

다양한 접착 시스템 및 포스트의 표면 처리가 섬유 강화 포스트의 접착 강도에 미치는 영향

김민우 · 안진희 · 김이경 · 심혜원*

한림대학교 성심병원 치과보철과

Effect of different adhesive systems and post surface treatments on the push-out bond strengths of fiber-reinforced post

Min-Woo Kim, Jin-Hee Ahn, Lee-Kyoung Kim, Hye-Won Shim*

Department of Prosthodontics, Hallym University Sacred Heart Hospital, Anyang, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the push-out bond strength of glass-fiber post cemented with different adhesive systems and surface treatments. **Materials and methods:** 160 tooth samples made from 48 human maxillary single-rooted teeth with similar root length were divided into 4 groups according to the adhesive system (no adhesive, Adper Single Bond 2, Clearfil SE Bond, Clearfil S3). Each group had 4 subgroups according to the post surface treatment methods (no treatment, sandblast, silane, sandblast and silane). Posts (Parapost Fiber White) were cemented with Rely X Unicem. The teeth were sectioned perpendicular to their long axis into 1-mm thick sections. The push-out tests was performed at a speed of 0.5 mm/min. The results were evaluated by 2-way ANOVA, 1-way ANOVA and multiple comparison procedures (Tukey test) ($\alpha=0.05$). **Results:** Tukey test showed that the adhesive system significantly influenced the push-out strength. The Clearfil SE Bond group showed the highest value. Post surface treatments showed no significant effect. **Conclusion:** Bond strength of glass-fiber post cemented with self-adhesive resin cement using Clearfil SE Bond showed significantly higher values compared to other adhesive systems. (*J Korean Acad Prosthodont* 2016;54:218-25)

Keywords: Bond strength; Fiber-reinforced post; Push-out test; Adhesive system

서론

근관 치료 후, 치질이 광범위하게 손상된 치아의 수복에 있어 잔존 치질로부터 적절한 ferrule 효과를 얻을 수 있다면 포스트 코어 보강은 최종 수복물의 유지에 성공적으로 사용할 수 있다.¹ 초기의 치근 내 포스트는 금속으로 만들어졌으나, stainless steel 포스트(200 GPa)와 상아질(18 GPa)은 탄성 계수의 부조화가 존재한다. 임상적으로, 이러한 탄성 계수 부조화는 포스트와 상아질 접착 계면을 따라 높은 응력 집중을 유발하여 비가역적인 치근 파절을 야기할 수 있다.² 금속 포스트는 강성과 경도가 높아 힘을 장축으로 전달하여 치질에 켜기 효과를 일

으킨다. 섬유 강화 포스트(fiber reinforced post, FRP)는 금속 포스트에 비해 상아질과 유사한 탄성 계수를 가져서 (20 GPa) 상아질과 유사한 물리적 특성을 나타낸다.¹ Seefeld 등³은 다양한 fiber post의 파절 강도와 굴곡 강도 비교에서 대부분의 fiber post가 800 MPa 이상의 높은 굴곡 강도를 보인다고 보고하였다. 또한 심미성을 이유로 치아 색조를 띄는 포스트에 대한 수요가 증가하였다.

Choudhary 등⁴은 주조 금속 포스트와 carbon fiber post, glass fiber post의 인장 접착 강도 비교에서 주조 금속 포스트가 접착 강도는 높으나 높은 심미성이 필요한 위치에서 fiber post의 사용이 유리함을 보고하였다. 증가하는 심미적 요구와 함께 전통적인

*Corresponding Author: Hye-Won Shim

Department of Prosthodontics, Hallym University Sacred Heart Hospital
22, Gwanpyeong-ro 170 beon-gil, Dongan-gu, Anyang 14068, Republic of Korea
+82 (0)31 380 3870: e-mail, hyewonshim@hanmail.net

Article history: Received February 22, 2016 / Last Revision May 16, 2016/ Accepted May 17, 2016

© 2016 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

금속 포스트는 점차 다양한 비금속 포스트로 대체되었다.

1990년 Duret 등⁵에 의해 carbon/graphite fiber post 형태로 fiber post가 처음 소개된 이래, carbon fiber로 보강된 epoxy resin posts, quartz, glass fiber로 보강된 epoxy/methacrylate resin posts, zirconia posts 등이 소개되었다. FRP는 조작이 간편하며, 심미성과 제거가 가능한 장점을 지닌다. 또한 탄성과 높은 인장 강도, 낮은 전기 전도도, 용해 저항성, 생화학적 분해 저항성을 가지는 장점이 있다.¹⁵ FRP의 사용으로 비가역적 치근 파절은 현저하게 줄었지만 접착 실패가 흔히 나타나게 되었다. 접착의 성공을 위해 포스트/시멘트/접착 시스템/상아질이 동질적 개체(homogeneous unit)를 이루도록 해야 한다. 접착 계면의 장기간 안정성을 저해하는 요소는 불량한 빛 투과성, 높은 중합 응력(C-factor), 기포와 미세한 틈의 존재, 와동 형태, 근관 내 습윤성 등이 있다.²

FRP에 대한 레진 접착력을 최대화하기 위해 다양한 포스트의 표면 처리 방법이 소개되었다. 이 방법은 3가지 분류로 나누어진다:⁶ 1) composite와 포스트의 화학적 결합을 위한 처리; 2) 미세기계적 결합을 위한 처리; 3) 2가지 방법의 조합.

