

치수압이 상아질 접착제의 미세전단 결합강도에 미치는 영향에 관한 *In vitro* 연구

송윤정 · 박성호 *

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICRO-SHEAR BOND STRENGTH TO DENTIN UNDER SIMULATED PULPAL PRESSURE

Yun-Jung Song, Sung-Ho Park *

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

The aim of this study was to measure and compare the micro shear bond strengths of the following dentin bonding systems to the dentin surfaces under simulated pulpal pressure: All Bond 2[®], Second[®], AdheSE[®], Adper Prompt L-Pop[®]. The occlusal surfaces of 180 extracted human molars were prepared so the dentin bonding surfaces could be exposed. The teeth were randomly assigned to 3 equal groups of 60 each and subdivided. The dentin surfaces were treated with the above mentioned bonding system and resin composite cylinders were built up under a simulated pulpal pressure when saline (Group II) or diluted bovine serum (Group III) was used as the pulpal fluid. As a control, the same procedures were performed in the dried dentin surfaces (Group I). After one day of storage in water, the micro shear bond strengths were measured using an EZ tester. Group II and III showed significantly lower shear bond strength than Group I statistically ($p < 0.05$). SEbond[®] and AdheSE[®] showed no difference among the different dentin condition. In the Adper Prompt L-Pop[®], a simulated pulpal pressure were applied to the specimens using diluted bovine serum, which showed a higher strength than the specimens in which saline was used ($p < 0.05$).

(J Kor Acad Cons Dent 29(4):339-345, 2004)

Key words : Micro-shear bond strength, Pulpal pressure

I. 서 론

상아질 접착제의 결합강도에 대한 수 많은 다양한 연구들이 발치된 치아에서 진행되어 왔으며, 이들은 대부분 치수압이나 상아세관액의 고려 없이 발치된 치아에서 이루어졌다¹⁻³⁾. 그러나 이러한 결합강도는 상아질층의 두께^{4,5)}와 시편의 보관시간, 보관방법, 상아질층의 유기물 조성, 내적 구성 요소

의 변화, 도말층의 존재와 표면의 젖음성, 상아세관액 등의 다양한 요소³⁾에 의해 영향을 받는다. 특히 생활치에서 치수압하의 상아세관액이 상아질 접착에 있어서 부가적인 영향을 줄 수 있다고 보고되고 있는데 생활력 있는 치아에서 치수내압하의 상아세관액은 상아질접착제의 상아세관내로의 침투를 방해할 뿐 아니라 상아질 접착제와 상아질면의 접촉을 어렵게 할 수 있다고도 하였다⁶⁾.

현재 *in vitro* 상에서, 이러한 치수내압하의 상아세관액을 대신하여 물, 생리식염수 등을 사용하여 재현한 많은 연구들을 보고하고 있고, 또한 *in vivo*에서의 상아세관액은 생리식염수와는 다르며 오히려 혈청 (serum)이 단백질을 포함하므로 그 성분이 유사하다고 하여⁷⁾ 말 (horse)이나 소의 혈청 (bovine serum) 등을 이용하기도 하였다⁸⁻¹⁰⁾. 이러한 각각의 치수내압형성 물질에 따라 상아질 접착제의 결합강

* Corresponding author: Sung-Ho Park

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Yonsei University
134 Shinchon-Dong, Seodaemoon Gu, Seoul, Korea, 120-752
Tel : 82-2-361-8709 Fax : 82-2-313-7575
E-mail : sunghopark@yumc.yonsei.ac.kr

도도 다양한 결과를 보이고 있다.

Augustin 등¹¹⁾은 소의 혈청과 생리적 식염수를 이용하여 치수내압을 재현한 실험에서 치수내압을 재현하지 않은 경우에 All bond 2[®]가 더 높은 결합강도를 나타냄을 보고하였다. 또한 Prati 등⁸⁾은 치수내압을 생리적 식염수로 재현하여 Scotchbond 2[®]와 Clearfil Photo Bond[®]의 전단결합강도를 측정하여 Scotchbond 2[®]는 치수내압을 재현하지 않았을 때 높은 결합강도를 나타냈으며 Clearfil Photo Bond[®]은 치수내압을 재현했을 때 높은 결합강도를 나타냄을 보고하였다. Pioch¹²⁾등은 치수내압을 재현하였을 때 상아질 접착제의 결합강도는 재현하지 않았을 때보다 낮게 나타남을 보고하였다.

