성적(Scoring)

전류적용 후 5분에서 10분까지의 평균값과 이를 3회 반복하여 측정한 평균값을 시편의 미세전류값으로 인정하였다. 각 군내 시편들의 평균을 내어 이를 군의 미세전류값으로 인정하였다.

라. 통계 처리

각 군간의 미세전류값에 대한 유의성 검정은 One-way ANOVA test와 Scheffe Post Hoc test를 사용하여 검증하였다.

Ⅲ. 실험 결과

인산처리에 따른 각 군의 평균 미세전류값은 table 2와 같으며, 각 군에 대한 유의성 검정은 table 3과 같다.

각 군의 미세전류의 평균값은 자가 산부식 프라이머 적용 전에 부가적인 인산 처리를 하지 않은 1군(NE군)이 가장 적었으며, 10초간 인산을 적용한 2군(E10s군), 20초간 인산을 적용한 3군(E20s군) 순서로 높게 나타났으나 각 군간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

치의학 분야에서 최근의 접착 치의학이 이루어 낸 성과는 실로 놀랄만하다. 산처리된 치질에 대한 접착은 와동 형태 및 우식 예방뿐만 아니라 치의학에서의 심미성 등에 대한 개념을 변화시켰다¹⁰⁾. 접착 시스템은 발전을 거듭하여 최근에는 믿을 수 있고 내구성 있는 제 4세대의 3단계 접착 시스템이 개발되었으며, 이를 근간으로 하여 그 접착 단계를

2단계로 간소화한 접착 시스템이 개발되어 상품화되었다.

이러한 접착 시스템 중에서 접착제와 분리된 인산 처리와정을 사용하는 시스템을 자가 프라이밍 접착(self priming adhesive) 시스템 또는 단일병(one-bottle) 시스템이라고 하며, 이것은 기존의 4세대 접착 시스템의 3단계 중에서 상아질 프라이머(primer)와 접착제(adhesive)의 기능을 하나로 통합한 형태이다. 다른 하나는 자가 산부식 프라이머(self-etching primer) 시스템으로 이는 법랑질과 상아질을 동시에 표면부식하고 프라이밍한 뒤 별도의 수세과정 없이 접착제를 도포하는 방식이다.

단일병(one-bottle) 시스템은 분리된 산부식 과정이 존재하며 이러한 산부식은 약 5~50 μ m 깊이의 다공성의 법랑질 표면을 만든다⁴⁾. 이러한 다공성의 구조에 프라이머와 접착제의 혼합물이 들어가 중합되는 방식으로 wet bonding을 그 근간으로 한다. 단일병 시스템에서 산 부식된 치질에 레진이 완전히 침투하지 못하면 레진으로 보호받지 못하는 치질이 존재하게 되며 이 부분이 오랜 기간 수분에 노출되면 가수분해에 민감하게 된다¹¹⁾. 이러한 보호받지 못하는 치질은 미세누출의 통로로 작용하여 액체를 혼성층과 접착 레진으로의 투과를 허용한다. 이런 현상은 중합되지 않은 수용성의 단량체, 저 분자량의 올리고머(oligomer)의 유리와 레진과 상아질 사이의 결합의 파괴를 유발한다¹²⁾. 이는 곧 수복물의 실패를 의미한다.

반면 자가 산부식 프라이머를 도말층(smear layer)이 덮인 치아 표면에 적용하면 이러한 산성의 프라이머는 도말층을 녹이거나 변형시키는 동시에 법랑질과 상아질 표면을 탈회시킨다. 이러한 시스템은 산성의 단량체를 사용하여 산부식과 프라이밍 과정이 동시에 이루어지며 산의 수세 과정이 사라지면서 다른 접착 시스템에 비해 더욱 쉽고¹³⁾ 안정적인 되었으며 산부식에 의해 야기됐던 문제들도 사라졌다¹⁰⁾.

자가 산부식 프라이머의 부식효과는 법랑질 소주가 용해되는 동안 유리된 칼슘과 인 이온에 의해 어느 순간 중화된다. 이러한 고농도의 이온은 인회석(apatite) 결정의 용해가 더 이상 진행되는 것을 제한하는 경향이 있다. 표면에서 이러한 이온의 침착은 깊은 부위로의 탈회를 방해하며 접착제가 완전히 침투할 수 있는 얇은 탈회층을 형성한다¹⁴⁻¹⁶⁾.

