

식각된 비귀금속합금과 법랑질을 복합레진계 시멘트로 접착시킨 경우의 접착인장강도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보철학교실

박현석 · 이선형 · 양재호 · 장완식

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

1973년 프랑스의 Rochette¹⁾가 하악전치의 splinting case에 perforated retainer를 레진으로 접착시켜 본 이래로 현재에 이르기까지 resin bonded retainer에 대한 많은 연구가 행하여져 왔다.

1976년 Dunn과 Reisbick²⁾은 ceramic coating의 기계적 유지를 얻기 위하여 크롬-코발트합금을 전기화학적으로 식각시켰다.

1979년 Tanaka³⁾는 acrylic resin veneer의 기계적 유지를 얻기위해 비귀금속합금을 pitting corrosion 시킨 바 있다.

1979~1980년 동안에는 매릴랜드대학의 Thompson, Livaditis, Del-castillo^{4,5,6)}등에 의해 니켈-크롬합금의 식각조건을 결정하려는 연구가 시도되었다. 이런 연구들의 결과, 비귀금속합금을 전기화학적으로 식각시켜 레진과의 결합력을 증진시키는 방법이 제시되었으며 현재 레진과 식각된 합금표면간의 접착강도는 레진과 탈회된 법랑질간의 접착강도의 2~3배에 이르고 있

다.⁴⁾ 전기화학적 식각기법의 치의학적 응용은 현재 임상치과의학의 여러 분야에 영향을 주고 있으며, 선택된 경우에 한해서는 지대치를 약간만 삭제하거나 또는 전혀 삭제하지않고 결손치를 수복 할 수 있게 되었다.

Etched cast restoration(Maryland bridge 라고도 함)의 적응증을 살펴보면⁴⁾, 치주조직의 상태가 불량하여 동요도가 심해진 치아들을 splinting해야 할 경우에 사용할 수 있고, 하악중·측절치나 상악 측절치같은 저작압을 적게 받는 치아를 회복하는 경우의 보존적 치료술식으로 사용되어질 수 있다. 특히 open bite의 경우나 저작력이 약한 여자의 경우에 유리하며, 미성년기의 영구치 상실시에 임시성 보철술식으로 사용되어질 수 있다. 또한 교정치료 후 남은 좁은 결손공간을 회복해 줄 경우나 교정치료후의, metal backing에 의한 고정성 보정장치로 쓸 수도 있다.

Etched cast restoration의 장점을 들어보면^{4,7)} 첫째, 가장 큰 장점으로서는, 법랑질을 contouring하는 정도의 preparation 만을 요하는 보존적 술식이며 치은연상에 margin이 위치하게 되므로 치주학적 관점에서 매우 유리하다. 둘째는 필요한 경우 철거하면, 치아는 remineralize되므로 술식이 가역적이라는 점이며 셋째는 치료시간이 짧고 치료수가가 저렴하다는 점이다.

본 실험에서는, 베릴리움함유 니켈-크롬합금인 Verabond로 주조한 후 전기화학적 식각처리를 거쳐 18개의 금속시편을 제작하였다. 이 금속시편을 2군으로 나누어 산으로 탈회한 법랑질시편에 각각 Bis-GMA 계 복합레진 시멘트인 Comspan과 인산에스테르계 복합레진시멘트인 Panavia로 접착시켰다. 이렇게 하여 제작된 2군의 시편들의 접착인장강도를 조사하였고 bonding agent의 사용이 접착인장강도에 미치는 영향 등