이와 같이 다양한 연구에도 불구하고 치수내압을 재현하였을 때 total etching adhesive system, self-etching primer adhesive system, all in one system 사이의 미세전단 결합강도를 비교한 연구는 상대적으로 미미한 실정이다.

따라서 이번 연구의 목적은 생리식염수와 소의 혈청으로 치수내압을 재현한 상아질 시편에서 total etching adhesive system인 All bond 2[®], self-etch primer adhesive system인 Clearfil SE bond[®], AdheSE[®] 그리고 all in one system인 Adper Prompt L-pop[®]을 이용하여 각각의 미세전단 결합강도를 비교하고 치수내압 재현이 미세전단 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위함이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

이 실험은 4개의 상아질 접착제와 각 제조회사에서 추천하는 그에 따른 4개의 복합레진이 이용되었다 (Table 1).

또한 치수내압 (intrapulpal pressure)을 적용시키기 위하여 생리적 식염수 (NaCl 0.9%)와 소의 혈청 (diluted 1:3 with physiologic saline)¹³⁾을 사용하였다.

2. 연구방법

가. 치아의 처치 방법

우식이나 마모 등이 없이 건전한, 발치된 지 한달 이내인 60개의 인간의 3대구치를 상온의 생리식염수에 보관한 후 임의로 다음과 같이 3군으로 나누어 처리하였다.

(1) I군 - 치수내압 (intrapulpal pressure)을 가하지 않은 대조군

치아를 Minitome으로 증류수 하에서 상아 법랑 경계하방 0.5 mm (superficial dentin surface) 지점에서 교합면에 평행하게 2 mm 두께로 절삭한 후 상아질면은 220번 사포로 물기가 있는 상태에서 연마하였다.

(2) II군 - 생리적 식염수를 이용하여 치수내압을 적용시킨 실험군

치아를 I군에서와 같은 방법으로 절삭 연마시켰다. 노출된 상아질면은 치아의 협, 설면에 #330 버를 이용하여 치수강으로 교통할 수 있는 2개의 hole을 형성하였다. 각각의 hole에 rubber tube와 일회용 플라스틱 5 mL syringe로 연결되는 18 gauge stainless steel tube를 flowable resin을 이용하여 연결하였다. 치수내압을 적용시키기 위하여 각각의 syringe에 생리적 식염수 (NaCl 0.9%)을 36 cm (=25 mmHg) 높이¹⁴⁾로 stand에 고정하여 치수내압을 재현하였다 (Figure 1).

Table 1. Materials used in the present study

Dentin Bonding System (lot number)	Type	Composite Resins (lot number)	Manufacture
All-bond II [®] (200000840)	Total- etching system	Micronew [®] (100006018)	Bisco Inc Schaumburg, USA
Clearfil SE bond [®] (51451)	Self-etching Primer system	Clearfil AP-X [®] (00004C)	Kuraray Okayama, Japan
AdheSE [®] (E38487)	Self-etching Primer system	Tetric Ceram [®] (E25609)	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein
Adper Prompt L-Pop [®] (153733)	All-in-one System	Z250 [®] (2LEJ200506)	3M ESPE St. Paul, USA

(3) III군 - 소의 혈청을 이용하여 치수내압을 적용시킨 실험군

치아를 생리적 식염수 군에서와 같이 준비한 후 치수내압을 적용시키기 위하여 각각의 syringe에 소의 혈청 (diluted 1:3 physiologic saline)을 34 cm 높이 (= 25 mmHg)로 고정하여 치수압을 재현하였다.

각군의 치아는 하루동안 생리식염수에 보관하였다.

나. 접착과정

(1) I군

각 군에서 사용된 4가지 재료당 15개의 표본을 제작하였다. 상아질면에 Post-it (3M)을 두 장 겹쳐 punch를 이용하여 hole를 형성하고 치아 절편에 붙여서 hole외에는 치질이 노출되지 않도록 격리시켰다.

