

부가적 부식 과정이 단일 접착 과정 레진 시멘트의 접착 강도에 미치는 영향

강순일 · 박정길 · 허 복 · 김현철*
부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

ABSTRACT

EFFECT OF THE ADDITIONAL ETCHING PROCEDURE ON PUSH-OUT BOND STRENGTH OF ONE-STEP RESIN CEMENT

Soon-Il Kang, Jeong-Kil Park, Bock Hur, Hyeon-Cheol Kim*
Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of additional etching procedure prior to Maxcem resin cement application in indirect restoration cementation using push-out bonding strength.

One hundred and two extracted human molars were used to make indirect resin restorations of gold inlay and Synfony. These restorations were cemented using Maxcem and Variolink II. Additional etching procedures were done for one group with Maxcem. Three groups have 17 specimens in both restoration types. Push-out bond strength was measured using multi-purpose tester and calculated for bonding strength per square-millimeter area. The mean bonding strength values were compared using SPSS 12.0K program for one-way ANOVA and Scheffe's Test with 95% significance.

Under the condition of this study, the additional etching procedure prior to usage of Maxcem resulted in reduced bond strength for both of restoration types. [J Kor Acad Cons Dent 33(5):443-451, 2008]

Key words: Bonding strength, Push-out bond strength, One-step bonding, Resin cement, Acid etching, Maxcem

- Received 2008.7.2., revised 2008.8.4., accepted 2008.8.12-

I. 서 론

치과 수복 치료에 있어 그 방법은 직접 수복과 간접 수복으로 대별 되어 진다¹⁾. 직접 수복은 시술 시간의 감소와 환자의 내원 편의 등 장점으로 일반적으로 많이 행하여지지만, 직접 유지력을 확보하기 어려운 경우나 간접 수복물의 물리적 성질- 즉, 내구성이나 복합 레진 수복물의 중합 수축

이나 변연부의 미세 누출 등 - 때문에 수복 범위가 큰 경우에는 직접 수복보다는 간접 수복물을 많이 사용 한다²⁾.

간접 수복물의 단점으로 인상채득 과정이나 접착 과정을 위한 부가적인 내원과 가공과정이 필요하지만 수복물의 변연부 파절이나 부식이 최소화 될 수 있고, 특히 심미적 구치부 레진 수복은 간접 수복으로 그 임상적 성공률을 높일 수 있다. 그러나 간접 수복물은 가장 큰 임상적 문제점으로 수복물의 탈락 가능성을 들 수 있다. 수복물의 유지력에 영향을 미치는 요소로서 와동의 형태와 함께 접착에 사용한 시멘트의 특성 또한 중요하다^{3,4)}.

일반적으로 간접 수복물의 접착제로서 합착 시멘트와 접착 시멘트로 구분 할 수 있는데, 합착 시멘트로는 glass ionomer, zinc phosphate, polycarboxylate cement 등이 있다⁵⁾. 근래 치과 임상에서는 간접 수복물의 접착제로 레진

* Corresponding Author: *Hyeon-Cheol Kim*

*Department of Conservative Dentistry
School of Dentistry, Pusan National University,
1-10, Ami-Dong, Seo-Gu, Busan, 602-739, Korea
Tel: 82-51-240-7978
E-mail: golddent@pusan.ac.kr*

Table 1. Bonding systems used in this study

Brand of Resin cement	Adhesive system	Composition
Variolink II	Total-etching	Total Etch: 37% phosphoric acid Excite DSC: HEMA*, dimethacrylate, phosphonic acid acrylate, silicon dioxide Adhesive resin: Bis-GMA**, urethane dimethacrylate, filler
Maxcem	Self-etching & Self-adhesive	Base Paste: Uretanedimethacrylate, Camphoroquinone, Fluoroaluminosilicate, other Catalyst Paste: Bis-GMA**, Triethyleneglycoldimethacrylate, Glycerophosphatedimethacrylate, other

* HEMA: Hydroxyethylmethacrylate

** Bis-GMA: Bisphenol-A-glycidylmethacrylate

시멘트가 많이 사용되고 있다. 레진 시멘트는 수복물과 치아 조직 간의 높은 접착 강도를 제공해 주며 낮은 용해도와 안정성을 나타낸다⁶⁾.