몇가지 흥미로운 점을 발견하였기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

① 금속시편의 제작

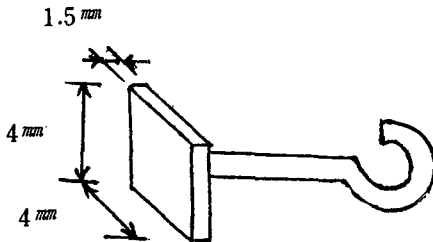


Fig. 1. Diagram of metal specimen

Figure 1과 같은 모양의 시편 18개를 니켈-크롬-베릴리움계 합금인 Verabond(Aalba dent Inc., Concord, Calif.)로서 제작하였는데, 그 과정은 다음과 같다. 먼저, 그림 1과 같은 모양의 wax pattern을 만든 후, 인산염매물재인 Hi-Temp2(Whip Mix Corp., Louisville, Kentucky)로서 매물하였다. 이때에는, special liquid:만을 사용하였으며 혼수비는 제조회사의 지시대로 0.14가 되게 하였다. 매물한 ring을 한시간 동안 bench setting시킨 다음 곧바로 실온의 전기로(Kerr "666" furnace:Kerr Mfg. Co., Romulus, Mich.)에 넣어 30분 동안에 500°F에 이르게 한 후 그 온도에서 30분간 제류시켰고 이후 제조회사의 지시대로 1550°F로 올려 30분 동안 제류시켰다. 다음, 유도주조기(Castron-8:Yoshida Co., Japan)를 사용하여 Verabond로 주조하였다.

ring이 완전히 식은 후 매물재를 제거하였고 50 μ aluminum oxide (Biobond Aluminum oxide; Dentsply International Inc., U.S.A.)로 sand blasting하여 표면을 깨끗이 하였다. 모든 시편을 1800°F까지 4번 가열하여 porcelain firing cycle과 동등한 과정을 겪게 함으로써 실제 임상과정과 같은 baseline metallurgical condition을 갖게 하였다.^{5,8)} 이후, 식각처리할 면을 50 μ aluminum oxide로 sand blasting하여 금속산화물을 제거하였으며 dull matte finish가 된 것을 확인한 후 수세하였다.^{7,9)}

Oxy-Etch(Oxy-dental products, Inc., Hillside, New Jersey)식각기(Fig 2)를 사용하여 각 금속시편에 전기화학적 식각처리를 행하였다.

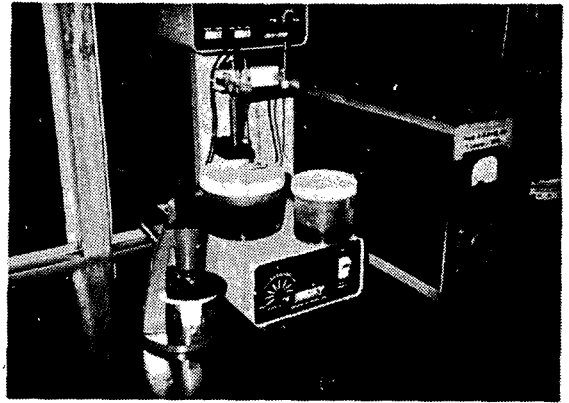


Fig. 2. Oxy-Etch electrochemical etching apparatus.

식각처리시에는 10% 황산용액을 사용하였으며, 1cm당 300mA의 전류로 3분간 처리하였다.⁶⁾ 처리된 시편을 물에 세척한 다음 18% 염산용액에 넣고 10분간 초음파 세척하여 부식산물을 제거한 후 수세, 건조하였다.⁷⁾ 식각된 면을 $\times 100$ stereomicroscope 하에서 관찰하여 적절한 식각이 되었는지 확인하였다.

② 법랑질시편의 제작

건강한 법랑질을 가진 human teeth(대구치) 18개를 선택하였다. 치근을 절단해 낸 후 separating disk로서 치관의 인접면에 groove를 주었는데 이 과정은 접착인장강도시험 도중에 치아가 embedding medium 내에서 기계적유지를 갖게하기 위함이었다. 치관의 협면을 위로 향하게 하면서 치아를 silicone cylindrical mold(직경 14 mm \times 높이 10 mm) 내에 자가중합레진으로 포매하였는데, 이는 시편의 접착인장강도시험 시에 holding을 용이하게 하기 위함이었다. 노출된 법랑질면을 충분한 water spray 하에서 diamond disk(Shofu, Japan)로서 삭제하여 4 mm \times 4 mm의 평탄한 법랑질면을 얻었다.