화학적 결합을 위한 전처리로 실란이 다양하게 사용되었다. Organosilane ($R'-Si(OR)_3$)은 유기 작용기(R'), 3개의 alkoxy group (R)을 가지며 alkoxide group이 silanols (SiOH)로 가수분해되며 축합 반응이 시작되어 FRP-composite 계면에서 siloxane bond를 형성한다.⁷ 다양한 연구에서 실란의 적용은 전처리를 하지 않은 경우에 비해 FRP의 유지력을 증가시킨 것으로 나타났다.⁸

미세 기계적 결합을 위해 불산을 이용하여 표면 거칠기를 향상시키는 방법이 소개되었다. 산의 효과는 시간 의존적이며 포스트의 구성에 의해 영향을 받는다. 이 방법은 hydrofluoric acid의 강한 부식 효과로 인해 glass fiber에 대한 잠재적 손상 가능성이 있으며 포스트의 온전성에 영향을 미칠 수 있다. 이로 인해 포스트-composite 계면의 접착 강도가 증가되더라도 미세 균열에서 fiber layer의 장축에 따른 파절에 이르는 다양한 표면 변성을 일으킬 수 있다.⁶ 알루미늄 입자 등을 이용한 입자 분사 연마 또한 미세기계적 결합을 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 입자 분사 연마는 표면 거칠기와 접착 면적을 증가시킨다. CoJet system (CoJet, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)은 실리카 변형 알루미늄 입자를 사용한 시스템으로, tribochemical coating이라 불리는 silicate layer가 포스트 표면에 융합되는 과정을 이용한다. Sahafi 등⁹은 silica oxide로 fiber post에 입자 분사 연마를 하였을 때 만족할만한 접착 강도를 얻었으나, FRP의 형태를 변화시켜 근관에 대한 적합도를 변화시킬 수 있다고 하였다. Balbosh와 Kem¹⁰은 epoxy resin-based FRP를 50 micron의 알루미늄 입자를 사용하여 2.5 bar 압력으로 30 mm 거리에서 5초간 입자 분사 연마 시 포스트의 형태에 가시적인 변화를 일으키지 않으면서 표면적은 증가시켜 적절한 접착 강도를 얻었음을 보고하였다. 하지만, 이 방법의 주요 문제점은 비선택적 연마로써, 포스트의 기질과 섬유가 모두 영향을 받아 포스트의 구조를 손상시킬 수 있는 한계를 지닌다.⁶

레진 시멘트의 상아질에 대한 접착 시스템은 인산을 이용한

산부식 및 수세 후 레진 시멘트의 적용 전 접착제를 사용하는 total-etching system과 수세 과정 없이 산성의 프라이머를 사용하는 self-etching system으로 크게 나누어진다. 이러한 다단계 방법은 복잡하며 술식 민감성을 가져 접착 강도에 영향을 미칠 수 있다. 2002년에 새로운 분류의 레진 시멘트인 자가-접착 시멘트가 소개되었다. 자가-접착 시멘트는 치질에 어떠한 전처리도 필요로 하지 않는다.^{11,12} 가장 흔하게 사용되는 자가-접착 시멘트는 Rely X Unicem (3M ESPE, Seefeld, Germany)으로서, methacrylated phosphoric ester가 FRP와 반응하며, 산성의 단량체가 치질을 탈회시키고 침투하여 자가 접착되는 과정을 거쳐 수산화인회석과 증가된 화학적 반응 및 미세기계적 유지력을 일으킨다.⁸ 중합 후에 고도로 cross-link 된 구조가 레진 시멘트의 기계적 물성을 향상시킨다. 완전한 화학적 중합을 위해 의도된 열 변화는 접착능을 향상시킨다.¹³

많은 연구에서 자가-접착 시멘트의 만족할 만한 접착 강도가 보고되고 있지만, 근관치료로 인해 형성된 도말층의 존재 하에서 적절한 탈회가 이루어지는지 문제가 제기될 수 있다. 자가-접착 레진 시멘트 사용 전 도말층의 제거 또는 변화가 접착 강도를 증가시키는지에 대한 연구는 부족한 상태이다.¹⁴ Erdemir 등¹⁵은 2010년 연구에서 2단계, 산부식-접착 술식인 Adper Single bond 2 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) 사용시 Rely X Unicem의 접착강도가 접착 시스템을 사용하지 않은 경우보다 9.1 MPa에서 8.9 MPa로 감소함을 보고하였으며, Erdemir 등¹⁶의 2011년 연구에서 1단계 자가-산부식술식인 Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, Seefeld, Germany) 사용시 접착 시스템을 사용하지 않은 경우보다 9.5 MPa에서 9.9 MPa로 증가된 접착 강도를 보고하였다.