Buonocore⁷⁾ 와 Hagger⁸⁾에 의해 산 부식 기술이 알려진 이후 상아질에 대한 접착이 지속적으로 개발되어 왔다. 상아질은 유기질과 무기질로 구성 되어 있고 세관 구조를 지니기 때문에 상아질 접착이 더 복잡하다. 상아질의 접착에는 산부식과 전처리(프라임), 접착의 단계를 거쳐야한다. 최근에는 이 3단계의 과정을 2단계와 1단계로 간소화시킨 제품이 개발되어 임상에서 널리 사용되고 있다. 2단계의 경우, 산 부식처리 및 수세과정을 하는 자가 프라임 상아질 접착제와 수세과정이 생략된 자가 부식 상아질 접착제로 분류된다⁹⁾. 1단계 상아질 접착제는 사용 직전 친수성과 소수성 레진 구성 물질을 혼합한 후 곧바로 치질에 적용하는 것으로¹⁰⁾ 다단계에서 필요한 복잡한 시술 과정을 대체할 수 있다. 또한 Ciucchi 등¹¹⁾은 각기 다른 술자가 상아질 접착제를 사용했을 때 결합력이 차이를 보인다고 보고하면서 상아질 접착제의 적용방법이 술자에 따라 달라질 수 있으며 이것이 상아질 접착에 영향을 준다고 하였다. 김 등¹²⁾과 조 등¹³⁾의 연구에서는 2단계 자가부식형 상아질 접착제를 사용한 레진 시멘트에서 1단계 상아질 접착제를 사용한 경우보다 결합 강도가 높다고 하였고, 전 산부식 레진 시멘트인 Variolink II가 다른 레진 시멘트보다 미세인장강도가 높게 나타나고 내구성에 있어서도 우수하다고 하였다. Frankenberger 등³⁾은 1단계 상아질 접착제를 사용함으로써 다단계 상아질 접착제를 사용하는 경우 술자에 따라 발생할 수 있는 과도한 건조와 과도한 습윤의 가능성을 줄이

고 상아질 접착의 단계마다 발생할 수 있는 시술 상 예민성을 줄일 수 있는 장점이 있다고 하였다. 또한 시술 과정중의 오염을 줄이고 시술 시간을 줄임으로써 임상적으로 유용하게 널리 사용되고 있다.

이렇게 1단계 상아질 접착제의 적용 방법에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이와 마찬가지로 접착 단계를 줄인 시멘트에 대한 연구 개발이 다양해지고 있다. Munck 등¹⁴⁾의 연구에서는 2단계 접착 과정의 자가 부식 레진 시멘트가 1단계 접착 과정의 자가 접착 레진 시멘트보다 접착 강도가 높다고 보고하였고 자가 접착 레진 시멘트에서 범랑질에 시멘트를 도포하기 전에 부가적 산 부식을 한 경우에 결합력이 부식하지 않은 것보다 더 좋으며, 자가 부식 레진 시멘트와 비슷한 결과를 보고하였다. 또한 시멘트의 높은 점성 때문에 수복물 적용 시 기포 형성을 방지하기 위해서는 약간의 압력이 필요하다고 하였다¹⁴⁾.

근래에 시판된 Maxcem(Kerr, Orange, USA)은 이러한 1단계 상아질 접착 기술에 부가적으로 시멘트를 추가한 것으로 산 부식 과정과 전 처리 과정을 모두 생략하고 접착제도포만으로 모든 과정을 단일화한 것이다. 이러한 접착제의 경우 기존 방법 즉, 산 부식 과정과 전 처리 과정 등을 단계별로 행한 후 접착제를 도포한 경우보다 결합력이 다소 떨어지는 것으로 발표가 되고 있어, 이러한 점을 임상에서 보완하기 위해 Munck 등¹⁴⁾의 연구에 따라 산부식 과정을 추가하기도 한다.

이에 본 실험에서는 부가적 부식 과정이 단일 접착 과정의 접착 레진 시멘트인 Maxcem의 결합 강도에 미치는 영향을 push-out 접착 강도 측정으로 알아보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

치아 우식에 이환되지 않은 120개의 상하악 구치를 발거 즉시 생리식염수에 보관하여 시편 제작에 사용하였다. 접착 시멘트는 Maxcem(Kerr, Orange, USA) 이원 중합형 레진 시멘트(Dual-Cure Resin Cement)와 Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) total-etching 레진 시멘트를 사용하였다. 부가적 부식에 사용된 산 부식제는 Total Etch (37% phosphoric acid, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein)를 사용하였다. 이들 레진 시멘트의 구성 성분은 Table 1과 같다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

각 치아의 교합면 법랑질을 저속용 다이아몬드 디스크 (H350220, Horico, Berlin, Germany)를 사용하여 주수 하에 제거하고 평탄한 상아질 표면을 노출시켰다. 두께가 2.5 mm로 일정하게 다시 주수 하에 저속용 diamond disc(Accutom-50, Strues, Denmark)로 절단하였다. 절단된 치아의 교합면 측에서 고속 경사형 다이아몬드 버(FG 6848-031, Komet, Lemgo, Germany)를 이용하여 와동을 형성하였다.