③ 접착과 접착인장강도시험

이렇게하여 제작된 18개의 법랑질시편을 10개, 8개의 2군으로 나누었다. 첫번째 군은 산으로 법랑질을 탈회하고, 수세, 건조의 과정을 거친 후 Comspan(L. D. Caulk Company, Milford, Delaware)으로 금속시편과 접착시켰고, 두번째 군도 역시 같은 과정을 거쳐 Panavia (Kuraray Co., LTD., Japan)로 접착시켰다. 각 제조회사가 지시한 방법대로 두 레진시멘트를 사용하였는데, 이 2종의 복합레진제 시멘트의 사용상의 주된 차이점은 Comspan은 접착하는 과정에서 bonding agent(Caulk self-cure Bonding Agent)를 접착시킬

금속면과 법랑질면에 얇게 바른 후 접착시키며 Panavia는 bonding agent의 사용없이 접착한다는 점이다. 접착후, 접착된 금속시편과 법랑질시편 주위로 밀려나온 파잉의 레진을 에리한 blade로 제거하였다. 접착된 시편은 접착제 교반 시작후 10분에 실온의 수조에 넣고 24시간동안 방치하였으며 Instron testing machine(Model 1127, Fig 3) 으로서 접착인장강도시험을 행하였다.

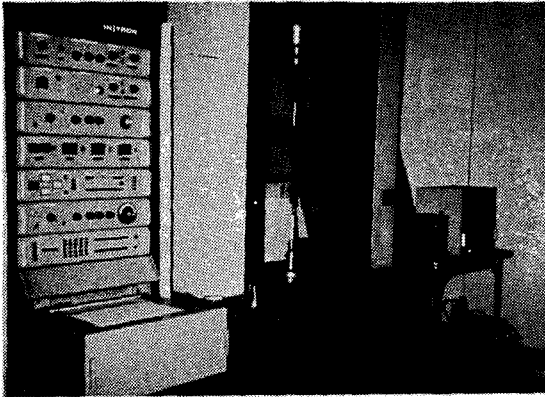


Fig. 3. Instron testing machine

인장시험의 방법은 Fig.4와 같으며 이때 crosshead speed는 2 mm/min으로 하였다. 시편을 "break"하는데 드는 힘이 기록되었고, 이를 Kg/cm²으로 환산하였다.

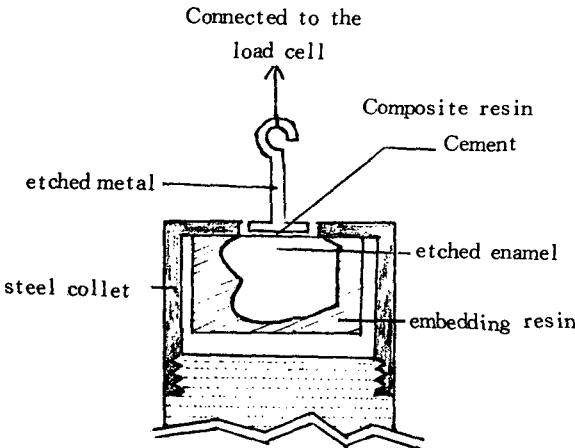


Fig. 4. Diagram illustrating test method for determining tensile breaking force.

III. 실험성적

식각된 금속시편과 탈회한 법랑질시편을 Panavia 와

Comspan으로 접착시킨 후 접착인장강도를 조사하였는데 그 성적은 Table 1과 같다.

Table 1. Tensile breaking forces (kg/cm²)

	Panavia	Comspan
	231.3	260.0
	201.3	213.1
	190.6	207.5
	188.1	194.4
	172.5	188.1
	136.3	175.0
	123.1	150.0
	113.8	146.3
		136.3
		118.8
Mean	169.6	179.0
SD	41.4	42.5

접착인장강도는 Panavia의 경우 평균 169.6 kg/cm², Comspan의 경우 평균 179.0 kg/cm²으로서 상당히 강한 접착력을 확인할 수 있었다.

양군간의 접착인장강도값 상호간에 통계학적으로 유의한 차이가 있는지 알아보기 위하여 유의수준 5%에서 t-test를 해 보았는데, 양군의 접착인장강도값 상호간에 유의적인 차이를 발견하지 못하였다.

