

수산화칼슘 적용에 따른 상아질 접착제의 접착강도 변화에 관한 연구

박노훈 · 박상혁 · 최기운 · 박상진*

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

ABSTRACT

EFFECT OF CALCIUM HYDROXIDE ON BOND STRENGTH OF DENTIN BONDING SYSTEMS

No-Hoon Park, Sang-Hyuk Park, Gi-Woon Choi, Sang-Jin Park*

Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate of Kyung Hee University

The purpose of this study was to investigate the effect of calcium hydroxide on dentin bonding strength of various dentin bonding systems as a function of time in composite resin restoration.

Dentin adhesives used in this study were Scotchbond Multipurpose, Single Bond, SE Bond and Prompt L-Pop. Flat dentin surfaces adjacent to pulp chamber were created, then $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and saline were mixed and applied on dentin surface of experimental group, then IRM was used to cover the mixture on dentin surface and the specimens were stored at 36.5°C for experiment period (7 days, 30 days). After removing IRM and $\text{Ca}(\text{OH})_2$, each dentin adhesives were treated on dentin surfaces.

Composite resin (Z-250, 3M) was placed with 5 mm height and was light-cured for 20 seconds. After stored in distilled water for 24 hours, each dentin-composite bonded specimens was embedded in epoxy resin and sectioned into $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ cross section composite-dentin beams. Specimen was mounted on zig of Universal testing machine and μTBS test was performed. SEM analysis was performed to examine the fractured surfaces.

The results suggested that applying calcium hydroxide did not show significant difference in dentin bonding strength. [J Kor Acad Cons Dent 32(3):198-207, 2007]

Key words: Calcium hydroxide, Dentin bonding systems, Composite resin restoration, Dentin bonding strength, μTBS test, SEM analysis

- Received 2007.3.21., revised 2007.4.4., accepted 2007.4.10. -

I. 서 론

수산화칼슘은 높은 알칼리성으로 살균 효과가 있어 근관 치료 약제로 널리 사용되고 있으며^{1,2)}, 근관치료뿐 아니라

보존 수복 분야에서도 다양한 용도로 사용되어 왔다. 즉 간접 또는 직접 치수 복조 술식에 수산화칼슘 성분이 포함된 재료가 널리 사용되고 있으며⁸⁻¹³⁾, 최근 미세누출의 우려로 사용이 감소했지만 수산화칼슘 제제가 깊은 와동의 치수 보호 목적의 이장재로 사용되어 왔다³⁻⁷⁾.

한편 복합레진이 생체 적합성을 가지고 치수에 유해하지 않다는 것이 밝혀졌지만¹⁴⁾, 치수와 가까운 깊은 와동의 경우, 중합 과정에서 발생하는 열이 치수에 유해한 자극을 가할 가능성은 상존한다¹⁵⁾. 경화형 수산화칼슘 제제들이 Bis-GMA 계열 레진의 중합 반응을 방해하지 않지만, 초기의 제품들은 미세 누출의 문제로 인해 이장재료의 사용이 제한되

* Corresponding Author: Sang-Jin Park

Department of Conservative Dentistry,
Division of Dentistry, Graduate of Kyung Hee University
1, Hoegi Dong, Dongdaemun Gu, Seoul, Korea, 130-702
Tel: 82-2-958-9335
E-mail: psangjin@khu.ac.kr

었다. 그러나 새로운 제품들이 개발되면서 글래스 아이오노머 시멘트와 함께 이장재로서 사용빈도가 증가되고 있다. 즉 이는 수산화칼슘 제제가 상아질의 광화를 유도하며¹⁶⁾, 잔존 상아질의 재광화를 촉진하고 살균 효과 때문에 노출 치수의 복조제로도 사용이 추천되고 있다.

수산화칼슘을 깊은 와동에서 이장재로 사용하기 시작한 것은 오래전의 일로 1950년대 중반 이후로 수많은 종류의 수산화칼슘 제제들이 사용되어 왔으며 치수의 생물학적, 구조적 보호에 가장 이상적인 재료로 여겨져 왔다⁵⁾. 근래에는 다양한 종류의 이장재들이 사용되면서 수산화칼슘 제제들의 비중이 다소 감소하고 있지만, 광중합형 제제는 다른 자가 경화형 이장재들에 비해 낮은 미세 누출을 나타내는 것으로 보고된 바 있다⁶⁾.

수산화칼슘 제제는 또한 치수 복조술식에도 널리 사용되어 왔다. 최근 다양한 치수복조제가 사용되고 있고, 별도의 제제 없이 상아질 접착제만을 사용하는 방법도 제시되고 있지만, Scarano A 등¹³⁾의 연구에서 자가 경화형 수산화칼슘 제제와 광중합형 수산화칼슘 제제 모두 양호한 생체적합성을 가진다는 것이 밝혀졌으며, Fitzgerald M과 Heys RJ⁸⁾는 두 종의 상용화된 자가 경화형 수산화칼슘 제제가 간접 또는 직접 치수 복조술식 모두에서 양호한 조직학적, 임상적 결과를 나타냈다고 보고한 바 있다.

또 실험치 표백술식에도 수산화칼슘 제제가 사용되고 있으며, 이는 과산화수소에 의한 높은 산성이 염증성 치근 흡수를 야기할 수 있으므로¹⁷⁾, 이를 방지하기 위한 기재 또는 표백술 이후의 와동 소독에 수산화칼슘이 사용되고 있다^{18,19)}.