와동형성 후 기공용 metal gauge를 이용하여 와동의 상단과 하단의 직경 및 높이를 다시 측정 하여 각 시편의 접착

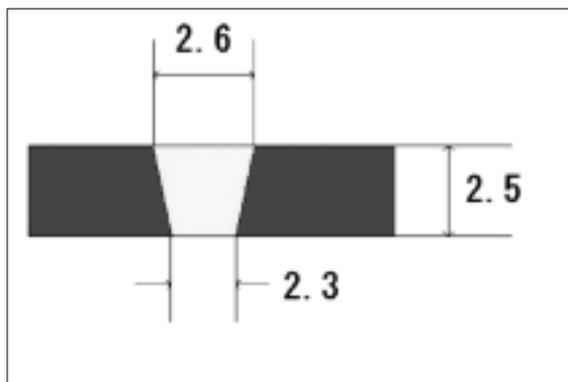


Figure 1. Specimen design and dimension (mm) and prepared tooth specimen.



Figure 2. Push-out bond strength measuring device.

Table 2. Group classification and adhesive methods for each groups

Group	Type of restoration	Brand of cement	Procedure
Group GMC	Gold inlay	Maxcem	m.i
Group GME	Gold inlay	Maxcem	additional etching
Group GVL	Gold inlay	Variolink II	m.i
Group RMC	Synfony	Maxcem	m.i
Group RME	Synfony	Maxcem	additional etching
Group RVL	Synfony	Variolink II	m.i

m.i.: according to the manufacturer's instruction

면적을 산출하였다(Figure 1). 와동 형성 시 파손된 치아 시편을 제외하고 각 군 당 17개 씩 총 102개의 시편을 실험군으로 사용하였다.

2) 인상 및 수복물 제작

와동이 형성된 각 시편은 러버 인상재(EXAMIXFINE; GC Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 인상을 채득하여 통법으로 가공 과정을 거쳐 수복물을 제작하였다. 수복물은 22K gold inlay와 Synfony(3M ESPE AG, Seefeld, Germany)를 사용하였다. 가공 작업이 이루어지는 동안 삭제한 치아 시편은 식염수에 보관하였다. 실험군은 수복물의 종류마다 사용한 접착제의 종류와 방식에 따라 세 군으로 분류하였다(Table 2).

3) 수복물 접착

Maxcem(Kerr, Orange, USA)을 제조사 지시대로 사용한 Group GMC와 RMC에서는, 시편을 공기 건조시킨 후 혼합 팁을 이용하여 시멘트를 시편 와동 내에 도포하고 수복물을 정확히 제 자리에 위치시켰다. 1분 30초 후, 2초간 시편의 교합면측 변연부에 광조사하여 부가 중합을 하였다. 이 후 3분간 더 유지하여 자가 중합이 완료되도록 하였다. 이후 잉여 시멘트를 제거하고 20초간 시편의 교합면 측에 광 조사하였다.

Group GME와 RME에서는 37% 인산으로 15초간 부식을 시행하고 수세, 건조시킨 후 Group GMC 및 RMC와 동일한 방법으로 Maxcem을 적용하고 수복물을 접착하였다. Group GVL과 RVL에서는 Variolink II를 제조사 지시대로 사용하여 접착하였다.

3. 측정 장비 및 방법

Push-out 접착 강도를 측정하기 위하여 자체 제작한 만능시험기(Figure 2)를 사용하였다. 수복물의 아래쪽 좁은

면을 1 mm/min의 속도로 밀어 시편이 분리될 때 최고값을 기록하였다. 이 접착력을 앞서 산출한 접착 표면적으로 나누어 단위 면적당 결합력(N/mm²)을 결정하였다.

4. SEM관찰

Push-out 접착 강도 측정 후 수복물이 탈락된 치아 시편을 상아세관의 주행 방향과 유사하게 세로 방향으로 절단하고 800번과 1200번 sand paper로 연마하였다. 각 시편을 알코올로 탈수시킨 후 gold-palladium(E1010 Ion Sputter, HITACHI, Japan)으로 표면 처리하여 접착 실패 면을 주사전자현미경(S-3500N SEM, HITACHI, Japan)으로 관찰하였다.

5. 통계 분석

통계 프로그램 SPSS 12.0K(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 one-way ANOVA와 95% 신뢰도의 Scheffé's Test로 각 실험군의 접착력을 비교하였다.

III. 실험 결과

1. Push-out bond strength

측정된 각 군의 Push-out 접착 강도는 Table 3과 같다. 수복물의 종류에 관계없이 Maxcem을 제조사 지시대로 사용한 군(Group GMC and RMC)이 부가적인 산 부식과정을 추가한 경우(Group GME and RME)보다 더 나은 결합력을 나타냈고, 대조군으로 사용한 Group GVL과 RVL보다는 낮은 결합력을 보였다(p < 0.05). 금인레이의 접착 경우에 한해 Maxcem을 제조사 지시대로 사용한 경우 그 접착력이 Variolink II를 사용한 군과 산 부식을 부가적으로 사용한 군과 유사하게 나타났다.