IV. 총괄 및 고안

1955년 Buonocore M.G.가 법랑질표면을 인산으로 탈회하면 법랑질의 표면에 미세한 요철구조가 생기게되고 이 미세구조에 레진이 침입하여 기계적결합이 이루어진다는 사실을 발견한 이래, 치아의 법랑질과 접착하는 충전재의 연구가 성행하여 1960년대에 들어서는 법랑질 및 상아질에 접착하는 Bis-GMA제의 복합레진이나 MMA제의 레진이 개발되었다. 한편 일본에서는 1975년에, 전에 増原 등이 개발한 교정 DBS용 MMA-TBB-O계 접착성레진의 monomer에 5%의 4-META (4-methacryloxyethyl trimellite anhydride)를 가함으로써 치질뿐만아니라 금속에도 강하게 접착하는 접착성레진이 개발되었다.²²⁾ 또한 최근에는 금속이나 치질과의 기계적결합 뿐 아니라 수소결합, Van der Waal's력에 의한 결합 등 분자수준의 결합도 기대하는 인산에스테르계 복합레진접착제도 개발되었다.²²⁾ 본 실험에서는 식각된 금속시편을 탈회된 법랑질 표면

에 Bis-GMA계 복합레진 시멘트인 Comspan 과, 인산에스테르계 복합레진시멘트인 Panavia로 접착시켰을 때의 접착인장강도를 규명해 보았다. 우선, 문헌상에 나타난 접착강도의 값을 살펴보면, ^{4,10,11)} 레진과 탈회된 법랑질 간의 접착강도는 약 84 ~ 170 kg/cm², 복합레진 자체의 접착강도는 약 340 ~ 600 kg/cm², 레진과 식각된 금속 간의 접착강도는 약 280 kg/cm²으로 나타나 있다. 이 값들이 보여주는 것과 같이 레진과 탈회된 법랑질 간의 접착력이 가장 낮아 접착인장강도 실험시 이 부위에서만 파절이 일어나야 하겠지만 사실은 그렇지 않고 레진과 탈회된 법랑질 간의 파절, 레진내부를 통과하는 파절, 레진과 금속간의 파절 등 여러 양상을 볼 수 있다. ^{8,9)} 이는 금속의 적절한 식각여부, 법랑질의 적절한 탈회여부, bonding agent가 금속과법랑질의 표면에 형성된 미세한 요철을 충분히 "Wetting"시켰는가의 여부, 또는 레진 paste를 섞을 때 혼입될 수 있는 air bubble에 의해 야기되는 레진내의 기포 등, 많은 원인 요소들이 작용하기 때문이다. ^{9,12)} Meiers, Zardiackas 등은 파절된 시편을 SEM으로 관찰해본 후 파절은 주로 법랑질면이나 금속면 쪽의 bonding agent/Composite resin interface에서 일어난다고 보고하였다. ^{8,9)} Zardiackas 와 Coughman 등은 bovine tooth enamel과, 베릴리움을 함유하지 않는 비귀금속합금인 Biobond plus를 Comspan으로 접착시켜 170.58 ± 41.62 kg/cm²의 접착인장강도 값을 얻었는데 ⁸⁾이 값은 본 실험의 값인 179.0 ± 42.5 kg/cm², 169.6 ± 41.4 kg/cm²과 매우 유사하였다.

두번째로 토의해 볼 점은 bonding agent의 유용성문제이다. 많은 연구가 있었음에도 불구하고 아직도 bonding agent의 유용성에 대한 결론을 짓지 못하고 있다. ^{13,14,18)} Luscher 등은 bonding agent의 사용은 레진의 microscopic adaptation을 증진시킨다고 주장했으나, Prévost, Hormati 등은 bonding agent의 사용여부가 resin tag length나 레진과 법랑질간의 접착강도에 큰 영향을 미치지 않는다고 했다. ^{13,14)} 식각된 금속면과 탈회된 법랑질면에 생긴 미세한 요철을 이용한 접착강도의 증가는 레진이 이 미세한 요철의 끝까지 흘러 들어가야만 가능한데 이를 위해서는 레진자체의 점도가 낮아야만 한다. ^{8,14,15,16,17)} 그래서 복합레진보다 점도가 낮은, bonding agent를 얇게 바르는 것이 추천되고 있다. 이러한 bonding agent는 보통 Bis-GMA monomer에 aliphatic diacrylate 같은 diluent resin을 섞은 것이다. ^{7,11,13,14,18)} 그러나 bonding agent의 필요성에 의문을 제기하는 연구자들은, 갓 교반한 복합레진의 표면에는 액상의 unpolymerized resin matrix layer가 존재하게 되는데 이것이 식각된 금속과 탈회