이에 본 연구에서는 자가-접착 레진 시멘트의 접착 강도에 접착 시스템과 포스트의 표면 처리가 미치는 영향을 조사하고, 각 포스트 표면 처리 방법 내에서 접착 시스템이 접착 강도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 또한 높은 접착 강도를 보이는 포스트 표면 처리-접착 시스템의 조합을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 치아 시편은 치주 질환, 외상 등으로 발치된 골은 치근 형태를 가진 48개의 상악 단근치를 사용하였다. 근관내 우식이 있는 경우, 개방된 치근단을 가진 경우, 석회화로 근관이 폐쇄된 경우, 다근치, 근관의 해부학적 변이 형태를 가진 치아는 시편에서 제외하였다. 치아 시편들을 생리식염수 용액에서 보관하였고 각 치아의 백악법랑경계 하방에서 치근 길이 15 mm 가 되도록 다이아몬드 버(SS White Burs, Lakewood, NJ, USA)로 주수 하에 절단하였다. 근관 와동의 형성 후 치수 조직을 제거하고 작업장은 방사선 사진상 치근단보다 0.5 mm 짧게

설정하였다. 근관 성형은 니켈-티타늄 회전 기구를 사용하여 (Size S1, S2, F1, Protaper; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) size 30, 0.06 taper로 확대하였다. 근관 성형시 근관은 2.5% NaOCl로 세척하였다. 최종 세척 후 근관을 paper points (DentsplyDeTrey, Konstanz, Germany)로 건조하였다. Gutta-purcha와 sealer (AH 26, DentsplyDeTrey)를 사용하여 근관 충전 후 임시 수복재(Cavition, GC, Tokyo, Japan)를 사용하여 치관부를 폐쇄하고 sealer가 완전히 경화되도록 37℃ 증류수에서 1주일간 보관하였다. System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA)와 Gates Glidden drills (No. 2-4; DentsplyMaillefer)을 사용하여 치근단 4 mm의 gutta-purcha 만 남기고 제거하였다. 각 치아 시편의 근관은 Para Post P62 drill (ColteneWhaledent, Mawhaw, NJ, USA)을 사용하여 drill size 5까지 확대하였다. 포스트 공간 형성 후 증류수로 세척하고 paper point로 근관을 건조하였다. Para Post Fiber white (size 5, Coltene Whaledent, Mawhaw, NJ, USA)를 자가-접착 레진 시멘트인 Rely X Unicem을 사용하여 접착하였다.

2. 방법

포스트의 접착시 4가지 접착 방법을 사용하였다. 첫 번째 실험군은 대조군으로써 자가-접착 레진 시멘트 접착시 치근 상아질의 전처리를 시행하지 않았다. 두 번째 실험군은 total-etching system인 Adper Single Bond 2를 사용하였다. 각 치아 시편의 근관을 37% 인산(3M ESPE, Seefeld, Germany)으로 15초간 산부식 후 20초간 수세하고 건조하였다. 포스트 공간에 Adper Single Bond 2를 마이크로 브러쉬를 사용하여 도포 후 paper point로 잉여 접착제를 제거하고 20초간 광중합을 시행하였다. 세 번째 실험군은 2단계 self-etching system인 Clearfil SE Bond (Kuraray, Osaka, Japan)를 사용하였다. Self-etching primer를 포스트 공간에 도포하고 30초 후 건조시키고 접착제를 도포하고 paper point로 잉여 접착제를 제거 후 20초간 광중합 하였다. 네 번째 실험군은 1-step self-etching system인 Clearfil S3 Bond (Kuraray, Osaka, Japan)를 사용하였다. 포스트 공간에 도포 후 건조하고 20초간 광중합 하였다. 모든 실험군에서 접착은 Rely X Unicem을 사용하였다. 각 포스

트를 시멘트로 coating하고 포스트 공간에 손가락 압력으로 삽입하였다, 잉여 시멘트를 제거 후 20초간 광중합 하였다.

포스트의 표면처리에 의한 영향을 조사하기 위해 각 실험군은 4개의 subgroup으로 나누어졌다. 첫 번째 subgroup은 포스트에 전처리를 시행하지 않았다. 두 번째 subgroup은 화학적 결합의 증가를 위해 1-bottle 실란인 Monobond S (IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein)를 포스트에 도포하고 60초 후 10초간 건조하여 사용하였다. 세 번째 subgroup은 미세 기계적 결합의 증가를 위해 50 micron의 Al₂O₃ 입자를 2.5 bar 압력으로 30 mm 거리에서 5초간 입자 분사 연마를 시행하였다. 96% 에탄올로 세척 후 잔존 입자를 압축 공기로 제거한 후 사용하였다. 네 번째 subgroup은 입자 분사 연마와 실란 처리를 포스트에 모두 시행한 후 사용하였다.