Table 3. Push-out bond strength (N/mm²)

Group (n = 17)	Push-out bond strength (mean ± SD)	Statistic analysis (p < 0.05)
Group GMC	5.99 ± 2.12	AB
Group GME	4.41 ± 2.44	BC
Group GVL	7.14 ± 1.60	A
Group RMC	4.63 ± 1.82	B
Group RME	2.49 ± 1.61	C
Group RVL	7.13 ± 1.76	A

ABC: Significant difference between groups was indicated with different letters (p < 0.05).

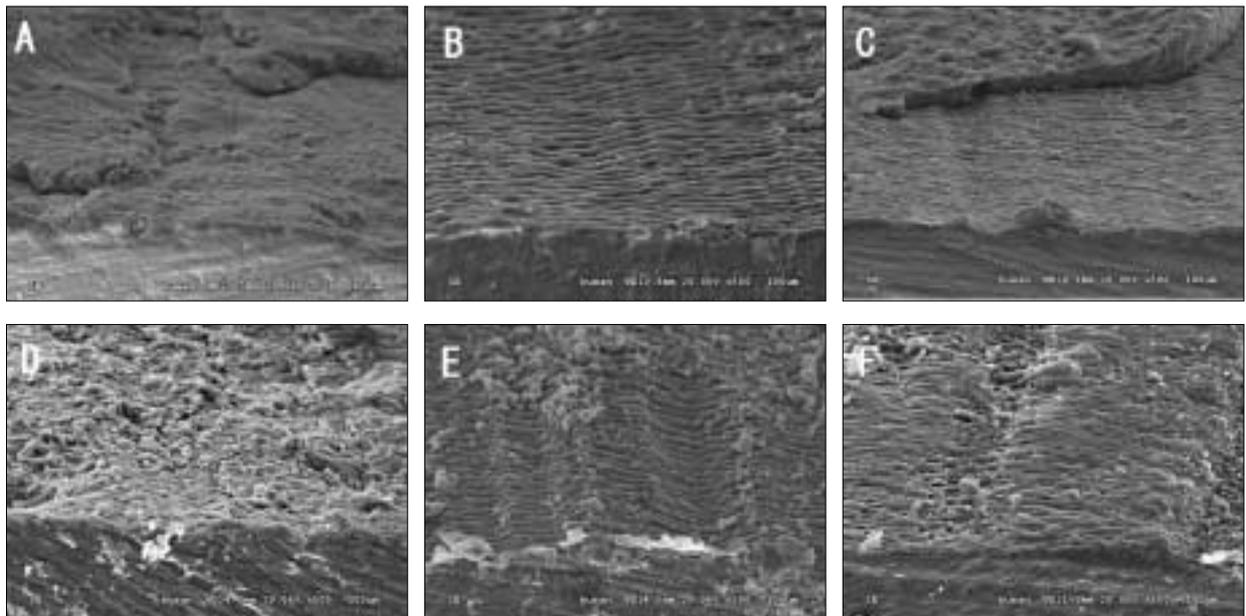


Figure 3. Representatives of SEM examination of failure surfaces of A: GMC, B: GME, C: GVL, D: RMC, E: RME, and F: RVL.

2. 주사전자현미경 관찰 및 파절 양상

각 실험군의 파절 양상을 관찰하였을 때, 모든 실험군에서 접착성 실패와 혼합형 실패가 혼재하여 나타났으나 Maxcem을 사용한 모든 군에서 접착성 실패가 우세하게 나타났다. 실험군 별로 접착 실패면의 예를 Figure 3에 나타냈다. Maxcem을 사용한 군에서의 접착 실패면은 다른 군에 비해 도말층이 더 많이 분포하는 것으로 관찰되고 (Figure 3; A & D) 부가적으로 산 부식을 추가한 경우에는 도말층의 감소와 상아세관의 관찰이 용이하였다 (Figure 3; B & E). 반면 Variolink II를 사용한 경우 상

아질 면을 부분적으로 덮고있는 접착층의 존재를 관찰할 수 있었다(Figure 3; C & F).

IV. 총괄 및 고찰

상아질에 대한 수복물의 결합 능력이나 융합성, 사용의 간편성, 시술 시간 절약 등을 고려하여 많은 치과용 접착제의 연구 개발이 지속되어 왔다^{7,8,15}. 상아질 접착제의 개발 목적과 유사하게 수복물의 접착을 위한 시멘트의 개발 연구에도 비슷한 목적이 포함되면서 점차 단순화시킨 제품이 개발되고 있다. 이는 접착 과정에서의 단계를 여러 번 거치면서 생

길 수 있는 오염을 최소화하면서 시술 시간을 줄이는 단일 접착 과정의 자가 접착 레진 시멘트를 개발하는 계기가 되었다.