된 법랑질의 표면을 적절히 wetting시킬 수 있다고 주장한다. 본 실험의 결과에서 나타난 바와 같이 bonding agent를 사용한 Comspan의 경우와 사용하지 않은 Panavia의 경우의 접착인장강도 값 상호간에 통계학적으로 유의한 차이가 발견되지 않았으므로, 제조회사의 지시대로만 사용한다면 복합레진제 시멘트의 경우에 있어서 bonding agent의 사용유무가 접착인장강도에 유의성있는 영향을 미치지 않는 것 같았다.

접착인장강도에 영향을 미칠 수 있는 본 실험의 여러 과정을 살펴보면, 치질표면은 'Nasmyth's membrane'이나 pellicle, plaque, 담배의 nicotine 등으로 덮혀 있는 것이 보통이다. 이들이 치면에 부착한 상태에서 산을 작용시키면 미세한 요철구조가 잘 나타나지 않으며 레진과 접착시킬 경우 낮은 접착강도 밖에 얻어지지 않는다. 그래서 접착할 치면은 불소를 함유하지 않는 pumice로서 cleaning한다.

이때 rubber polishing cup을 사용하며, 1분간 약 800회전 속도가 적당하다고 한다. ²²⁾ 법랑질을 탈회하는 과정에서는, 산을 minisponge에 적서 법랑질표면에 가볍게 도포하여 fragile enamel latticework에 손상을 주지않게 했으며, 정확히 1분간 탈회하였고 탈회 후 법랑질의 opaque,matte appearance를 확인하였다. over-etching시에는 불용성의 반응산물이 형성되어 tag형성이 잘되지 않는다고 한다. ¹¹⁾ 1분간 탈회된 법랑질의 표면에는 monocalcium phosphate monohydrate, dicalcium phosphate dihydrate 등과 같은 분해산물이 남게되는데 이 분해산물을 완전히 제거하지 않으면 레진과 법랑질면과의 접착에 좋지않은 영향을 준다고 한다. 그래서 본 실험에서는 45초 동안 철저히 수세하여 분해산물을 제거하였다. ^{11,19,20)}

이렇게 법랑질을 산으로 탈회하면 우선 레진과의 접촉면적이 커지게되고, 또한 법랑질표면의 물리적, 화학적 성질이 변화되어 레진과의 wetting이 훨씬 잘 일어나게 된다. ¹⁵⁾후자를 "법랑질표면의 표면에너지가 증가한다."라고 표현하기도 한다. 이러한 표면에너지는 법랑질의 표면에 한층의 물기만 존재하더라도 현저히 감소하게 된다. 그러므로 탈회, 수세후 법랑질표면을 철저히 건조시켜야 레진과의 wetting이 극대화 된다. Yamashita 등은 전치부에 약 60%, 구치부에 약 80% 정도로 존재하는 습도 만으로도 레진과 치아간의 접착력을 현저히 떨어뜨릴 수 있다고 하였으며 이러한 습도와 타액 등으로부터의 오염을 방지하기 위하여 rubber dam 방습을 할 것을 권장하고 있다. ²²⁾ 본 실험에서는 법랑질 시편을 15초동안 압축공기로 철저히 건조시켰다. ¹¹⁾ 물론, 식각된 금속면도 abrasion이나 습기로부터의 오염이 되지 않도록 조심하였다. ⁹⁾

V. 결 론

니켈, 크롬, 베릴리움합금인 Verabond 로 제작한 주조시편을 전기화학적으로 식각처리한 후, 이를 산으로 처리한 법랑질 시편에 복합레진계 시멘트인 Comspan 및 Panavia 로 접착시키고 Instron 으로 접착인장강도 시험을 해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금속시편과 법랑질간의 접착인장강도는 Comspan 의 경우는 $179.0 \pm 42.5 \text{ kg/cm}^2$, Panavia 의 경우는 $169.6 \pm 41.4 \text{ kg/cm}^2$ 이었다.
2. 복합레진계 시멘트의 접착인장강도는 bonding agent 를 사용한 Comspan 과 사용하지 않은 Panavia 의 상호간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