포스트의 접착 후 37℃ 증류수에서 1주일간 보관하였다. 절단 시편 제작을 위해 치근을 1 mm 높이를 가지도록 저속 다이아몬드 디스크(N.T.I Diamond disc, Axis Dental, Coppell, TX, USA)를 사용하여 주수 하에 절단하였다. 각 group 당 10개의 절단 시편을 제작하였다 (Fig. 1).

Push-out 접착 강도 시험을 위해 직경 1 mm의 tip을 준비하고 마이크로 재료 시험기(Instron 5848 microtester, Instron, Norwood, MA, USA) 상부에 지그를 사용하여 고정하였다. 시험기 하부에 시편을 위치시키고 crosshead speed 0.5 mm/분으로 포스트 부위에 하중을 가하여 포스트가 탈락되도록 하였다 (Fig. 2, Fig. 3). 다음의 식을 이용하여 포스트 접착 면적을 구한 후 이 때 계산된 Newton (N) 단위의 하중을 면적으로 나누어 Mega Pascal (MPa)로 변환하였다.

$$S = \pi (R + r) [h^2 + (R - r)^2]^{0.5}$$

S는 접착 면적, R은 포스트의 치관부 직경, r은 포스트의 치근부 직경, h는 시편 두께를 의미한다. 면적 계산시 digital caliper (Mitotoyo Canada, Toronto, Ontario, Canada)를 사용하여 시편 두께와 포스트 접착 부위의 직경을 구하였다.

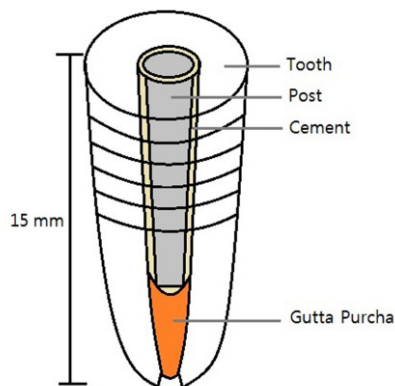


Fig. 1. Schematic view of tooth sample.



Fig. 2. Push-out test.

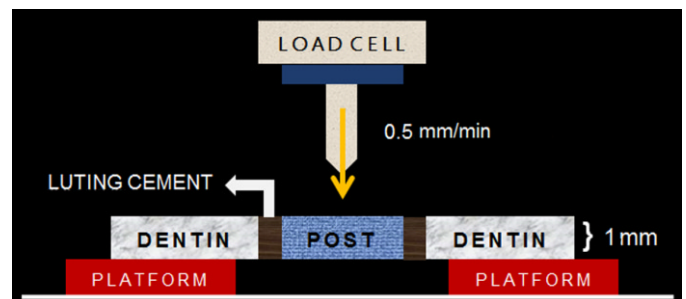


Fig. 3. Schematic view of push-out test.

3. 통계 분석

통계 분석은 IBM SPSS Statistics 22 for Windows (IBM, Armonk, NY, USA)를 사용하여 시행하였다. 평균 접착 강도와 표준 편차는 변수간 상호 관계를 알아보기 위해 Two-way ANOVA test를 이용하여 분석하였고, 포스트의 표면 처리와 접착 시스템이 접착 강도에 미치는 영향을 평가하기 위해 One-way ANOVA test를 시행하였다. 각 포스트의 표면처리 방법 내에서 접착 시스템간의 차이를 알아보기 위해 사후 검정은 Tukey test를 이용하였다. 95%의 신뢰 수준으로 통계적 유의성을 검증하였다.

결과

각 군의 접착 강도 및 표준편차를 Table 1에 나타내었다. 포스트의 표면 처리에 따라 각 subgroup의 접착 강도를 Fig. 4에 나타내었다. Two-way ANOVA test에서 포스트의 표면 처리와 접착 시스템에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($P > .05$). One-way ANOVA test에서 포스트의 표면 처리는 접착 강도에 통계적으로 유의한 영향을 끼치지 않았으나 ($P > .05$), 접착 시스템에 따라서 유의한 차이가 나타났다 ($P < .05$). 포스트에 전처리를 시행하지 않은 경우, Monobond S를 적용한 경우, 입자 분사 연마를 시행한 경우에서 접착 시스템을 사용하지 않았을 때보다 SE bond 사용시 유의하게 높은 접착 강도를 나타내었다 (Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C). 포스트에 입자 분사 연마를 하고 Monobond S를 적용한 경우에는 접착 시스템별 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 4D).