이렇게 개발된 G-Cem(GC, Tokyo, Japan), Smart Cem(Dentsply Sankin, Tokyo, Japan), RelyX Unicem(3M ESPE, Seefeld, Germany), Maxcem(Kerr, Orange, USA), Embrace Wetbond(Pulpdent, water-town, USA) 등의 다양한 시멘트가 시판되고 있으며, 이들 자가 접착 레진 시멘트의 물성을 비교한 연구들이 다양하게 진행되고 있다.^{6,16-22)}

본 실험에서는 임상에서 널리 사용되어지는 1단계 접착 과정의 자가 접착 레진 시멘트인 Maxcem의 상아질 접착에 있어서 Munck 등¹⁴⁾이 제안한 것처럼 부가적 산 부식 처리가 결합력에 어떠한 영향을 나타내는지 수복물의 접착 후 push-out 접착 강도를 측정하여 평가하고자 하였다.

접착 강도는 여러 방법으로 측정할 수 있다. Push-out 접착 강도 측정방법이 전형적인 전단 접착강도 측정보다 더 정확한 접착 효과에 대한 측정을 제공한다. 상아질에 대한 인장강도와 전단 결합강도 측정 방법에서는 주로 평평하게 형성한 표면을 이용하여서 시행되어져 왔는데, 1급 와동과 같은 한정된 공간에서는 중합 수축에 의해서 미세누출 및 접착강도가 평평한 표면보다 더 줄어들었다. 이와 같은 결합강도의 감소는 복합 레진 인레이를 와동에 정수압(hydraulic force)과 함께 적용함으로써 얇은 레진 시멘트 층을 형성하여 중합수축을 줄이고 레진 시멘트가 상아세관으로 더 깊고 광범위하게 침투하게 함으로써 극복할 수 있다. 따라서 Push-out 접착 강도 측정방법이 실제 임상에서 수복물 적용 시 압력에 의한 기포 감소와 레진의 상아세관으로의 침투나 레진 광중합 시 생기는 수축 등에 의한 강도를 반영하여 측정하는데 유용하다.²³⁾

Maxcem은 두 가지 페이스트로 구성된 이원 중합 방식의 레진 시멘트로서 자가 부식 및 자가 접착을 동반한다. 고유의 특성으로서 부식제, 프라이머 및 접착제와 시멘트가 하나의 재료로 구성된다. Maxcem은 광중합이 되는 동시에 빛의 도달이 어려운 곳의 중합을 위해 매우 효과적인 화학 중합을 제공한다고 한다. 제조사의 주장에 의하면 Maxcem은 모든 치과 재료에 잘 접착되고 훌륭한 물성과 심미성을 지니고 있으며, 수복물이나 와동의 내면에 직접 적용할 수 있는 자동 혼합을 장점으로 제시한다. 불소를 포함하고 있는 것 또한 장점으로 제시되고 있다. 그러나, 이 레진 시멘트의 본연의 목적인 접착에 있어서는 그 접착력에 대한 능력이 높지 않게 보고되고 있다.^{16-18,20,22)}

이 실험 조건 하에서 측정한 수복물의 접착력 비교 결과, 금인레이를 접착한 경우에 한해 Maxcem을 제조사 지시대로 사용한 경우, 그 접착력이 Variolink II를 사용한 군과도 유사하게 나타났지만, 금이나 레진 인레이 수복물의 중

류에 관계없이 산 부식과정을 추가하여 Maxcem을 사용한 경우 제조사 지시대로 사용하였을 때보다 결합력이 더 감소하는 것으로 나타났다.

Munck 등¹⁴⁾의 실험에 의하면 1단계 과정의 auto-adhesive 레진 시멘트는 산 부식 처리를 한 상아질에서 레진 시멘트와 상아질 사이에 접착성 실패가 나타났고 부식하지 않은 상아질에서는 접착성과 응집성의 혼합된 실패가 일어났다고 보고하였다. 또, 법랑질에서는 1단계 접착과정의 레진 시멘트를 산 부식 처리 후 적용하였을 때(인산 처리 후 Unicem 적용; 35.6 MPa) 2단계 과정의 자가 부식 시멘트(Panavia; 35.4 MPa)와 비슷한 결합 강도를 나타내었던 반면에, 상아질에서는 1단계 접착 과정의 레진 시멘트로 산 부식 하지 않은 경우(Unicem; 15.9 MPa) 2단계 접착 과정의 자가 부식 시멘트와 비슷한 결합 강도(Panavia; 17.5 MPa)를 보였으나, 산 부식 처리한 1단계 접착 과정의 레진 시멘트에서는 현저히 감소된 결합강도(인산 처리 후 Unicem 적용; 5.9 MPa)를 나타내었다.