현재 개발된 자가 산부식 프라이머 시스템은 기질 차이에 의해 법랑질과 상아질에 완전히 다른 결과를 보인다^{10,17)}. 자가 산부식 프라이머는 인산(pH=0.6)에 비해 상대적으로 높은 pH(1.51-3.03)로 인해 산부식 능력이 낮다¹⁷⁾. 따라서 자가 산부식 프라이머는 상아질 접착에는 적절하지만 법랑질에 대한 부식양상은 인산에 비해 약하다¹¹⁾. 예를 들어 Clearfil Liner Bond 2[®](Kuraray, Japan)에 의해 만들어지는 혼성층은 분리된 산성의 컨디셔너를 사용하는 접착 시스템에 비해 매우 얇다(1~2 μ m)^{15,16)}. 이러한 얇은 혼성층으로 인해 자가 산부식 프라이머에 대한 접착강도와 미세누

출에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 그 결과는 다양하다. 법랑질에서의 약한 산부식 능력에 대한 대안으로 부가적인 인산부식이나 자가 산부식 프라이머를 2회 도포하거나, 도포시간을 늘리는 방법 등이 제시되어 왔다³⁾.

위에서 언급한대로 자가 산부식 프라이머 시스템은 상아질에서의 미세누출은 단일병 접착 시스템에 비해 유리하지만 법랑질에서는 산부식 능력이 떨어지는 관계로 그 결과가 의심스럽다. 이에 본 실험에서는 Clearfil SE Bond[®]를 사용하여 자가 산부식 프라이머 적용시 법랑질에서의 미세누출이 부가적인 인산 부식으로 어떻게 변화하는지를 보고자 하였다.

수복물의 밀폐능력은 수복물의 수명을 보장하는 조건중 하나이며 이의 실패는 술후 민감성과 변연 착색, 이차 우식 및 치수에 염증 또는 수복물의 탈락을 유발시킨다^{6,18)}. 현재 치질과 접착제의 계면을 완전히 접착시키기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있음에도 불구하고 아직까지 미세누출이 완전히 발생되지 않는 접착제는 불행하게도 없다¹⁹⁾.

지난 몇 십년간 미세누출의 측정에는 박테리아를 이용하거나 압축공기, 색소침투법, fluorometric assay, radioactive isotope 침투법과 SEM 검사법 등을 사용하였다²⁰⁾. 이러한 미세누출 측정방법은 그 평가가 주관적이었으며 완벽히 정량화 될 수 없었다²¹⁾. 본 연구에서는 전기화학적 방법을 사용하여 미세누출을 측정하였으며 이러한 전기화학적 방법은 조사자의 평가에 의존치 않으며, 평가를 위해 시편의 파괴를 필요로 하지 않기 때문에 다른 방법들에 비해 바람직하다 할 수 있으며, 또한 실험 기간동안 연속적으로 미세누출을 평가할 수 있는 장점도 있으나 미세누출의 정확한 위치를 알기 어렵다는 단점도 있다.

전기화학적 방법은 접착 계면에 미세누출이 존재할 경우 미세전류가 매질을 통해 흐름을 이용하는 방법으로 시편에는 (+)극을 적용하고 (-)극에는 stainless steel plate를 사용하였다. 10V의 일정한 전압을 적용시키면 electrometer에는 미세누출을 가리키는 미세전류가 μ A단위로 표시된다. 즉, 높은 미세전류값은 많은 미세누출을 의미한다.

전기화학적 측정법은 앞서 언급한 바와 같이 기존의 염색 약 침투법 등의 단점 즉, 치아를 절단해야 하거나 또한 점수화에 따른 조사자간의 차이의 의한 오류 등은 없다. 하지만 주변환경에 따라 미세전류의 수치가 쉽게 변하며 늘 일정한 수치가 표시되는 것이 아니라 계속 변화하는 미세전류값을 미세누출값으로 인정해야 하므로 어느 시점에서의 미세전류값이 시편의 정확한 미세누출값인지를 판단하기에 어려움이 있다. 이에 본 실험에서는 예비실험을 통해 전류를 적용한 때를 기점으로 약 5분 이후부터는 미세전류값의 변화가 적음을 알았으며 이를 바탕으로 미세전류값을 전류적용 5분부터 10분까지의 평균값으로 결정하였으며 이를 다시 3회 시행하여 평균하였다.