REFERENCES

1. Rochette, A.L.: Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. J Prosthet. Dent., 30: 418-423, 1973.
2. Dunn, B., and Reisbick, M.H.: Adherence of ceramic coatings on chromium-cobalt structures. J. Dent. Res., 55: 328-332 1976.
3. Tanaka, T.: Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. J. Prosthet. Dent., 42: 282-291, 1979.
4. Livaditis, G.J., and Thompson, V.P.: Etched casting: An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. J Prosthet. Dent, 47: 52-58, 1982.
5. Thompson, V P.: Resin-bonded retainers. Part I: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys. J. Prosthet. Dent., 50: 771-779, 1983.
6. Simonsen, R., Thompson, V., Barrack, G.: Etched cast restorations: Clinical and Laboratory Techniques. Quintessence Publishing Co., Inc., Chicago, Illinois. 1983.
7. Barrack, G.: Recent advances in etched cast restorations. J Prosthet. Dent., 52: 619-626, 1984.
8. Zardiackas, L.D.: Tensile adhesion of composite resin cements to etched alloy and enamel. Quintessence international 17: 483-487, 1986
9. Meiers, J.C.: Effect of surface treatments on the bond strength of etched-metal resin bonded retainers. J. Prosthet. Dent., 53: 185-190, 1985.
10. Craig, R.G : Restorative dental materials. 7th ed. The C.V. Mosby Company. 1985. p. 225-252.
11. Phillips, R.W.: Skinner's science of dental materials, 8th ed. W.B. Saunders Company. 1982. p. 216-247.
12. Lambrechts, P.: Conventional and micro-filled composite resins. Part II: chip fractures. J. Prosthet. Dent., 48(5): 527-538, 1982.
13. Hormati, A.A.: Retentiveness of enamel-resin bonds using unfilled and filled resins. J. Prosthet. Dents , 47: 502-504, 1982.
14. Prevost, A.P.: Composite and intermediate resin tag formation in acid etched enamel. J. Prosthet. Dent., 52: 204-207, 1984.
15. Retief, D.H.: Optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part III: Enamel wettability studies. J. Prosthet. Dent., 53: 42-46, 1985.
16. Pahlavan, A.: Penetration of restorative resins into acid-etched human enamel. J. Am. Dent. Assoc., 93: 1170-1176, 1976.
17. Retief D.H.: Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid. J. Dent. Res., 52(2): 333-341, 1973.
18. Prevost A.P.: The use of an intermediate resin in the acid-etch procedure: Retentive strength, Microleakage, and Failure mode analysis. J. Dent. Res., 61(2): 412-418, 1982

19. Gottlieb E.W.: An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part I: Tensile bond strength studies. *J. Prosthet. Dent.*, 48: 48-51, 1982.
20. Gross, J.D.: An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part II: Microleakage studies. *J. Prosthet Dent.*, 52: 786-789, 1984.
21. Howe, D.F.: Anterior fixed partial denture utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework. *J. Prosthet. Dent.*, 37: 28-31, 1977.
22. 山下 敦: 歯科接着性 レソソの基礎と臨床 (下巻) クイソテツセソス出版. 東京, 1983
-

— Abstract —

A STUDY ON THE TENSILE BOND STRENGTH OF ETCHED-METAL RESIN-BONDED RETAINERS

Heon Seok Park, D.D.S., Sun Hyung Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,

Jae Ho Yang, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Wan Shik Chang D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to compare the tensile bond strength of Comspan and Panavia as a luting materials between electrochemically etched Ni-Cr-Be alloy castings and acid etched human tooth enamel. Tensile bond strength was evaluated using an Instron testing machine at a crosshead speed of 2mm/min.

The following conclusions can be drawn from this study;

1. The tensile bond strength of etched-metal resin-bonded specimen was $179.0 \pm 42.5 \text{ kg/cm}^2$ in case of Comspan and $169.6 \pm 41.4 \text{ kg/cm}^2$ in case of Panavia.
2. The tensile bond strength was not significantly different between Comspan, using with bonding agent, and Panavia, using without bonding agent.