House와 Sheriff의 in-vitro 연구²⁴⁾에서는 1단계 접착 시스템과 3단계 접착 시스템이 비교할만하다고 한 반면, Bishara 등²⁵⁾은 1단계 자가 부식제와 2단계 자가 부식 프라이머 시스템을 비교한 연구에서 1단계 접착 시스템이 2단계에 비해 낮은 결합력을 가진다고 보고하였다. 시멘트에서와 마찬가지로 1단계의 상아질 접착제에 대한 여러 보고에서도 여러 단계의 과정을 거치는 시스템과 비교할 때 상아질에 대한 젖음성, 안정성 및 결합강도가 낮았으며 2단계 자가 부식 상아질 접착제보다 결합 강도가 낮다고 하였다^{11,22,25-27)}. 시멘트에서와 마찬가지로 1단계의 상아질 접착제에 대한 여러 보고에서도 여러 단계의 과정을 거치는 시스템과 비교할 때 상아질에 대한 젖음성, 안정성 및 결합강도가 낮았으며 2단계 자가 부식 상아질 접착제보다 결합 강도가 낮다고 하였다^{11,22,25-27)}.

상아질 접착제의 비교 연구에서, 1단계 접착제(Xeno III)의 경우 단층적용 시 또 다른 1단계(Adper Prompt L-Pop)보다 더 높은 결합강도를 보였는데, 이는 Xeno III의 구성성분 중 microfiller가 포함되어 있는 것과 관계가 있는 것으로 보인다. Miyazaki 등²⁸⁾은 접착제 내의 적절한 수준의 filler 함량이 상아질에서의 결합력을 최적화시키는데 매우 중요하다고 보고하였다. 그리고 Gallo 등²⁹⁾은 filler가 포함되어 있는 접착층은 복합레진을 중합하는 동안 레진-상아질 계면에 발생하는 수축응력을 완화시킬 수 있다고 하였다. 이러한 보고 내용은 접착력의 차이를 접착제의 특성과 관련지어 분석한 것이다. 그러나 본 연구는 산 부식의 여부와 관련이 더 많다.

Munck 등¹⁴⁾은 인산에 의해서 도말층이 제거되기 때문에 약한 결합강도를 나타낸다고 하였는데, 이는 두껍고 치밀한 교원질 망상구조가 심부의 영향 받지 않은 상아질까지 시멘

트가 도달하는 것을 막아서 시멘트와 상아질 사이에 약한 hydroxy-apatite-depleted 교원질 층이 남게 되고, 이와 같은 불충분한 교원질 망사구조의 침윤이 약한 결합을 만든다고 주장하였다.

이렇게 약한 1단계 접착 과정의 자가 접착 레진 시멘트의 접착력을 높이기 위한 시도가 있었다. 본 실험의 의도와 마찬가지로 결합력을 높이기 위한 치면 처리의 한 방법으로써 레이저 조사 상아질에 대한 레진 인레이의 인장 접착력의 비교에서도 Variolink II가 Maxcem보다 더 나은 인장 접착력을 갖는다고 하였다¹⁶⁾. 약한 Maxcem의 결합력에 대해서는 Senyilmaz¹⁸⁾도 동일한 결과를 보고하였는데, Panavia-F 및 Unicem과 비교하였을 때 Maxcem이 유의하게 낮은 전단 접착력을 나타냈으며 이러한 원인으로 레진 접착제가 갖는 화학적 특성이 접착 메카니즘이나 접착층의 내구성에 영향을 미쳤기 때문이라고 보고 있다. 본 실험에서 제조사의 지시에 따라, 대조군인 3단계 과정의 전 산부식 레진 시멘트 Variolink II는 시멘트를 적용한 후 곧 바로 광조사를 시행하였고 Maxcem에서는 1분 30초간의 광중합 지연 시간을 두었다. 이는 시멘트 적용 후 자가 부식 및 접착 시스템의 상아질 침투에 필요한 시간을 확보하기 위함이었다. 제조사에 의하면 시멘트를 적용 후 바로 광중합 시킨 경우보다 지연 시간을 둔 경우에서 더 우수한 결합을 보인다고 하였다.

결합 강도와 파절 인성(fracture toughness)에 있어 접착제 두께의 효과는 사용된 상아질 접착제에 따라 다를 수 있지만^{30,31)} 일단 최적의 결합을 위해서는 접착제가 노출된 상아질을 덮어야 하는 것이 중요하다^{3,32)}. 그러나 Maxcem의 경우에서처럼 접성이 낮지 않은 접착제를 사용하는 경우, 즉 노출된 상아질을 피개하는 전처리제나 흐름성이 좋은 접착제가 없는 경우에는 접착력의 증진을 위한 부가적인 부식과정이 무의미하였다고 볼 수 있다. 주사전자 현미경 사진(Figure 3)에서 관찰되듯이, Maxcem을 제조사 지시대로 사용한 군에서는 도말층이 다량 잔존하는 접착 실패면을 확인할 수 있고, 산 부식을 추가한 군에서는 상아세관의 부분적인 노출 및 도말층의 감소를 관찰할 수 있으나 접착제의 실질적인 상아세관 내 결합을 확인하기는 어렵다.