All bond 2® system은 37% 인산 (ETCH™-37, Bisco, USA)으로 10 초간 산부식 하고, 제조사의 지시대로 상아

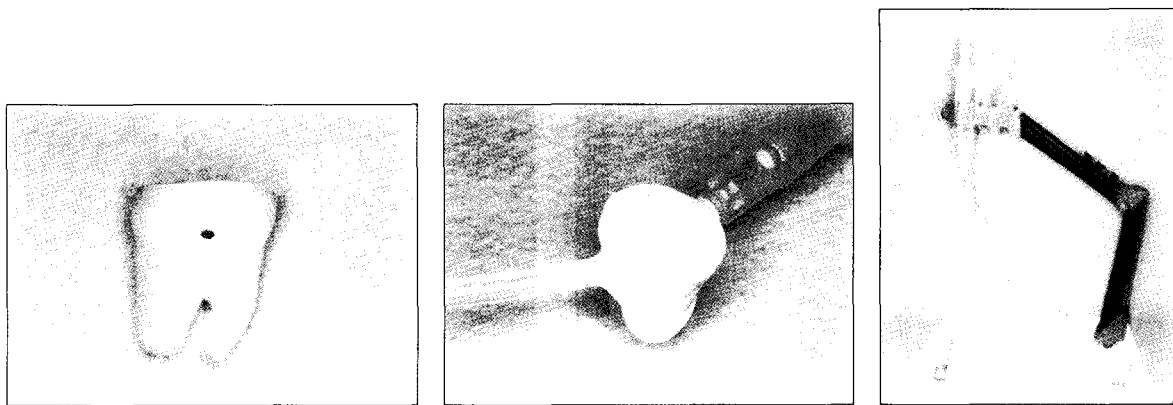


Figure 1. Simulation of pulpal pressure

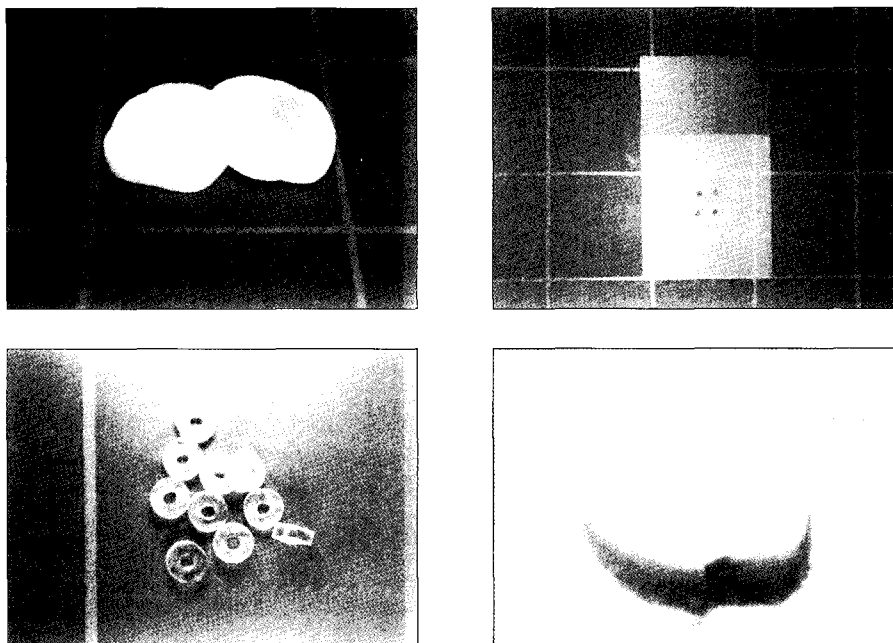


Figure 2. Tooth slice and specimen hole

질 접착제를 도포한 후 광중합기 (Curing Light 2500, 3M Dental Product, Germany)로 40초간 광중합하였다. 광중합기는 주기적으로 광도를 측정하였다.

SE bond[®]와 AdheSE[®]는 제조사의 지시에 맞게 etching 없이 상아질 접착제를 도포하고 광중합하였다. Adper Prompt L-Pop[®]도 제조사의 추천대로 bottle 내의 내용물을 잘 섞어서 15초간 2번 도포 후 광중합하였다.