Table 1. Mean value and standard deviation of push-out strength

Post	Dentin	N	Mean (MPa)	SD
No treatment	No treatment	10	6.18	1.53
	SingleBond 2	10	6.60	1.84
	SE Bond	10	8.40	2.15
	S3 Bond	10	6.35	2.33
Monobond S	No treatment	10	6.28	1.35
	SingleBond 2	10	6.43	2.18
	SE Bond	10	8.41	2.65
	S3 Bond	10	6.79	2.17
Sandblast	No treatment	10	5.87	1.13
	SingleBond 2	10	6.28	1.38
	SE Bond	10	7.81	1.79
	S3 Bond	10	6.68	2.67
Sandblast & Monobond S	No treatment	10	6.44	2.70
	SingleBond 2	10	6.67	2.03
	SE Bond	10	7.14	2.37
	S3 Bond	10	6.85	2.29

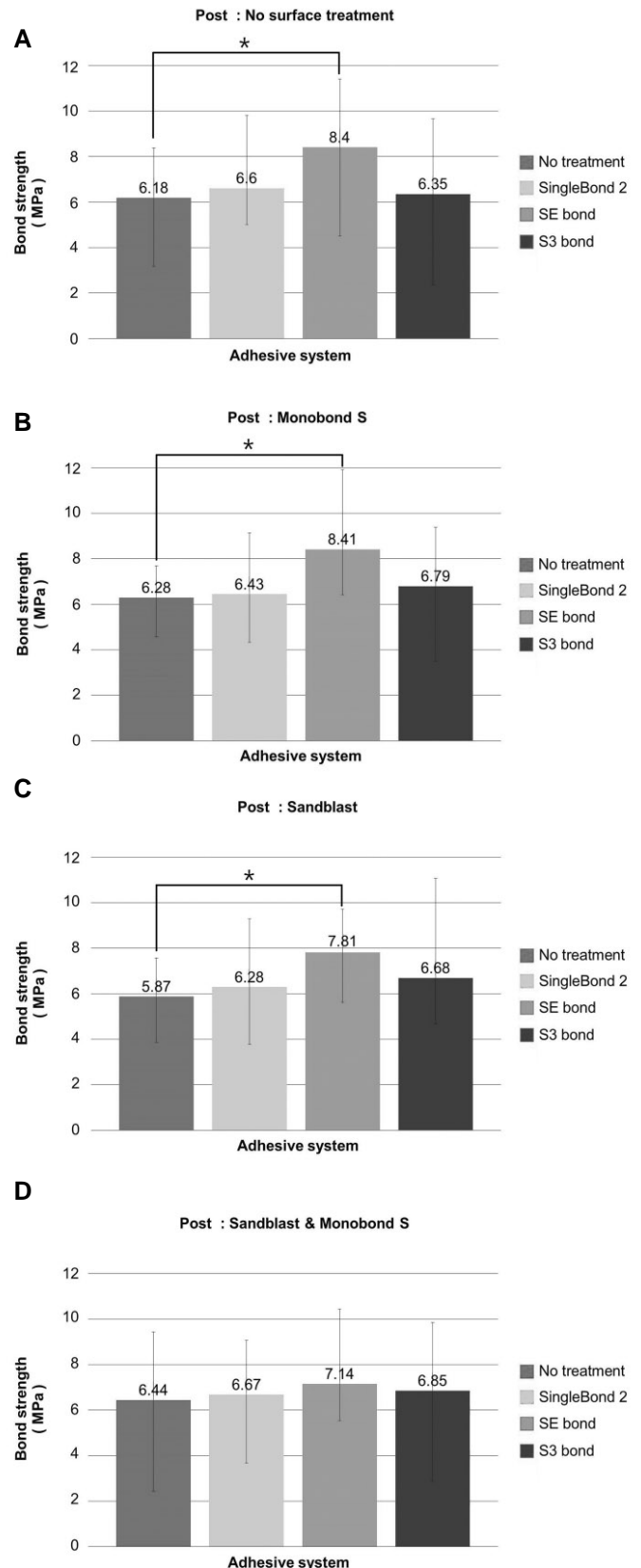


Fig. 4. (A) Push-out strength of post with no surface treatment, (B) Push-out strength of post treated with Monobond S, (C) Push-out strength of post treated with sandblast. (D) Push-out strength of post treated with sandblast and Monobond S.

토의

In vitro 연구는 임상적 적용 전 재료 또는 술식의 시험을 위해 사용된다. 일반적으로 임상적 연관성은 낮은 것으로 여겨지나, *in vitro* 연구에서 얻어진 결과는 명확히 설계된 임상 연구가 존재하지 않는 경우에 임상적 프로토콜에서 유용하게 사용될 수 있다. FRP의 근관내 접착을 이러한 예로 들 수 있다. FRP의 근관내 상아질에 대한 접착력을 향상시키기 위한 수많은 *in vitro* 연구가 있었지만, 임상적 연구는 거의 존재하지 않는다.¹⁷ FRP의 접착 강도 측정을 위한 시험은 인장 강도 시험과 미세 push-out 시험으로 나눌 수 있다. 포스트를 한번에 치아에서 제거하는 인장 강도 시험은 실제적인 임상적 상황을 반영하지 못하며, 치아를 절단하여 시편으로 사용해도 인장 시험시 빈번하게 조기 실패가 일어난다. 반면 push-out 시험은 더욱 균일한 응력 분포를 나타내며, 실패가 상아질 접착 계면에 평행하게 나타나고, 부위에 따른 강도 비교도 할 수 있기 때문에 포스트의 접착 강도 평가시 적절한 시험 방법이라 여겨진다.¹⁸