수산화칼슘이 이와 같이 다양한 용도로 사용되고 있지만, 최종 수복이 필요한 과정에서 상아질 접착제의 병용이 필요한 경우가 있다. 이 경우 수산화칼슘의 높은 알칼리성은 조직 변성을 일으킬 수 있으며²⁰⁾, 상아질 접착제의 접착 효과에 영향을 미칠 가능성이 있다. 실제로 수산화칼슘을 일주

일간 적용한 경우, 상아질에 대한 글래스 아이오노머 시멘트 sealer의 접착 강도의 감소가 보고된 바 있으며²¹⁾, 콜라겐의 변성으로 인한 접착 효과의 위해성이 나타날 수도 있다. 그러나 수산화칼슘 제제를 단기간 사용한 경우에는 상아질에 대한 접착강도에 영향이 없다는 보고도 있었다²²⁾. 하지만 이 연구에서는 2단계 total-etching 과정을 지닌 2종의 접착제만을 사용하였는데, 현재 사용되고 있는 다양한 상아질 접착제들은 각기 다른 도말층 처리 방법과 다양한 접착 과정을 가진다. 따라서 위 실험의 결과만으로 모든 종류의 상아질 접착제가 수산화칼슘 제제의 단기간 사용에 의해 영향을 받지 않을 것이라고 생각할 수는 없다.

본 연구는 다양한 접착 과정과 기전을 지닌 4종의 상아질 접착제를 이용하여 수산화칼슘의 사용 여부 및 그 적용 기간이 접착강도에 미치는 영향을 측정 및 평가하고 주사전자현미경을 이용한 접착 계면의 관찰을 통해 복합레진 수복이나 레진 시멘트를 이용한 수복물 접착 시에 적절한 상아질 접착제의 선택과 사용방법을 알아보고자 시행되었다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험 치아

우식이 없는 발거한 36개 제3대구치를 생리식염수에 보관한 후 실험에 사용하였다.

2) 실험 재료

본 실험에 사용한 상아질 접착제는 3단계 접착제인 Scotchbond Multi-Purpose (3M, Dental Products, St. Paul, MN, USA), 2단계 total-etching 접착제인 Single Bond (3M, Dental Products, St. Paul, MN, USA), 2단계 자가부식형 접착제인 Clearfil SE Bond (Kuraray

Table 1. Dentine adhesives and composite resin used in this study

Adhesives (Lot No.)	Main Components	Manufacturer
Scotchbond Multipurpose (4AP, 5PB)	Etchant (35% phosphoric acid), Primer (HEMA, Polyalkenoic acid copolymer), Adhesive (HEMA, Bis-GMA)	3M (St. Paul, USA)
Single Bond (5CC)	Etchant (35% phosphoric acid), Adhesive (HEMA, Bis-GMA, Polyalkenoic acid copolymer)	3M (St. Paul, USA)
Clearfil SE Bond (00524A, 00738A)	Primer (MDP, HEMA, water), Adhesive (MDP, dimethacrylate, HEMA, microfiller)	Kuraray Co. (Osaka, Japan)
Prompt L-Pop (214182)	Water, stabilizer, parabenes, methacrylated phosphoric acid esters, fluoride complex, photoinitiator (BAPO)	3M (St. Paul, USA)
Filtek™ Z-250 Universal Restorative (5LGJ, 3KWJ)	TEG-DMA, UDMA, Bis-EMA, Zirconia / silica filler	3M (St. Paul, USA)

Table 2. Modes of bonding procedure of four adhesives

Adhesives	Modes of bonding procedures
Scotchbond Multipurpose	1. etch for 15s, wash and blot dry 2. apply primer, gently dry for 5s 3. apply adhesive, light-cure for 10s
Single Bond	1. etch for 15s, wash and blot dry 2. apply adhesive(2 coats), gently dry for 5s, light-cure for 10s
Clearfil SE Bond	1. apply primer for 20s, gently dry 2. apply adhesive, light-cure for 10s
Prompt L-Pop	1. apply adhesive 15s, gently dry, apply adhesive 3s (2 coats), gently dry, light-cure for 10s

Table 3. Experimental groups and code by adhesives used in this study

Group	dwell time	Code	Adhesives
Control	—	SM/C	Scotchbond Multipurpose
		SB/C	Single Bond
		SE/C	Clearfil SE Bond
		PL/C	Prompt L-Pop
Ca(OH) ₂ 7 days	7 days	SM/7	Scotchbond Multipurpose
		SB/7	Single Bond
		SE/7	Clearfil SE Bond
		PL/7	Prompt L-Pop
Ca(OH) ₂ 30 days	30 days	SM/30	Scotchbond Multipurpose
		SB/30	Single Bond
		SE/30	Clearfil SE Bond
		PL/30	Prompt L-Pop

Co., Osaka, Japan), 1단계 자가부식형 접착제인 Prompt L-Pop (3M, Dental Products, St. Paul, MN, USA) 등 4종이며, 각각의 주요 구성성분은 Table 1과 같다.

복합 레진으로는 Filtek™ Z-250 Universal Restorative(3M, Dental Products, St. Paul, MN, USA)를 사용하였고 주요 구성성분은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

1) 실험군 분류

시편 처리 방법에 따라 수산화칼슘을 적용하지 않은 대조군, 수산화칼슘을 7일간 적용한 군 및 수산화칼슘을 30일간 적용한 군으로 분류하고 각 군을 다시 각각 4종의 상아질 접착제를 사용한 경우에 따라 재분류하고 이를 조합하여 4

개의 대조군과 8개의 실험군 등 총 12개의 군으로 분류하였으며, 이를 Table 3에 요약하였다.

2) 시편제작

A. Tooth Preparation

실험 치아를 고속 핸드피스와 다이아몬드 버를 사용하여 주수 하에 치아 장축에 수직으로 절단하여 법랑질을 제거하고 치수강에 근접한 상아질 표면을 노출시킨 후, 도말층의 표준화를 위하여 320-grit silicon carbide abrasive paper로 주수하에 연마하였다.