그 후 Post-it 한 장을 떼어내고 내경 0.7 mm, 높이 0.4 mm의 Tube (Tygon; Norton performance plastics. Co, Ohio, USA)를 hole 위에 위치시켰다 (Figure 2). 각 제조사가 추천하는 복합레진을 위치시키고 충전 후 광중합하였다.

Tube와 Post-it를 제거하고 blade를 이용하여 현미경하에서 과도한 상아질 접착제를 제거하였다. 이후 시편은 상온의 식염수에 24시간동안 보관하였다.

(2) II군 및 III군

Syringe에 연결된 치아를 putty를 이용하여 고정하였다. 레진을 접착하는 과정 동안은 국소마취 하에 vasoconstrictor 효과를 재현하기 위해 치수내압을 19.6 cm (13.6 mmHg)로 감소시켰다. 이후 레진의 접착은 위와 동일하게 진행하였다. 이후 시편은 상온의 식염수에 24시간동안 보관한 후 만능시험기에 부착하기 위해 disk 형태로 절삭하였다.

다. 미세-전단 결합 강도 시험

24시간 동안 보관된 치아 시편을 만능시험기 (EZ test, Shimadzu, Japan)에 부착하고, 철사를 걸어 (wire-loop method) 시편의 하방을 감싸게 위치시키고 cross-head speed 0.5 mm/min의 속도로 힘을 가하였다. 이 때 결합이 파괴될 때까지 힘을 가하고, 컴퓨터에 연결된 WinAGSLite프로그램을 통하여 결합강도를 측정하였다.

라. 통계분석

상아질 표면 처리에 따른 각 군과 재료간의 상호 영향을 알아보기 위하여 two way ANOVA를 시행하였으며 각 재료에 따른 상아질 표면처리의 영향을 알아보기 위하여 Kruskal-Walis one way ANOVA 및 각 재료간의 유의차를 검정하기 위하여 Student-Newmann-Keuls test를 시행하였다.

III. 결 과

각 실험군의 미세전단결합강도의 평균 및 표준편차는 Table 2와 같다.

Two way ANOVA를 시행한 결과 치수내압을 재현시키지 않은 I군에서 치수내압을 재현시킨 II군 및 III군보다 높은 미세전단결합강도를 나타내었고 (p < 0.05), 치수내압을 생리적 식염수로 재현시킨 II군과 희석된 소의 혈청으로 재현시킨 III군간의 미세전단 결합강도의 통계학적 유의차는 없었다 (Table 2, 3). 또한 실험에 사용된 각 재료간의 미

Table 2. Micro-shear bond strength (MPa)

	I *	II	III
All Bond 2 [®]	32.71 ± 5.28	32.52 ± 5.97	24.00 ± 3.25
SE Bond [®]	33.58 ± 8.95	30.12 ± 3.22	31.29 ± 3.79
AdheSE [®]	32.59 ± 6.28	30.53 ± 3.44	32.52 ± 0.64
Adper Prompt L-Pop [®]	32.07 ± 2.17	25.57 ± 1.69	32.89 ± 6.10

(Mean ± Standard deviation)

* statistically significant (p < 0.05)

Table 3. Two-way ANOVA between the surface conditions and dentin bonding systems

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Surface condition	320.638	2	160.324	6.169*
Dentin bonding systems	151.961	3	50.645	1.949
Interaction	1037.973	6	172.995	6.656*
Error	4366.345	168	25.99	
Total	5876.927	179	32.832	

* F-value was significant at the 95% level of confidence.

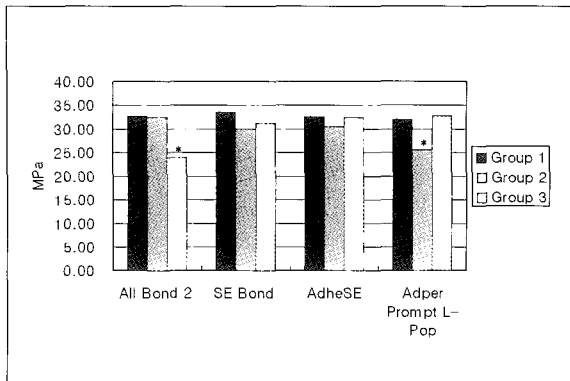


Figure 4. Micro-shear bond strength of dentin adhesive systems

* statistically significant ($p < 0.05$)

세전단결합강도의 차이는 없었다 ($p > 0.05$, Table 2, 3).