본 실험에서 쓰인 미세누출 측정은 직류 전기화학법을 이용한 것으로 시편을 통과하는 전해질의 이온 이동을 측정하는 방법으로 투과성을 측정하는데 사용되지만 일정한 전위차(constant potential difference)가 적용되면 부적절한 해석을 유발하는 분극(polarization)이 발생할 수 있다²⁾. 이러한 현상이 미세전류값을 계속 변하게 하는 원인 중에 하나일 것이다. 이런 분극 현상을 줄이기 위해 매질을 식염수 대신 증류수를 사용하였으며, 이 또한 예비 실험을 통해 식염수보다는 증류수가 더욱 안정적인 미세전류값을 보여 증류수를 매질로 선택하였다. 만약 직류 대신 교류를 사용하게 되면 합성적인 전류(resultant current)가 평균값 '0'이 되기 때문에 이러한 효과를 피할 수 있으며 이러한 교류는 전해질 집중(electrolyte concentration)을 발생시키지 않으며 이온성 전하분산(ionic charge distribution)을 변형시키지 않을 것이다²²⁾.

기존의 많은 미세누출에 관한 연구에서 법랑질과 상아질에 걸쳐 와동을 형성하였으나 본 연구에서는 기존의 와동과는 달리 모든 와동의 변연을 법랑질에만 국한하여 형성하였다. 또한 부가적인 인산 부식 역시 법랑질에만 적용하였다. 이는 법랑질에 국한된 인산의 효과를 보기 위함이다. 하지만 법랑질에만 인산을 엄밀히 적용하는 것은 매우 어려웠으며 실험 결과에 다소간 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

시편간의 오차는 별도로 고려하지는 않았으나 이를 줄이기 위한 노력으로 모든 시편은 상악 중절치만을 선택하였고 2.5배율의 확대경 하에서 와동을 형성하였다. 하지만 와동 변연의 크랙(crack) 같은 결함 등이 실험 결과에 오차로써 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 실험결과에서는 각 군간에 유의성있는 미세누출 차이는 없었다. 이는 자가 산부식 프라이머 적용 전 인산부식이 미세누출을 줄이는데 도움이 되지 않음을 시사한다. 기존의 연구에서 자가 산부식 프라이머 시스템 중 Clearfil SE Bond[®]가 다른 자가 산부식 프라이머보다 더욱 공격적인 부식 양상을 보이는 보고도 있으나⁷⁾ 인산과 비교시 자가 산부식 프라이머의 부식 양상은 매우 미약하였다. 이는 법랑질의 산부식 양상과 미세누출이 큰 연관이 없음을 미루어 짐작할 수 있다.

본 실험에 사용된 Clearfil SE Bond[®]는 최근에 개발된 자가 산부식 프라이머로 여러 실험에서 매우 우수한 효과를 인정받고 있다. 그 예로 인산을 이용한 접착제와 Clearfil SE Bond[®]의 법랑질에 대한 인장강도를 평가한 결과 Clearfil SE Bond[®]는 인산을 이용한 접착제처럼 법랑질에 대해 효과적이라고 하였다⁵⁾. Clearfil SE Bond[®]의 경우 프라이머의 pH는 1.9, 접착제의 pH는 2.8, 법랑질에 대한 결합강도는 24.0MPa이며 상아질에 대한 결합강도는 21.3MPa로 보고되고 있다. 이러한 수치는 인산을 이용한 접착 시스템의 결과와 유사한 매우 높은 강도이다.

이상의 결과로 미루어 자가 산부식 프라이머는 복합레진의 좋은 변연봉쇄를 보이는 법랑질 표면처리제로서 인산을 대체할 수 있다고 할 수 있겠으나, 인산 부식을 이용한 단일 병 접착 시스템에 비해 자가 산부식 프라이머 시스템에서 보이는 얇은 판 상의 혼성층은 법랑질 접착의 내구성에 나쁘게 작용한다는 보고⁶⁾ 등을 참고할 때 그 내구성을 의심할 수 없으며 이에 관한 연구가 더 필요할 것으로 사료되는 바, 이러한 연구에 미세누출을 연속적으로 측정할 수 있는 전기화학적 방법이 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 미세전류값은 시편간의 미세누출의 상대적인 양적인 차이를 보여줄 뿐 실제 어느 지점에 어느 정도의 미세누출이 있는지에 대한 정보를 알 수 없음으로 염색약 침투법을 병행하거나 현재 활발하게 연구되고 있는 3차원 재구성 방법과 연관 짓는다면 미세누출의 위치와 양을 모두 측정할 수 있을 것이며 두 실험방법 간에 어떠한 상관관계가 있는지를 알아보는 것도 의미가 있다 하겠다.