B. Calcium hydroxide application

Ca(OH)₂를 생리식염수와 혼합하여 실험군 치아 24개의 법랑질 변연을 제외한 상아질 표면에 약 2 mm 두께로 적용한 후, IRM (Intermediate Restorative Material,

Dentsply Caulk, Milford, USA)으로 적용된 수산화칼슘 및 변연 부위의 상아질과 법랑질 모두를 밀폐하여 36.5℃ 증류수에서 실험기간 (7일 및 30일) 동안 보관하였다.

C. Bonding and composite build-up

IRM을 제거하고 air/water syringe로 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 표면에 적용 부위를 세척한 후, 대조군 및 실험군에 4종의 상아질 접착제를 제조사의 지시에 따라 적용하였으며 그 방법은 Table 2와 같다.

대조군의 치아를 실험군의 시편 형성과 동일하게 도말층 형성 및 수세 후, 대조군과 실험군의 시편에 상기 4종의 접착제를 각각 도포, 적용하였다. Silicon으로 제작한 custom mold를 처리한 상아질 표면에 위치시킨 후 복합 레진을 3회에 나누어 총 5mm 높이로 적층하고, 각 층마다 20초씩 광조사를 시행한 뒤 mold를 제거하여 미세인장 접착강도 측정용 시편을 제작하였다.

3) 미세인장 접착강도 측정 (measurement of micro-tensile bond strength)

모든 시편을 24시간 동안 증류수에 보관한 후, acrylic ring (직경 20 mm, 높이 15 mm)내에 자가 중합 epoxy 레진을 부어 제작된 시편을 포매하였다. Low-speed diamond saw (ISOMET, Buehler, Lake Bluff, USA)를 이용하여 주수 하에 교합-치는 방향으로 절단하여 1 mm 두께의 slab으로 제작하였고, 다시 Shono 등²³⁾이 보고한 미세인장 접착강도 측정방법의 'Non-trimming' 방법을 이용하여 절단하여 $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ 의 단면적을 가지는 복합레진-상아질 beam을 형성하였다.

Beam으로 제작된 시편을 cyanoacrylate adhesive (Zapit, DVA, Lewis Ct. Corona, USA)를 이용하여 미세인장 접착강도 측정용 zig에 부착하였다. Universal testing machine (EZ-Test, Shimadzu, Japan)을 이용하여 1 mm/min의 crosshead speed로 하중을 가하여 미세인장 접착 강도를 측정하였다.

4) 주사전자현미경 관찰 (SEM examination)

상아질 접착제가 도포된 상아질의 파단면을 관찰하기 위하여 건조 및 금이온 증착하여 가속전압 20 kVp에서 주사전자현미경 (S-3200, Hitachi Co., Japan)으로 2,000배로 관찰하였다 (Figure 7 - 14).

5) 통계 분석

대조군 및 실험군의 측정된 미세인장 접착강도를 one-way ANOVA 및 Duncan's multiple comparison test를 이용하여 95%의 신뢰구간에서 분석하였다 (Table 4).

III. 실험성적

1. 미세인장 접착강도

Table 4와 Figure 2는 12개의 대조군 및 실험군의 미세인장 접착강도를 측정한 결과이다. 상아질에 수산화칼슘을 적용하지 않은 대조군과 수산화칼슘을 7일간 적용한 실험군에서는 Scotchbond Multi-Purpose (SM)와 Clearfil SE Bond (SE)를 사용한 경우, Single Bond (SB)와 Prompt L-Pop (PL)을 적용한 경우에 비하여 유의성 있게

Table 4. Micro-tensile bond strength of 12 experimental groups ($\text{MPa} \pm \text{SD}$)

Group	Adhesive (Code)	Strength
Control	Scotchbond Multipurpose (SM/C)	36.6 ± 8.9^a
	Single Bond (SB/C)	22.6 ± 7.6^b
	Clearfil SE Bond (SE/C)	37.1 ± 7.4^a
	Prompt L-Pop (PL/C)	18.2 ± 9.9^b
Ca(OH) ₂ 7 days	Scotchbond Multipurpose (SM/7)	35.0 ± 9.7^c
	Single Bond (SB/7)	24.8 ± 7.1^d
	Clearfil SE Bond (SE/7)	37.8 ± 8.4^c
	Prompt L-Pop (PL/7)	18.0 ± 3.6^d
Ca(OH) ₂ 30 days	Scotchbond Multipurpose (SM/30)	36.7 ± 11.3^e
	Single Bond (SB/30)	26.8 ± 5.9^f
	Clearfil SE Bond (SE/30)	31.7 ± 6.3^{ef}
	Prompt L-Pop (PL/30)	16.1 ± 7.2^g

*Same superscript means no statistical difference.

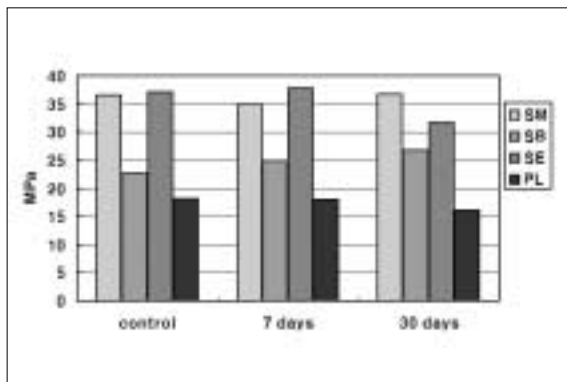


Figure 2. Micro-tensile bond strength of 12 experimental groups.