각 실험 재료별로 One-way ANOVA를 시행한 결과, All Bond 2[®]에서는 III군의 미세전단결합강도가 I군과 II군보다 낮은 결과를 보였으며 ($p < 0.05$) I군과 II군에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$, Figure 4). SE bond[®]와 AdheSE[®]에서는 상아질 표면 처리에 따른 미세전단결합강도의 유의차가 없었다. 반면 Adper Prompt L-Pop[®]에서는 II군의 미세전단결합강도가 I군과 III군에 비해 낮은 결합강도를 나타내었으며 ($p < 0.05$) I군과 II군에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

IV. 총괄 및 고안

많은 결합강도 연구에서 결합과정에서의 습한 표면은 지속적으로 가해지는 치수압은 배제한 상태에서 외부 요소의 조절로부터 만들어진 것이었다. 복합레진의 결합강도를 측정하는데 있어 치수압의 유무는 *in vivo*와 *in vitro* 상황에서 가장 큰 변수가 될 수 있으므로 *in vitro* 실험시 치수압을 재현하는 것은 임상적으로 큰 의의를 갖는다고 할 수 있다¹⁵⁾. 따라서 본 연구에서는 지속적으로 치수압을 재현한 후 상아질의 미세전단 결합강도를 측정하였다. Syringe와 connector로 연결된 치아에 24시간 치수압을 가하여 준 후, 치수압이 유지된 상태에서 상아질 접착제와 컴포지트 레진을 접착시켰다. 이전의 연구에서 치수압은 물¹²⁾, 생리적 식염수, 희석된 소의 혈청¹³⁾, 말의 혈청 등을 이용하여 재현하였으며 본 연구에서는 생리적 식염수와 희석된 소의 혈청을 이용하였다.

본 실험 결과 total-etch adhesives system인 All bond 2[®]에서는 생리적 식염수로 치수압을 재현한 경우 소의 혈청으로 재현했던 경우보다 결합강도가 높게 나왔다. Total

etching adhesive system은 etching와 수세 과정을 통해 도말층이 완전히 제거되어 3~5 μ m 정도로 깊게 상아질 층을 탈회시킨다¹⁶⁾. 따라서 치수압을 적용시켰을 때 생리적 식염수나 소의 혈청에 의해 어느 정도 영향을 받을 수 있다. 그러나 All bond 2[®]는 물에 어느 정도 내성이 있는 재료이기 때문에 생리적 식염수로 치수내압을 가한 경우에 영향을 받지 않은 것으로 생각된다. 이에 반해 소의 혈청에서는 결합강도가 낮게 나왔는데, 이는 혈청 내 단백질 등이 영향을 준 것으로 생각되며, 이에 대한 연구는 더 이루어져야 될 것으로 보인다.