Saskalauskaite 등¹⁷⁾은 유사한 범주의 자가 부식형 레진 접착시멘트라 하더라도 그 물성이 비교할 수 없을 정도로 다양하여 동일한 범주로 보기가 어렵다고도 하였다.

Faltermeier 등¹⁹⁾의 연구에서도 RelyX Unicem이나 Maxcem 등 1단계 접착제 시스템이 2단계나 3단계의 접착 시스템에 비해 전단 결합 강도가 확연히 감소하였다. Bishara 등²²⁾도 2단계 접착 과정 레진 시멘트와 1단계 접착 과정 레진 시멘트의 교정용 브라켓 접착 연구를 통해 접착력의 개선이 필요함을 지적하였다. Frankenberger 등²⁰⁾은 여러 종류의 레진 시멘트를 이용하여 glass ceramic

inlays를 접착할 때 Maxcem의 낮은 접착력과 함께 부식 및 세척 과정을 동반한 일반적인 접착용 레진 시멘트가 가장 나은 예후를 보인다고 하였다. Goracci 등²¹⁾은 다양한 자가 부식형 이중 중합 시멘트의 미세인장접착강도를 비교 연구하여 Maxcem의 낮은 접착력을 보고하면서 접착력 강화에는 강한 압박으로 수복물을 접착시키는 것이 더 나은 계면강도를 얻는데 좋은 방법이 된다고 하였다.

1단계 접착 과정 레진 시멘트가 다른 종류의 시멘트보다 전단 결합 강도가 약하지만 여러 단계를 거치는 동안의 술자에 의한 영향은 가장 적게 받을 가능성이 많다⁵⁾. 그러나 다수의 연구에서 지적되었듯이 약한 결합력과 제조사에서 인정한 장기적인 임상 보고의 부재 등이 가장 중요한 단점으로 지적된다. Maxcem 등의 단일 접착 과정의 자가 접착 레진 시멘트를 접착에 사용하면서 접착력 증대를 위한 여러 가지 방법 등을 비교 연구할 필요가 있으며, 다양한 조건에서의 장기적인 임상 추적 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결론

본 실험의 목적은 단일 접착 과정 레진 시멘트인 Maxcem을 제조사의 지시대로 사용하는 것과 부가적인 산 부식 과정을 추가하여 접착을 시도함에 있어 그 임상적 접착 효율성을 push-out 접착 강도를 통해 알아보고자 하였다. 이 실험의 조건 하에서는 Maxcem을 사용할 때, 간접수복물의 종류에 관계없이, 제조사의 지시 외에 부가적인 산 부식과정은 실제 접착 강도를 감소시키는 역효과를 유발하였으며 더욱 강한 접착력을 필요로 하는 경우는 다단계 접착제를 사용하여 산부식 과정과 접착제 적용, 시멘트 도포 등을 분리하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 추정된다.

참고문헌

1. Kelsey WP, Triolo PT, Blankenau RJ, Kelsey MN, Chad O, Dan Hauser. Bond strength to enamel and dentin with indirect and direct resin composite. *Am J Dent* 9(3):105-108, 1996.
2. Gerard K. Direct and indirect adhesive restorative material: A review. *Am J Dent* 13:35-40, 2000.
3. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent*. 25:324-330, 2000.
4. Mark YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH Micro-tensile bond strength of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater* 18:609-621, 2002.
5. Holderegger C, Sailer I, Schuhmacher C, Schlöpfer R, Hämmerle C, Fischer J. Shear bond strength of resin cements to human dentin. *Dent Mater* 24(7):944-950, 2008.
6. Linlin H, Akira O, Masayoshi F, Takashi OI. Evaluation of physical properties and surface degrada-