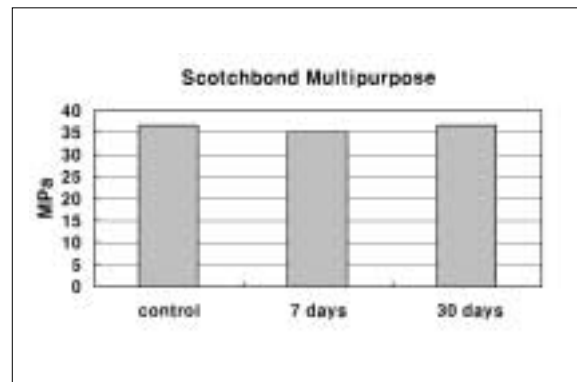


Figure 3. Micro-tensile bond strength in group of SM.

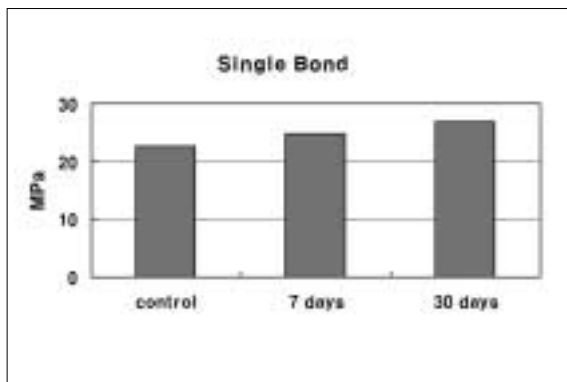


Figure 4. Micro-tensile bond strength in group of SB.

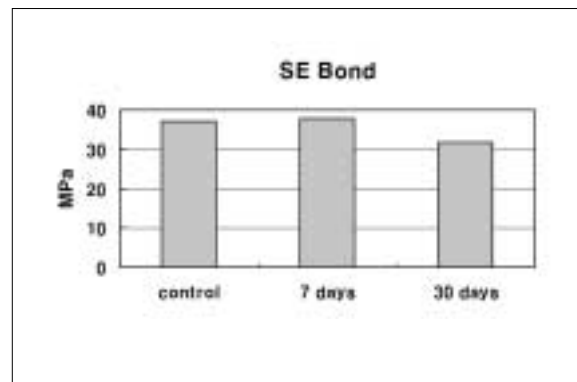


Figure 5. Micro-tensile bond strength in group of SE.

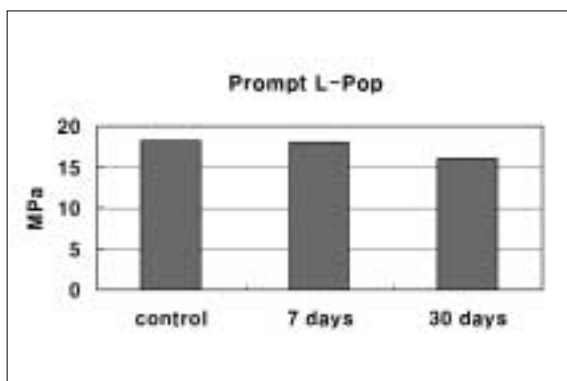


Figure 6. Micro-tensile bond strength in group of PL.

높은 미세인장 접착강도를 나타냈으며 ($p < 0.05$), 수산화칼슘을 30일간 적용한 PL군이 SM군, SB군, SE군에 비해 유의성 있게 낮은 미세인장 접착강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).

3단계 total-etching 접착제를 사용한 SM군과 2단계 total-etching 접착제를 사용한 SB군의 미세인장 접착강도는 대조군과 7일 실험군, 30일 실험군에서 각각 차이가 나타나지 않았다 ($p > 0.05$) (Figure 3, 4).

2단계 자가부식형 접착제를 사용한 SE군과 1단계 자가부식형 접착제를 사용한 PL군은 30일 실험군에서 미세인장 접착강도가 다소 감소하는 양상을 보였으나, 통계적으로 유의성은 없었다($p > 0.05$) (Figure 5, 6).

2. 주사전자현미경 관찰

주사전자현미경 관찰에서 상아질 잠착제에 따른 파절 양상의 차이를 발견할 수 있었다. 높은 미세인장 접착강도로 측정된 3단계 total-etching 접착제를 사용하는 SM군과 2단계 자가부식형 접착제를 사용하는 SE군에서는 cohesive failure의 양상이 나타났다(Figure 7 - 10).

2단계 total-etching 접착제를 사용하는 SB군에서는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상이 나

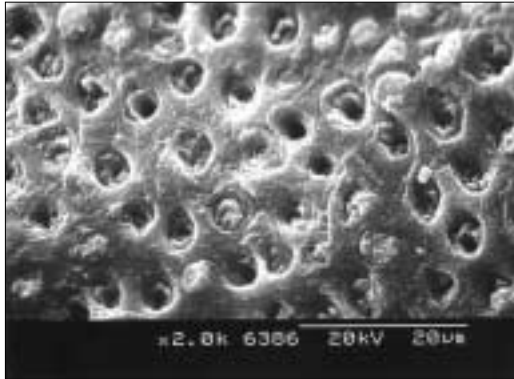


Figure 7. SEM photograph of the fractured surface of SM/C group, showing cohesive failure. The failure occurred at the bottom of the hybrid layer and there are resin tags in the dentinal tubules that fractured at the bottom of the hybrid layer.