이에 비해 Self-etch primer system인 Clearfil SE bond[®]와 AdheSE[®]에서는 치수내압을 가한 것과 가하지 않은 것 사이, 또는 치수내압 물질의 종류에 따라 결합강도의 차이를 보이지 않았다. 이에 반하여 Nikaido 등¹³⁾과 Sema, Nimet 그리고 Fusun¹⁵⁾은 치수압을 재현한 *in vitro* 연구에서 복합레진의 인장결합강도는 생리 식염수로 재현했을 때 보다 소의 혈청을 이용하여 재현하였을 때 증가한다고 보고하였으며 그 이유로는 상아질 접착제와 단백질 성분간의 상호작용에 기인한다고 하였다¹⁵⁾. 그는 primer가 혈청 단백질을 침전시킴으로써 상아질 투과성을 감소시켜 resin monomer가 상아질 구조 내로 더 잘 침투할 수 있기 때문이라고 하였다. 또한 상아질 접착제의 구성성분 중 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)나 N-methacryloyl 5-aminosalicylic acid (5-NMSA)의 primer¹⁷⁾는 상아세관 내로 들어가 혈청 단백질을 변성 침전시킨다고 하며, 이들은 상아세관액의 투과성과 상아세관액의 유출로 인한 상아질 표면층의 오염을 감소시키며 따라서 bonding resin의 침투를 더 깊숙이 하여 결합강도를 증진시킬 수 있다고 하였다. 그러나 본 실험에서 이와 같은 결과를 보이지 않은 이유는 우선 위에 언급한 두 실험 모두 치아의 표면은 상아질의 심부층을 이용하였다. 본 실험에서 사용한 상아질층은 표면층으로서 상아법랑 경계 하방 0.5~1.0 mm의 상아질층을 이용하였다. 상아세관은 역 원뿔 모양으로 상아법랑 경계에서 가장 작은 직경을 가지며, 치수 방향으로 진행될수록 큰 직경을 형성하게 된다. 이들 직경은 치수 쪽에서 3 μ m에서부터 상아법랑 경계에서는 0.6~0.8 μ m까지 줄어든다. 더구나 이는 현미경으로 관찰시 결과이며 상아법랑경계에서 기능적으로 작용하게 되는 직경은 0.1 μ m 정도라고 한다. 따라서 본 실험에서 사용한 상아질의 표면층은 상아질의 심부층에 비해 치수압에 따른 상아세관액의 영향을 덜 받을 수 있다고 볼 수 있다. 또한 self-etch primer adhesive는 total adhesive system과 달리 도말층을 부분적으로 제거하며, 그에 따라 상아세관도 부분적으로 막혀 있기 때문에 resin tag의 형성도 거의 드물다. 즉 부분적으로 막힌 상아세관 때문에 치수압을 가해도 생리적 식염수나 소의 혈청이 상아세관으로부터 흘러나올 수 있는

가능성이 더 희박하여 치수압하의 영향을 덜 받았을 수 있는 것으로 보인다.

마지막으로 본 실험에서 사용한 Adper Prompt L-Pop[®]는 소의 혈청으로 치수내압을 가한 III군에서 생리적 식염수로 재현한 II군 보다 유의차 있게 높은 결합강도를 보였다. Adper Prompt L-Pop[®]는 self-etch adhesive 중에서도 all in one system으로 conditioning, priming, adhesive resin을 단일 용기로 구성하여 제조 판매되고 있다. Self-etch adhesive는 pH와 etching potential에 따라 mild type와 strong한 type로 나뉠 수 있는데, Adper Prompt L-Pop[®]의 경우 pH ≤ 1의 strong type에 속한다. Mild type에 속하는 Clearfil SE bond[®]가 도말층을 부분적으로 탈회시키는 것과 달리 strong type의 Adper Prompt L-Pop[®]은 total-etch adhesives와 유사한 양상을 갖는다. Meerbeek (2001)¹⁸⁾에 의하면, all in one system는 collagen내의 모든 수산화인회석을 제거하여 total-etch adhesive의 특징적인 hybridization 양상인 'shagcarpet' 모양을 가지며, 수 많은 resin tag를 형성한다고 한다. 또한 이러한 all in one system은 투과성 막으로 작용하여 상아 세관이 adhesive로 밀봉된 후에도 물의 확산을 가능하게 한다¹⁹⁾. 따라서 본 실험에서 생리적 식염수로 치수압을 가하였을 때 Adper Prompt L-pop[®]에서 결합강도가 낮게 나온 것은 이러한 요소들이 작용한 것으로 볼 수 있다.

본 실험에서는 total-etch adhesives, self-etch primer system, all in one system에서 한 두 가지 종류의 상아질 접착제로 치수압 하에서 결합강도를 측정하였다. 이들 결합강도가 각각의 상아질 접착제를 대표하는 것으로 보기는 어려우며, 앞으로 다른 여러 종류의 재료를 이용하여 연구가 더 진행 되어야 할 것으로 본다.