본 연구에서, 자가-접착 레진 시멘트 사용시 접착 시스템을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 높은 접착 강도를 나타내었다. De Munck 등¹⁹은 혼합된 Rely X Unicem의 pH가 매우 낮지만, 상아질 표면의 탈회 정도는 낮은 것으로 보고하였다. 시멘트의 methacrylated phosphoric ester는 근관벽에 잔존하는 도말층을 투과하여 상아질로 적절하게 침투할 수 없다. 이는 계면의 틈새와 결과적으로 낮은 접착 강도를 야기할 수 있다. 또한 시멘트의 상대적으로 높은 점도와 광중합으로 인한 시멘트의 부족한 침투, 반응 시간이 접착 강도에 영향을 줄 수 있다.²⁰ 따라서 자가-접착 레진 시멘트 사용 전 산부식 또는 상아질의 priming이 상아질을 탈회시키고 도말층을 제거 또는 변형시켜 미세 기계적 결합을 증가시킬 수 있다.

접착 시스템에 따른 접착 강도 비교에서 Adper Single Bond 2를 사용한 경우 접착 시스템을 사용하지 않은 경우보다 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으나 높은 접착 강도를 나타내었다. Total-etching system에서는 wet bonding이 이상적인 접착 강도를 위해 필수적이다.²¹ 근관의 좁고 깊은 공간에서 표면의 젖음성을 조절하는 것이 힘들지만, 본 연구에서는 치근단 1/3의 치아 절편은 사용하지 않았으며, 치근의 중간 1/3까지는 술식 민감도의 영향을 적게 받는 것으로 보인다. Clearfil S3 bond는 Adper Single Bond 2와 비슷한 접착 강도를 나타내었으며, Clearfil SE bond는 포스트에 전처리를 시행하지 않은 경우, Monobond S를 적용한 경우, 입자 분사 연마를 시행한 경우에서 더 높은 접착 강도를 나타내었다. Foxton 등²²과 Giannini 등²³은 self-etching system의 접착 강도는 total-etching system 보다 포스트의 부위에 따른 영향을 적게 받는다고 보고하였다.

De Munck 등¹⁹은 Clearfil SE bond는 기능적 단량체로 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP)를 가져서 효과적으로 hydroxyapatite (HA)와 화학적으로 반응하며, 그 결과 형성된 칼슘염은 용해도가 낮아 접착 강도나 계면 구조의 파괴

가 적게 일어난다고 보고하였다.²⁴ Miguez 등²⁵은 접착 레진의 만기중합이 특히 산소 차단층(oxygen-inhibited layer)에서 시간이 지남에 따라 일어난다고 보고하였다. 포스트 접착 후 37℃에서 보관시 산소 차단층에서의 증가된 중합률로 인해 Clearfil SE Bond 군에서 높은 접착 강도를 나타낸 것으로 보인다.

또한 2004년 Tsuchiya 등²⁶은 self-etch system에서 hybrid layer 하부에 특징적인 영역이 존재한다고 보고하였다. 이 영역은 순수한 상아질이 아니며 인접 hybrid layer와 상아질의 혼합으로 형성된 영역으로 단량체의 침투와 중합으로 형성된다. 이 영역은 산과 염기의 침투에 저항을 보이는 영역으로 산-염기 저항 영역(Acid-base resistance zone, ABRZ)로 불리우며 이차우식에 저항, 변연 밀폐 효과를 가진다. 동시에 견고성 증가 역할을 하며, 10-MDP와 filler 입자의 존재는 상대적으로 두꺼운 층을 만들어 레진 중합 동안 탄성의 완충 구역으로 작용하여 접착의 견고성을 부여한다.²⁷