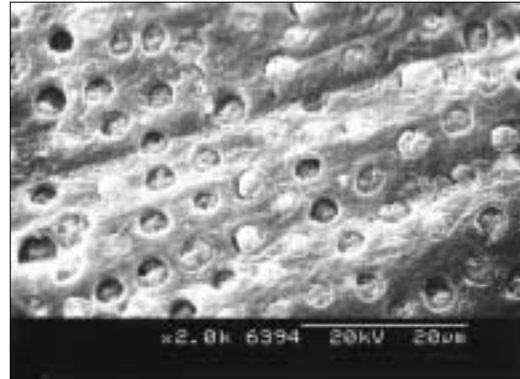


Figure 8. SEM photograph of the fractured surface of SM/30 group, showing cohesive failure. The failure occurred at the bottom of the hybrid layer and there are resin tags in the dentinal tubules that fractured at the bottom of the hybrid layer.

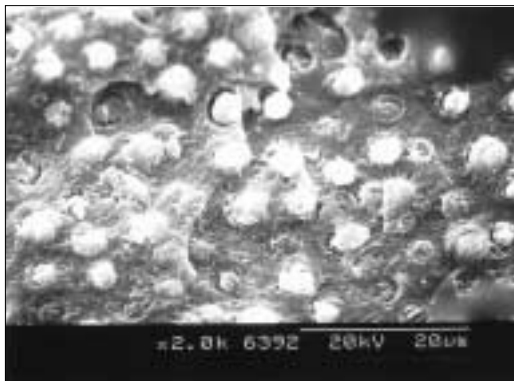


Figure 9. SEM photograph of the fractured surface of SB/C group, showing mixed failure. The failure occurred both at the top of the hybrid layer and in the bottom of the hybrid layer.

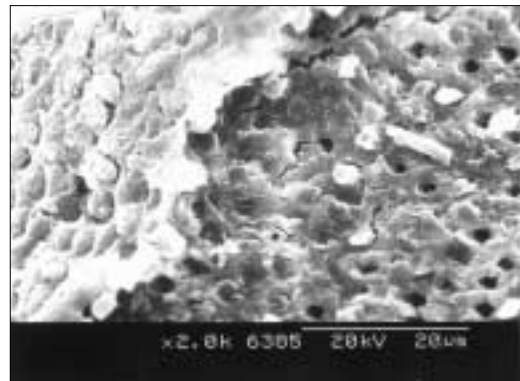


Figure 10. SEM photograph of the fractured surface of SB/30 group, showing mixed failure. The failure occurred both at the top of the hybrid layer and in the bottom of the hybrid layer.

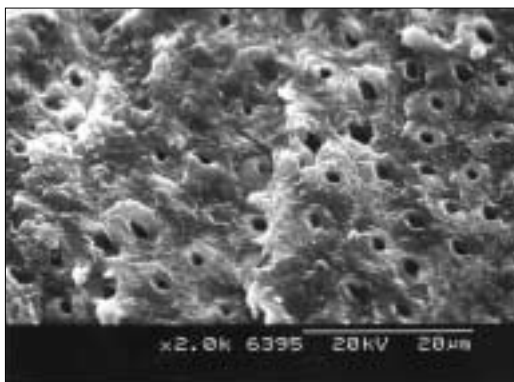


Figure 11. SEM photograph of the fractured surface of SE/C group, showing cohesive failure. The failure occurred at the bottom of the hybrid layer and exposed dentin, which was not enveloped by resin.

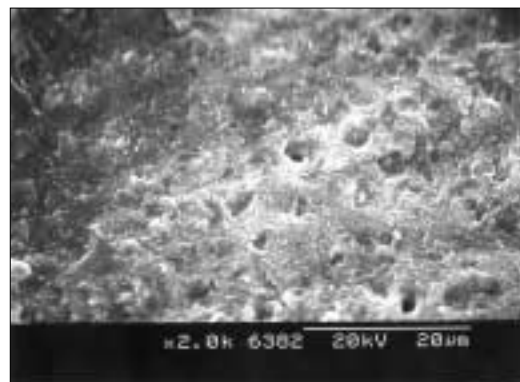


Figure 12. SEM photograph of the fractured surface of SE/30 group, showing cohesive failure. The failure occurred at the bottom of the hybrid layer and exposed dentin, which was not enveloped by resin.

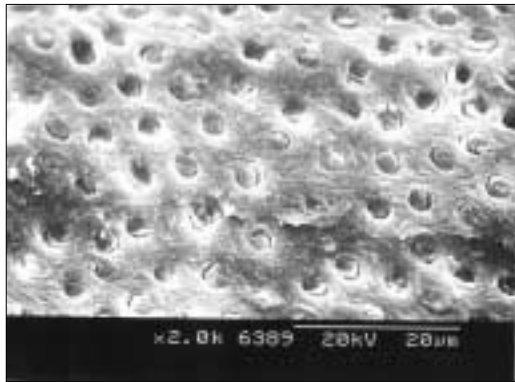


Figure 13. SEM photograph of the fractured surface of PL/C group, showing adhesive failure. The failure occurred between the resin and the top of the hybrid layer.

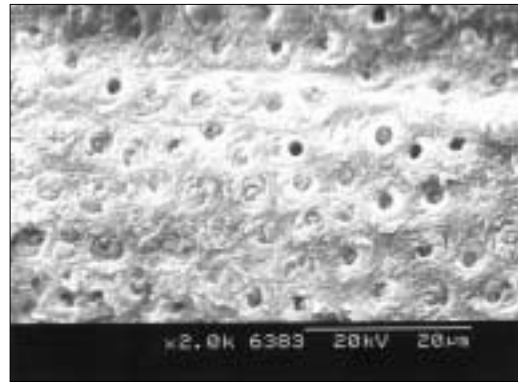


Figure 14. SEM photograph of the fractured surface of PL/30 group, showing adhesive failure. The failure occurred between the resin and the top of the hybrid layer.

타났으며 파절이 혼성층의 상부와 하부에서 모두 관찰되었다 (Figure 11 - 12).