- tion of self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 26(6):906-914, 2007.
7. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion acrylic filling material to enamel surface. *J Dent Res* 34:846-851, 1955.
 8. Hagger O. British patent no. 687, 299, 1951.
 9. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater* 16(3):180-187, 2000.
 10. Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 30(2-3):83-90, 2002.
 11. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step and self-etching adhesive systems. *J Dent* 29:55-61, 2001.
 12. 김도완, 박상진, 최경규. 자가부식형 상아질 접착제와 레진 시멘트와의 적합성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 30:493-504, 2005.
 13. 조민우, 박상혁, 김종률, 최경규. 레진시멘트의 접착 내구성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 32:343-355, 2007.
 14. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 20:963-971, 2004.
 15. Oliver F. Creating a reliable bond. An all-in-one system. *Am J Dent* 13:85-87, 2006.
 16. Tseng WY, Chen MH, Lu HH, Lin CW, Hsieh TT, Chen CH, Lai JY, Lee BS. Tensile bond strength of Er, Cr: YSGG laser-irradiated human dentin to composite inlays with two resin cements. *Dent Mater* 6(5):746-55, 2007.
 17. Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D. Flexural Strength, Elastic Modulus, and pH Profile of Self-etch Resin Luting Cements. *J Prosthodont* Dec 14 [E pub], 2007.
 18. Senyilmaz DP, Palin WM, Shortall AC, Burke FJ. The effect of surface preparation and luting agent on bond strength to a zirconium-based ceramic. *Oper Dent* 32(6):623-630, 2007.
 19. Faltermeier A, Behr M, Mussig D. A comparative evaluation of bracket bonding with 1-, 2-, and 3-component adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132(2):144.e1-5, 2007.
 20. Frankenberger R, Lohbauer U, Schaible RB, Nikolaenko SA, Naumann M. Luting of ceramic inlays in vitro: marginal quality of self-etch and etch-and-rinse adhesives versus self-etch cements. *Dent Mater* 24(2):185-191, 2008.
 21. Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent* 8(5):327-335, 2006.
 22. Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *Angle Orthod* 76(1):123-126, 2006.
 23. Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol* 12:227-236, 1996.
 24. House K, Sheriff M. An in-vitro investigation into the use of a single component self-etching primer adhesive system for orthodontic bonding: a pilot study. *J Orthod* 33:116-124, 2006.
 25. Frankenberger R, Kramer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaption after NaOCl pre-treatment. *Oper Dent* 25:40-45, 2000.
 26. Swift EJ Jr, Wilder AD Jr, May KN Jr, Waddell SL. Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper Dent* 22:194-199, 1997.
 27. Fritz UB, Finger WJ. Bonding efficiency of single-bottle enamel/dentin adhesives. *Am J Dent* 12:277-282, 1999.
 28. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 11:234-238, 1995.
 29. Gallo JR, Comeaux R, Haines B, Xu X, Burgess JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent* 26:44-47, 2001.
 30. Ai H, Nagai M. Effect of the adhesive layer thickness on the fracture toughness of dental adhesive resins. *Dent Mater* 19(2):153-163, 2000.
 31. Zheng L, Pereira PN, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 26(1):97-104, 2001.
 32. Walshaw PR, McComb D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence Int* 27(9):619-625, 1996.

국문초록

부가적 부식 과정이 단일 접착 과정 레진 시멘트의 접착 강도에 미치는 영향

강순일 · 박정길 · 허 복 · 김현철*

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

이 연구의 목적은 단일 접착 과정의 레진 시멘트인 Maxcem을 제조사의 지시대로 사용하는 것과 부가적인 산 부식과정을 추가하여 접착을 시도함에 있어 그 임상적 접착 강도를 알아보고자 하는 것이었다.

치아 우식에 이환되지 않은 120개의 상하악 구치를 사용하여 간접 수복물 제작을 위한 와동을 형성하고 금인레이와 간접복합레진(Synfony) 수복물을 제작하였다. 실험군은 수복물의 종류마다 사용한 시멘트의 종류와 방식에 따라 세 군으로 분류하였다. 최종적으로 102개의 와동 시편에 수복물의 접착을 위해 Maxcem을 사용한 군, 인산으로 부가적인 산 부식 후에 Maxcem을 사용한 군, 그리고 대조군으로 다단계 전-산부식(total-etching) 시멘트인 Variolink II를 사용하여 접착한 실험군으로 각 군 당 17개씩으로 분류하였다. 자체 제작한 만능시험기로 push-out 접착 강도를 측정하고 와동 접착 표면적으로 나누어 단위 면적당 결합력으로 산출하였다. SPSS 12.0K 프로그램을 사용하여 one-way ANOVA와 95% 신뢰도의 Scheffe's Test로 각 실험군의 접착력을 비교하였다.

이 실험의 조건하에서는 Maxcem을 사용할 때, 간접수복물의 종류에 관계없이, 제조사의 지시 외에 부가적인 산부식 과정은 접착 강도를 감소시키는 역효과를 유발하였으며 더욱 강한 접착력을 필요로 하는 경우는 다단계 접착제를 사용하여 산부식 과정과 접착제 적용, 시멘트 도포 등을 분리하여 사용하는 것이 바람직하다.

주요단어 : 접착 강도, push-out 접착 강도, 단일 과정 접착제, 레진 시멘트, 산부식, Maxcem