V. 결 론

본 연구는 생리식염수와 소의 혈청 (bovine serum)으로 치수압을 재현한 상아질 시편에 All bond 2[®], Clearfil SE bond[®], AdheSE[®], 그리고 Adper Prompt L-pop[®]을 이용하여 복합레진을 접착시켜 각각의 미세전단 결합강도를 비교하고 치수내압 재현이 미세전단 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시행하였다. 치수압을 가하지 않는 대조군을 I군으로 하였고 생리적 식염수를 이용하여 치수압을 적용시킨 군과 소의 혈청을 이용하여 치수압을 적용시킨 군을 각각 II군 및 III군으로 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치수내압의 재현 여부 및 방법에 따라서 미세전단결합강도의 통계학적 유의차가 있었으며, 치수내압을 재현하지 않은 I군에서 가장 높은 결합강도를 나타내었다 (p <

0.05).

2. 실험에 사용된 상아질 접착제의 미세전단 결합강도의 통계학적 유의차는 없었다 (p > 0.05).
3. All bond 2[®]에서는 I군이 II군과 III에 비해 높은 결합강도를 보였으며, Adper Prompt L-pop[®]에서는 I군과 III군이 II군보다 높은 결합강도를 나타냈다 (p < 0.05). 반면 Clearfil SE bond[®], AdheSE[®]는 치수내압 재현 여부 및 방법에 따라서는 미세전단 결합강도에는 통계학적 유의차가 없었다 (p > 0.05).

참고문헌

1. Causton BE. Improved bonding of composite restorative to dentin. *Br Dent J* 156:83-95, 1984.
2. Komatsu J, Finger W. Correlation of early bond strength with margin gaps. *Dent Mater* 2:257-262, 1986.
3. Retief DH. *In vitro* investigation and evaluation of dentin bonding agents. *Am J Dent* 1:176-183, 1988.
4. Suzuki T, Finger WJ. Dentin adhesives: Site of dentin versus bonding of composite resins. *Dent Mater* 4:379-383, 1988.
5. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater* 6:45-50, 1990.
6. Derkson GD, Pashley DH. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new *in vitro* method. *J Prosthet Dent* 56:435-440, 1986.
7. Pashley DH, Nelson R, Williams EC. Use of dentine-fluid protein concentration to measure pulp capillary reflection coefficients in dogs. *Archi Oral Bio* 26:703-710, 1981.
8. Prati C, Pashley DH, Montanari G. Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent Mater* 7:54-58, 1991.
9. Tao L, Tagami J, Pashley DH. Pulpal pressure and bond strength of SuperBond and Gluma. *Am J Dent* 4:73-76, 1991.
10. Davidson CL, Abdalla AI, De Gee AJ. An investigation into the quality of dentine bonding systems for accomplishing a durable bond. *J Oral Rehabil* 20:291-300, 1993.
11. Augustin SJ, Paul H, Schärer. Perfusing dentine with horse serum or physiologic saline: its effect on adhesion of dentine bonding agents. *J Oral Rehabil* 25:596-602, 1998.
12. Pioch T, Staehle H J, Schneider H. Effect of intrapulpal pressure simulation *in vitro* on shear bond strengths and hybrid layer formation. *Am J Dent* 14:319-323, 2001.
13. Nikaido T, Michael F, Burrow, Tagami J, Takatsu T. Effect of pulpal pressure on adhesion or resin composite to dentine: bovine serum versus saline. *Quintessence Inter* 26:221-226, 1995.
14. Van Hassel HJ. Physiology of the human dental pulp. *Oral Surg* 126:120-124, 1971.
15. Sema Belli, Nimet Unlu, Fusun Ozer. Bonding strength to two different surface of dentin under simulated pulpal pressure. *J Adhes Dent* 3:145-152, 2001.

16. Perdigao J, Swift EJ, Cloe BC. Effect of etchant, surface moisture, and resin composite on dentin bond strength. *Am J Dent* 6:61-64, 1993.
17. Yamauchi J. Study of dental adhesive resin containing phosphoric acid methacrylate monomer. *J Japan Dent Mater* 5:144-154, 1986.
18. Meerbeek V, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent Suppl* 6:119-144, 2001.
19. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of light cured resin composite on bonding of all-in-one adhesives. *J Adhes Dent* 3:207-225, 2001.