반면 가장 낮은 접착강도로 측정된 1단계 자가부식형 접착제를 사용하는 PL군은 adhesive failure의 양상을 보였다 (Figure 13 - 14).

상아질 접착제에 따른 파절 양상의 차이가 관찰된 것에 반해 같은 상아질 접착제를 사용한 경우 대조군과 실험군에서 접착양상의 차이는 관찰되지 않았으며 모든 군에서 수산화칼슘의 잔사는 발견되지 않았다.

IV. 총괄 및 고안

수산화칼슘은 근관 치료 및 보존 수복 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 약제 중의 하나이다. 특히 높은 알칼리성에 의한 살균 효과와 상아질의 재광화를 유도하는 특성으로 치수 보호를 위한 이장제나 치수 복조술시의 약제 및 실험치 표백술 이후의 와동 소독제 등 다양한 용도로 보존 수복 분야와 더불어 근관치료 분야에서도 사용되고 있다.

한편 최종 심미성 접착 수복에 상아질 접착제의 사용은 필수적이다. 그러나 수산화칼슘은 조직 변성을 야기하여 접착성 수복 술식에 위대한 영향을 미칠 가능성이 있어 임상에서 적절한 선택이 요망되는 바, 수산화칼슘의 적용 여부 및 그 적용 기간이 접착강도에 어떠한 영향을 미치는가를 관찰하여 수산화칼슘 사용 후에 적합한 접착제의 선택 및 접착 방법을 구명하고자 각각 다른 접착 과정을 갖는 4종의 상아질 접착제를 사용하여 상아질의 미세인장 접착강도의 변화를 관찰하였다.

현재 널리 사용되고 있는 상아질 접착제 중 3단계 total-etching 접착제 및 2단계 total-etching 접착제는 35% 인

산을 사용하여 산부식 및 수세 과정을 시행하며 이 과정에서 도말층을 제거하고 표층의 무기질을 용해시킨다. 차이점은 2단계 total-etching 접착제의 경우 전통적인 3단계 total-etching 접착제와는 달리 프라이머 처리 및 접착제 도포를 동시에 시행하여 접착과정을 단순화시키고 시술시간을 단축시켰다는 점이다.

반면 2단계 자가부식형 접착제 및 1단계 자가부식형 접착제는 산성단량체에 의한 산부식과 전처리가 동시에 이루어지며, 도말층이 제거되지 않고 부분적으로 탈회되어 하부의 상아질을 용해/변형시켜 상아질과 접착하게 된다⁽²⁴⁻²⁵⁾. 자가부식형 접착제는 접착과정의 단축으로 시술시간을 줄일 수 있는 장점 이외에도 도말층을 제거하지 않아 상아세관으로부터 세관액의 유출을 감소시키고 습윤 접착과정이 배제되며 교원섬유의 건조로 인한 붕괴가 나타나지 않아 탈회층과 레진 침투층이 일치되어 술후 파민반응을 감소시킨다. 또한 습윤 접착과정의 배제는 기술적 민감성 (technical sensitivity)을 최소화 할 수 있다는 장점을 갖는다. 이러한 안정성과 편리함에 의해 자가부식형 접착제에 대한 수요는 점차 증가하고 있다⁽²⁸⁻³⁰⁾.

4세대 접착제를 사용한 SM군과 5세대 접착제를 사용한 SB군은 모두 total-etching 계열의 접착제로 35% 인산을 사용하여 산부식 및 수세 과정을 시행하며 이 과정에서 도말층을 제거하고 표층의 무기질을 용해시킨다는 공통점을 가진다. 4세대와 5세대 상아질 접착제의 차이점은 2단계 접착 과정의 one-bottle system인 SB군의 경우, 프라이머가 없어 산성을 갖는 기능성 단량체가 상아질과 직접 접착한다는 점이다⁽²⁴⁻²⁵⁾.

반면 5세대 접착제를 사용한 SE군과 6세대 접착제를 사용한 PL군은 모두 자가부식형 접착제로 산성단량체에 의한

산부식과 전처리가 동시에 이루어지며, 도말층이 제거되지 않고 부분적으로 탈회되어 하부의 상아질을 용해/변형시켜 상아질과 접착한다. 이 때 도말층이 충분히 부식될 수 있도록 충분한 산도를 지녀야 하며, 특히 6세대 상아질 접착제가 포함하는 친수성/이온성 산성 단량체들 (MAC-10, pyrophosphate, 4-MET, phosphoric acid esters, pyro-EMA)의 산도는 본질적으로 5세대 상아질 접착제보다도 높은 것으로 알려져 있다²⁴⁻²⁵⁾.

수산화칼슘은 높은 알칼리성으로 파골 세포가 분비하는 젖산을 중화시켜 파골 세포의 작용을 감소시키는 것으로 알려져 있다¹⁵⁾. 따라서 수산화칼슘에 의한 조직 변성이 접착 과정에 있어서 높은 산성을 띄는 Single Bond, Clearfil SE Bond와 Prompt L-Pop을 사용한 SB군, SE군 및 PL군에서 산-염기 반응에 의한 중합 반응 방해나 접착강도 감소를 야기할 수 있을 것으로 예상하였으며 실제로 SE군과 PL군에서는 수산화칼슘을 30일 적용한 경우 접착강도가 약간 감소되어 나타났다.

그러나 3단계 total-etching 접착제를 사용한 SM군 뿐만 아니라 SB군, SE군과 PL군의 경우, 대조군과 접착강도의 유의성 있는 변화는 나타나지 않았다. 따라서 수산화칼슘의 단기간 사용에 의한 상아질의 조직 변성은 접착 양상이나 강도를 변화시킬 만큼 접착강도의 변화는 크지 않았다고 생각할 수 있다.