Goracci 등²⁸은 실란처리된 FRP 사용시 증가된 접착 강도를 보고하였다. Aksommuang 등²⁸과 Perdigão 등²⁹은 투명 FRP에 이중 중합 레진 코어 사용시 실란의 적용이 미세 인장 접착 강도를 증가시킨다고 하였다. 이러한 실란의 영향은 표면 젖음성의 증가, OH- 기질과 화학적 결합을 일으키기 때문이라고 보고하였다. 치의학에서 사용되는 실란은 주로 methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS)로서, MPS는 epoxy matrix와는 잘 접착하지 않아 epoxy resin 상인 FRP와의 접착 강도는 증가하지 않는다. 따라서 포스트의 glass fiber가 노출되었을 때 높은 화학적 결합을 보인다.⁶ 따라서 포스트 표면을 부식시키거나, 입자 분사 연마 등으로 처리한 후 실란을 적용하는 것이 중요하다.³⁰ 하지만 과도한 부식이나 입자 분사 연마는 포스트 구조를 파괴시켜 오히려 접착 강도를 감소시킬 수 있다. Balbosh와 Kern 등¹⁰은 2.5 bar 압력으로 30 mm 거리에서 5초간 입자 분사 연마를 시행시 적절한 접착 강도를 얻었음을 보고하였으나, 본 연구에서 동일한 방법을 사용했을 때 포스트의 표면 처리에 따라 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 포스트의 미세 구조를 파괴시키는 변형을 일으키지는 않았으나, 미세 기계적 결합력, 실란의 화학적 결합력을 증가시킬 정도의 변화 또한 일어나지 않은 것으로 보인다.

Epoxy resin 표면을 선택적으로 용해시키고 섬유구조를 보존하기 위해 hydrogen peroxide, sodium ethoxide 등이 소개되고 있으며,⁶ Monticelli 등³¹은 10-20분간 포스트를 이 용액에 침전 후 사용시 silanization에 필요한 섬유구조가 노출되며 미세 기계적 결합도 동시에 증가시킨다고 보고하였다. Li 등³²은 50 micron의 Al₂O₃ 입자를 0.25 MPa 압력으로 10 mm 거리에서 10초간 입자 분사 연마시 FRP의 접착 강도에 유의한 영향을 끼치지 않았다고 보고하였으며, Roh 등³⁰에 따르면 CoJet sand를 2.5 bar 압력으로 10 mm 거리에서 15초간 입자 분사 연마를 시행하였을 때, 입자 분사 연마를 시행하지 않은 군과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실란 처리와 조합하여 사용시에도 실란 처리만 시행한 군에 비해 접착 강도의 증가를 보이지 않았다. 입자 분사 연마는

비선택적 연마라는 한계로 인해 그 술식이 매우 간단함에도 불구하고 적절한 미세 기계적 결합을 얻기에는 술식 민감도가 존재하는 것으로 여겨진다.

치아 부위에 따른 접착 강도의 차이가 존재할 수 있으며,^{22,23} 또한 반복적인 기계적 하중을 가한 후, 열주기 순환 처리 후에 포스트의 접착 강도가 변화한다고 보고되고 있다.⁸ 본 연구에서는 치아 위치에 따른 접착 강도의 차이가 조사되지 않았으며, 접착 시스템, 포스트의 전처리에 차이를 두고 실험을 진행하여 추가적인 기계적 하중, 열순환 처리를 시행하지 않아 임상적 적용에는 한계가 있다고 사료되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

결론

본 연구에서 근관 치료 후 다양한 접착 시스템과 포스트 표면 전처리 후 접착 강도를 측정하였다. 그 결과 자가-접착 레진 시멘트의 접착 강도는 포스트에 전처리를 시행하지 않은 경우, Monobond S를 적용한 경우, 입자 분사 연마를 시행한 경우에서 Clearfil SE Bond 사용시 통계적으로 유의하게 증가하였다. 상아질에 Clearfil SE bond를 사용하고 포스트를 실란 처리시 가장 높은 접착 강도를 나타내었다.

ORCID

Hye Won Shim <http://orcid.org/0000-0002-3035-0963>

References

- Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. *J Adv Prosthodont* 2014;6:60-5.
- Pereira JR, Lins do Valle A, Ghizoni JS, Lorenzoni FC, Ramos MB, Dos Reis Sô MV. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J Prosthet Dent* 2013;110:134-40.
- Seefeld F, Wenz HJ, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent Mater* 2007;23:265-71.
- Choudhary S, Begum Z, Choudhary P, Tripathi S. Comparative evaluation of retention of prefabricated and conventional cast post: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent* 2014;4:87-91.
- Duret B, Reynaud M, Duret F. New concept of coronoradicular reconstruction: the Composipost (1). *Chir Dent Fr* 1990;60:131-41.
- Monticelli F, Osorio R, Sadek FT, Radovic I, Toledano M, Ferrari M. Surface treatments for improving bond strength to prefabricated fiber posts: a literature review. *Oper Dent* 2008;33:346-55.
- Matinlinna JP, Ozcan M, Lassila LV, Vallittu PK. The effect of a 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane and vinyltriisopropoxysilane blend and tris(3-trimethoxysilylpropyl)isocyanurate on the shear bond strength of composite resin to titanium metal. *Dent Mater* 2004;20:804-13.
- Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent* 2014;39:E31-44.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J Adhes Dent* 2003;5:153-62.
- Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent* 2006;95:218-23.
- Demiryürek EO, Külünk S, Saraç D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e74-80.
- Kahnamouei MA, Mohammadi N, Navimipour EJ, Shakerifar M. Push-out bond strength of quartz fibre posts to root canal dentin using total-etch and self-adhesive resin cements. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012;17:e337-44.
- Das AK, Muddugangadhar BC, Amarnath GS, Garg A, Kumar U, Rao TR. Comparative evaluation of push out bond strength of a fiber post system using four different resin cements: An in-vitro study. *J Int Oral Health* 2015;7:62-7.
- Helvacioğlu Kıvanç B, Deniz Arısu H, Uçtaşı MB, Okay TC. The effect of different adhesive system applications on push-out bond strengths of glass fiber posts. *J Adv Prosthodont* 2013;5:305-11.
- Erdemir U, Mumcu E, Topcu FT, Yildiz E, Yamanel K, Akyol M. Micro push-out bond strengths of 2 fiber post types luted using different adhesive strategies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:534-44.
- Erdemir U, Sar-Sancaklı H, Yildiz E, Ozel S, Batur B. An in vitro comparison of different adhesive strategies on the micro push-out bond strength of a glass fiber post. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16:e626-34.
- Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. *Braz Oral Res* 2015;29. pii: S1806-83242015000100401.
- Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci* 2004;112:353-61.
- 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* 2004;20:963-71.
- Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005;30:627-35.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH. The overwet phenomenon: a transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 1996;9:161-6.
- Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent* 2003;28:543-51.

23. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent* 2001;3:315-24.
24. Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, Sano H, Van Meerbeek B. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2005;84:1160-4.
25. Miguez PA, Pereira MP, Swift EJ Jr. One-year tensile bond strengths of two self-etching primers to bovine enamel. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:243-8; discussion 249.
26. Tsuchiya S, Nikaido T, Sonoda H, Foxton RM, Tagami J. Ultrastructure of the dentin-adhesive interface after acid-base challenge. *J Adhes Dent* 2004;6:183-90.
27. Matsui N, Takagaki T, Sadr A, Ikeda M, Ichinose S, Nikaido T, Tagami J. The role of MDP in a bonding resin of a two-step self-etching adhesive system. *Dent Mater J* 2015;34:227-33.
28. Aksommuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent* 2004;32:443-50.
29. Perdigão J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater* 2006;22:752-8.
30. Roh H, Noh K, Woo YH, Pae A. Retentive bond strength of fiber-reinforced composite posts cemented with different surface treatments. *J Korean Acad Prosthodont* 2014;52:113-20.
31. Monticelli F, Osorio R, Toledano M, Goracci C, Tay FR, Ferrari M. Improving the quality of the quartz fiber postcore bond using sodium ethoxide etching and combined silane/adhesive coupling. *J Endod* 2006;32:447-51.
32. Li R, Zhou H, Wei W, Wang C, Sun YC, Gao P. Effects of Mechanical and Chemical Pretreatments of Zirconia or Fiber Posts on Resin Cement Bonding. *PLoS One* 2015;10:e0129690.

다양한 접착 시스템 및 포스트의 표면 처리가 섬유 강화 포스트의 접착 강도에 미치는 영향

김민우 · 안진희 · 김이경 · 심혜원*

한림대학교 성심병원 치과보철과

목적: 본 연구에서는 자가-접착 레진 시멘트의 접착 강도에 포스트의 표면 처리와 접착 시스템이 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법: 비슷한 치근 길이를 가진 48개의 사람 상악 단근치를 사용하여 160개의 시편을 제작하고 접착 시스템에 따라 4개의 군으로 분류하였다(no adhesive, Adper Single Bond 2, Clearfil SE Bond, Clearfil S3). 각 군은 포스트 표면 처리 방식에 따라 다시 4개의 군으로 세분화하였다(no treatment, sand-blast, silane, sandblast and silane). 포스트를(Parapost Fiber White) Rely X Unicem을 사용하여 접착하였다. 치아를 장축에 수직으로 1 mm 두께로 절단 하였다. Push-out test를 0.5 mm/분의 crosshead speed로 시행하였다. 2-way ANOVA, 1-way ANOVA 검정을 시행하였고 Tukey test를 통한 사후 검정을 시행하였다($\alpha=0.05$).

결과: Tukey test를 통한 사후 검정에서 접착 시스템에 따른 차이가 나타났다. Clearfil SE Bond가 가장 높은 접착 강도를 나타내었다.

결론: 상아질에 Clearfil SE bond를 사용하고 포스트를 실란 처리시 가장 높은 접착 강도를 나타내었다. (대한치과보철학회지 2016;54:218-25)

주요단어: 접착 강도; 섬유 강화 포스트; Push-out test; 접착 시스템

*교신저자: 심혜원

14068 경기 안양시 동안구 평령로 170번길 한림대학교 성심병원 치과보철과

031 380 3870: e-mail, hyewonshim@hanmail.net

원고접수일: 2016년 2월 22일 / 원고최종수정일: 2016년 5월 16일 / 원고채택일: 2016년 5월 17일

© 2016 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라
이용하실 수 있습니다.