V. 결 론

수복물과 치질간의 미세누출은 수복물의 수명과 연관된 매우 중요한 요소이며 이를 줄이려는 노력이 활발하게 진행되고 있다.

이에 본 저자는 자가 산부식 프라이머 접착 시스템 사용시, 법랑질에 국한하여 37% phosphoric acid를 10초 또는 20초간 부가적으로 적용하는 방법이 법랑질 접착에 영향을 미치는지 알아보고자 전기화학적 측정법을 이용하여 변연부 미세누출을 측정하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

각 군의 미세전류의 평균량은 자가 산부식 프라이머 적용 전에 아무런 처치를 하지 않은 군(1군 · NE)이 가장 적었으며, 10초간 인산을 적용한 군(2군 · E10s), 20초간 인산을 적용한 군(3군 · E20s) 순서로 높게 나타났으나(NE < E10s < E20s), 각 군간에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

본 실험결과만을 토대로 할 때 부가적인 인산부식은 자가 산부식 프라이머 시스템의 미세누출에 영향을 주지 않았으나 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다는 것으로 나타났다.

참고문헌

- Haller B : Recent developments in dentin bonding. *Am J Dent* 13(1):44-50, 2000.
- Nakamura K, Arisue K, Kajiura M et al : Evaluation of new type of commercially available adhesive systems- effect of total treatment for enamel and dentin. *Jpn J Conserv Dent* 39:304-314, 1996.
- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A and Davidson CL : Effect of two etching times on the sealing ability of

- Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. *Am J Dent* 10(2):66-70,1997.
4. Hannig M, Reinhardt KJ and Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid : an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 24:172-181, 1999.
 5. Fritz UB, Diedrich P and Finger WJ : Self-etching primers- an alternative to the conventional acid etch technique. *J Orofac Orthop* 62(3):238-245,2001.
 6. Torii Y, Itou K, Hikasa R et al : Enamel tensile bond strength and morphology of resin enamel interface created by acid etching system with or without moisture and self-etching priming system. *J Oral Rehabil* 29: 528-533,2002.
 7. Kubo S, Yokota H, Sata Y and Hayashi Y : Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural loading cycling. *Am J Dent* 14(3):163-169, 2001.
 8. Barkmeier WW, Los SA and Triolo PT Jr : Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. *Am J Dent* 8(6):289-293,1995.
 9. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S and Pashley DH : Regional Bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 26:609-616,1998.
 10. Lopes GC, Baratieri LN, de Andrada MA and Vieira LC : Dental Adhesion : Present state of the art and future perspectives. *Quinten Int* 33(3):213-223,2002.
 11. Miyazaki M, Sato M and Onose H : Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent* 25:75-80,2000.
 12. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN et al : Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 78(4):906-911,1999.
 13. Miyazaki M, Onose H and Moore BK : Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 13(2):101-104,2000.
 14. Ibarra G, Vargas MA, Armstrong SR and Cobbb DS : Microtensile bond strength of self-etching adhesives to ground and unground enamel. *The J Adhes Dent* 4(2): 115-124,2002.
 15. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S et al : Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 75(6):1404-1413,1996.
 16. Gordan VV, Vargas, MA and Denthly GE : Interfacial ultrastructure of the resin enamel region of three adhesive systems. *Am J Dent* 11(1):13-16,1998.
 17. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S et al : Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Oper Dent* 26:375-382,2001.
 18. Sano H, Shono T, Takatsu T and Hosoda H : Microporous dentin zone beneath resin impregnated layer. *Oper Dent* 19:59-64,1994.
 19. Cho YG and Cho KC : Marginal microleakage of self-etching primer adhesives and a self-etching adhesive. *대한치과보존학회지* 27(5):493-501,2002.
 20. Osins BA, Carter JM and Shih-Levine M : Microleakage of four root canal sealer cements as determined by an electrochemical technique. *Oral Surg* 56(1):80-88,1983.
 21. Jacobsen PH and von Fraunhofer JA : Assessment of microleakage using conductimetric technique. *J Dent Res* 54(1):41-48,1975.
 22. Jacquot BM, Panighi MM, Steinmetz P and G' sell C : Evaluation of temporary restorations' microleakage by means of electrochemical impedance measurements. *J Endod* 22(11):586-589,1996.

홍 찬 의

단국대학교 치과대학 교수

충남 천안시 신부동 단국대학교 치과대학 보존과

Tel : 041-550-1964 Fax : 041-550-1961

E-mail: endohong@hanmail.net