전술한 바와 같이 Windley 등²²⁾도 수산화칼슘의 단기간 사용이 2단계 total-etching 접착제인 Single Bond와 Prime & Bond NT (Dentsply Caulk, Milford, USA)의 접착강도에 영향을 미치지 않는다고 밝힌 바 있으며, Andreasen 등²⁷⁾의 연구에 따르면 수산화칼슘을 근관 내에 30일간 적용한 경우, 치근의 파절 저항에 아무런 영향이 없었으나, 60일 이상 적용한 경우에 치근의 파절 저항이 감소하였고, 1년간 적용한 경우 50%에 달하는 파절 저항이 감소될 수 있음을 수산화칼슘의 알칼리성에 의해 상아질의 유기질 구조가 약화되기 때문이라고 보고하였다.

이를 토대로 수산화칼슘에 의한 상아질의 조직 변성은 그 효과가 서서히 나타난다고 생각할 수 있으며 본 연구와 같이 단기간 (7일 또는 30일) 적용하는 경우에는 상아질 접착제의 종류나 접착 기전에 관계없이 위해 효과를 나타내지 않는다고 생각할 수 있다. 따라서 보다 장기간 수산화칼슘을 적용하는 경우, 접착강도가 감소될 것을 예상할 수 있으나, 실제로 근관 치료 시에도 근첨형성술 등을 시행하는 경우를 제외하고는 60일 이상 수산화칼슘을 적용하는 경우가 드물며 보존 수복 술식의 경우, 대부분 빠른 시일 내에 최종 수복이 이루어지므로 수산화칼슘의 장기적인 사용에 따른 접착강도의 감소할 가능성은 사실상 임상에서는 드물다.

주사전자현미경 관찰 결과, 높은 접착강도를 보인 SM군, SE군에서는 cohesive failure 양상이, 전술한 두 상아질 접

착제에 비해 낮은 접착강도를 보인 SB군에서는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상이, 가장 낮은 접착강도를 보인 PL군에서는 adhesive failure 양상이 나타났다. 이는 Shono 등²³⁾의 연구 결과에 따르면, 30 MPa 이상의 접착강도를 나타내는 시편의 경우, 주사전자현미경으로 관찰한 파단면에서 사용된 접착제나 술자에 관계없이 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상이 나타나며 낮은 접착강도를 보이는 경우에는 adhesive failure가 많이 나타난다고 하였다. 이는 본 연구에서의 주사전자현미경 관찰 결과와도 부합하는 것으로 접착제들 사이에 나타난 파단 양상의 차이는 접착강도의 차이에 의한 것이다. 또한 각각의 접착제에서 대조군과 실험군 사이에 차이가 발견되지 않은 것으로 보아 수산화칼슘이 파단 양상에 영향을 미치지 않는다고 생각할 수 있다.

Shono 등²³⁾의 연구에서는 또한 시편 제작 중 파절된 시편들의 파절면에서 잔사 등의 이물 소견을 보고하였는데, 따라서 수산화칼슘의 단기 적용 시 접착강도의 유지는 수산화칼슘 적용 여부나 기간보다도 수산화칼슘 잔사의 완전한 제거 여부에 좌우된다고 볼 수 있다.

Total-etching 계열 접착제의 경우, 부가적인 산부식 및 수세 과정이 수반되므로 보다 효과적인 제거가 가능할 것으로 생각되며, self-etching 계열 접착제의 경우, 부가적인 산부식 및 수세 과정이 없으므로 수산화칼슘 제거 시 보다 주의가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

상아질에 수산화칼슘의 적용 여부에 따라 7일과 30일간 적용한 실험군과 수산화칼슘을 적용하지 않은 대조군과의 미세인장 접착강도의 변화를 분석하고 적절한 상아질 접착제의 선택을 위하여 4종의 상아질 접착제 Scotchbond Multipurpose (SM), Single Bond (SB), Clearfil SE Bond (SE), Prompt L-Pop (PL)를 사용한 후 복합 레진 (Z-250)을 상아질에 적용하고, 미세인장 접착강도를 측정, 분석하고 주사전자현미경을 이용하여 접착계면을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군과 7일 실험군에서 SM, SE가 SB, PL에 비하여 높은 접착강도를 나타내었다 ($p < 0.05$).
2. SM과 SB를 사용한 실험군의 접착강도는 대조군과 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.
3. SE와 PL을 사용한 30일 실험군에서 접착강도가 다소 감소하는 양상을 보였으나, 통계학적 유의성은 없었다.
4. SM과 SE에서는 cohesive failure 양상이, SB와 PL에서는 adhesive failure의 양상이 나타났으나, 대조군과 실험군에서 접착양상의 유의한 차이는 없었다.

이상의 연구 결과에서 단기간 (7일 또는 30일간)의 수산화칼슘 적용은 상아질 접착제의 접착 과정의 차이에 따른 변화를 나타내지 않는 것으로 평가되었다.

따라서 현재 사용되고 있는 상아질 접착제들은 올바른 적용 방법을 준수할 경우, 수산화칼슘 적용 여부와는 무관하게 임상적 적용에 안정성이 있다고 사료된다.

참고문헌

- Orstavik D. Antibacterial properties of endodontic materials. *Int Endod J* 21(2):161-169, 1988.
- Chong BS and Pitt Ford TR. The role of intracanal medication in root canal treatment. *Int Endod J* 25(2): 97-106, 1992.
- Unemori M et al., Composite resin restoration and postoperative sensitivity: clinical follow-up in an undergraduate program. *J Dent* 29(1):7-13, 2001.
- Ulusu T et al., Comparison of the effect of insertion techniques of a resin composite on dentinal adaptation of two visible light-cured bases: direct evaluation versus a replica technique. *Quint Int* 27(1):63-68, 1996.
- Cox CF and Suzuki S. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization. *J Am Dent Assoc* 125(7):823-831, 1994.
- Suliman AA and Chan KC. Microleakage between different types of base materials. *Prosthet Dent* 67(2): 153-156, 1992.
- Staehle HJ et al., The marginal sealing of composite inlays with different cavity liners. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102(10):1189-1194, 1992.
- Fitzgerald M and Heys RJ. A clinical and histological evaluation of conservative pulpal therapy in human teeth. *Oper Dent* 16(3):101-112, 1991.
- Papadakou M et al., Adaptation of two different calcium hydroxide bases under a composite restoration. *J Dent* 18(5):276-280, 1990.
- Peliz MI et al., Scanning electron microscope analysis of internal adaptation of materials used for pulp protection under composite resin restorations. *J Esthet Restor Dent* 17(2):118-128, 2005.
- Ersin NK and Eronat N. The comparison of a dentin adhesive with calcium hydroxide as a pulp-capping agent on the exposed pulps of human and sheep teeth. *Quint Int* 36(4):271-280, 2005.
- Subay RK and Demirci M. Pulp tissue reactions to a dentin bonding agent as a direct capping agent. *J Endod* 31(3):201-204, 2005.
- Scarano A et al., A. Direct capping with four different materials in humans: histological analysis of odontoblast activity. *J Endod* 29(11):729-734, 2003.
- Cox CF et al., Biocompatibility of surface-sealed dental materials against exposed pulps. *J Prosthet Dent* 57(1):1-8, 1987.
- P.C. Foreman and I.E. Barnes. A review of calcium hydroxide. *Int Endod J* 23:283-297, 1990.
- Eidelman E et al., Remineralization of carious dentin treated with calcium hydroxide. *J Dent Child* 32(4): 218-225, 1965.
- Kehoe JC. pH reversal following *in vitro* bleaching of pulpless teeth. *J Endod* 13(1):6-9, 1987.
- de Oliveira LD et al., Sealing evaluation of the cervical base in intracoronary bleaching. *Dent Traumatol* 19(6): 309-313, 2003.
- Lambrianidis T et al., Effect of calcium hydroxide as a supplementary barrier in the radicular penetration of hydrogen peroxide during intracoronary bleaching *in vitro*. *Int Endod J* 35(12):985-990, 2002.
- Andreasen JO and Kristerson L. The effect of extra-alveolar root filling with calcium hydroxide on periodontal healing after replantation of permanent incisors in monkeys. *J Endod* 7(8):349-354, 1981.
- Chung HA et al., Adhesion of glass-ionomer cement sealers to bovine dentin conditioned with intracanal medications. *J Endod* 27(2):85-88, 2001.
- Windley W III et al., The effect short-term calcium hydroxide treatment on dentin bond strength to composite resin. *Dent Traumatol* 19(2):79-84, 2003.
- Shono Y et al., Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res* 78(2):699-705, 1999.
- Tay FR and Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17(4):296-308, 2001.
- 장영인, 최경규, 박상진. 복합레진에 대한 자가부식형 접착제의 적합성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 31(in process), 2006.
- Tanumiharja M et al., Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater* 16(3):180-187, 2000.
- Andreasen JO and Kristenson L. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 18:134-137, 2002.
- Pioch T et al., The nanoleakage phenomenon: influence of moist vs dry bonding. *J Adhes Dent* 4(1):23-30, 2002.
- Swift EJ Jr. Dentin bonding: what is the state of the art? *Compend Contin Educ Dent* 22(12 Suppl):4-7: quiz 18, 2001.
- Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am* 46(2):277-301, 2002.

국문초록

수산화칼슘 적용에 따른 상아질 접착제의 접착강도 변화에 관한 연구

박노훈 · 박상혁 · 최기운 · 박상진*

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

본 연구는 다양한 접착 과정과 기전을 지닌 4종의 상아질 접착제를 이용하여 수산화칼슘의 사용 여부 및 그 적용 기간이 접착강도에 미치는 영향을 측정 및 평가하고 주사전자현미경을 이용한 접착 계면의 관찰을 통해 복합레진 수복이나 레진 시멘트를 이용한 수복물 접착 시에 적절한 상아질 접착제의 선택과 사용방법을 알아보고자 시행하였다.

치수강에 근접한 상아질 표면을 노출시킨 후, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 생리식염수와 혼합하여 실험군 치아 24개의 상아질 표면에 적용한 후, IRM (Intermediate Restorative Material, Dentsply Caulk, Milford, USA)으로 적용된 수산화칼슘 및 변연 부위의 상아질과 법랑질 모두를 밀폐하여 36.5°C 증류수에서 실험기간 (7일 및 30일) 동안 보관하였다.

Scotchbond Multipurpose, Single Bond, SE Bond and Prompt L-Pop 등 4종의 상아질 접착제를 제조사의 지시에 따라 적용하고 복합 레진을 3회에 나누어 총 5 mm 높이로 적층한 뒤 각 층마다 20초씩 광조사를 시행하였다.

Universal testing machine을 이용하여 1 mm/min의 crosshead speed로 하중을 가하여 미세인장 접착 강도를 측정하고 파단면을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

이상의 연구 결과에서 단기간 (7일 또는 30일간)의 수산화칼슘 적용은 상아질 접착제의 접착 과정의 차이에 따른 변화를 나타내지 않는 것으로 평가되었다.

주요어: 수산화칼슘, 상아질 접착제, 복합 레진, 상아질 접착강도, 미세인장접착강도, 주사전자현미경 분석