

Fiber reinforced composite post의 표면 처리에 따른 접착 강도

노현식 · 노관태 · 우이형 · 배아란*

경희대학교 치의학전문대학원 치의학과 치과보철학교실

Retentive bond strength of fiber-reinforced composite posts cemented with different surface treatments

Hyunsik Roh, Kwantae Noh, Yi-Hyung Woo, Ahran Pae*

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyung Hee University, Seoul, Republic of Korea

Purpose: This study will evaluate the effectiveness of various pretreatments when fiber-reinforced composite (FRC) post is bonded to endodontically treated tooth with resin cement. **Materials and methods:** Canal shaping of FRC post (DT Light post, Size 3, Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA) was performed on endodontically treated premolars at 1.5 cm from CEJ. Samples were divided into 6 groups of surface treatment after conventional washing and drying to the canal. Total of 24 FRC posts were randomly divided into 6 groups of surface treatment as follows: Group C: control - no surface treatment, Group A: airborne-particle abrasion (Cojet sand, 3M ESPE), Group S: silanization (Bis-silane, Bisco Inc.), Group M: universal primer (Monobond-plus primer, Ivoclar Vivadent Inc.), Group AS: silanization after airborne-particle abrasion, Group AM: universal primer treatment after airborne-particle abrasion. Pretreated fiber posts were cemented with resin-based luting material and photo-polymerized and cut to the thickness of 1 mm. Push-out test using a universal testing machine was performed. Bonding failure strength of post dislodgement was measured and the type of bonding failure was classified. Data were analyzed with Kruskal-Wallis test and multiple comparison groups were performed using Tukey HSD value of rank test ($\alpha=0.05$). **Results:** Group AS showed significantly highest bonding strength. Group S, group AM, group A, and group M showed lower bonding strength in order. The control group showed the lowest bonding strength. **Conclusion:** Surface treatment with silane showed to be the most effective of the surface pretreatment methods for cementation of FRC post. Surface treatment with universal primer showed no significant difference compared with no surface treatment group as for bonding strength. (*J Korean Acad Prosthodont* 2014;52:113-20)

Key words: Fiber-reinforced composite (FRC) post; Surface treatment; Universal primer; Dental silane

서론

근관 치료된 치아는 우식 제거 및 근관 형성 과정에 있어 불가피한 치질 손상이 발생하며 이 후 전장관 보철 치료에 있어 약화된 구조에 대한 보강 수복으로서 포스트 코어 치료를 필요로 하게 된다. 포스트 치료에 있어 상아질과 유사한 굴곡 강도를 지니며, 치질과 접착하여 적용되는 fiber reinforced composite post (이하 FRC post) 치료는 1990년대 carbon fiber posts가 소개된

이래로 FRC post의 높은 명도와 투명감 있는 레진 기질 특성으로 인해 심미적인 수복 재료로 사용되어 왔다. FRC post는 다양한 크기, 형태, 경사도를 가지며, 건전한 근관 상아질의 탄성 계수와 유사한 특성으로 교합력을 치근에 고르게 전달함으로써 치근 과절을 예방하고, 재수복이 가능하다고 보고된다.^{1,2} 그리고 FRC post는 치아와 유사한 광학적 특성으로 수복 치료 시에도 심미성을 향상시킬 수 있으며,³ 생체 적합성이 뛰어나며 부식되지 않는 장점이 있다.⁴

*Corresponding Author: Ahran Pae

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyung Hee University
Hoegi-Dong 1, Dongdaemun-Gu, Seoul, 130-701, Republic of Korea
+82 2 958 9340: e-mail: ahranp@khu.ac.kr

Article history: Received March 26, 2014 / Last Revision April 16, 2014 / Accepted April 17, 2014

* This work was supported by a grant from the Kyung Hee University in 2009 (KHU-20091667).

pISSN 0301-2875, eISSN 2005-3789

© 2014 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.

FRC post는 레진 시멘트와 근관 상아질의 접착에 의해 유지력을 얻게 되며, 재료 사이의 접착 계면(dentin/resin cement, resin cement/FRC posts)의 적절한 접착에 의해 유지된다. 주요한 수복 치료의 실패 원인은 FRC post와 레진 시멘트와의 분리이며, 이런 원인으로는 근관내 세정제, 실러, 두꺼운 도말층, 제한된 수분 조절, 불리한 C-factor 등이 존재하며 레진 시멘트와 FRC post의 적절한 접착을 위하여 다양한 표면처리가 제안되어 비교 연구되었다.¹² 2011년 Goracci와 Ferrari,⁵ Monticelli 등⁶은 문헌 고찰 연구에서 FRC post와 레진과의 접착은 산부식, airborne-particle abrasion, 레이저 처리에 의한 기계적 처리와 실란을 통한 화학적 처리를 포스트에 적용하여 접착 강도를 증가시킬 수 있다고 하였다.

Monticelli 등⁶은 FRC post와 레진 시멘트와의 접착은 포스트 표면의 레진 기질을 기계적인 처리 방법으로 제거하여 glass fiber를 노출시켜 실란과 반응시켜 레진과의 결합강도를 증가시킬 수 있다고 하였다. Kurt 등,⁷ Yenisey와 Kulunk⁸은 기계적 방법과의 조합 또는 H₂O₂에 의한 처리에서도 높은 결합 강도를 보인다고 하였다. 하지만 일반적인 임상에서 고농도와 긴 적용 시간이 필요한 H₂O₂ 표면 처리, 혹은 레이저 표면 처리는 부가적인 재료 준비와 고가의 장비로 인하여 실효성에 있어 고려가 필요하며, 그 강도와 내구성에 관하여 연구, 검증되지 못하였다.^{7,8}

그에 비해 airborne-particle abrasion에 의한 기계적 표면 처리와 함께 실란을 이용한 표면처리에 관한 결과는 다양한 연구에서 우수한 접착 강도를 보고하고 있다.^{9,10} 그러나 2011년 airborne-particle abrasion과 실란을 조합한 표면 처리를 비교한 연구에서는 실란처리 없이도 높은 접착 강도를 보이는 결과를 나타내기도 하였다.¹¹ Jongsma 등¹²도 FRC post의 표면 처리에 관한 연구에서 airborne-particle abrasion과 실란을 조합한 결합에서 시멘트의 종류에 따라 실란 단독 사용보다 낮은 결합 강도를 보이는 결과를 보고하였다.

기존의 프라이머는 레진/금속/지르코니아 재료에 따라 서로 다른 프라이머를 준비하여 적용함으로써 적절한 접착 강도를 얻을 수 있다. 이와 같은 임상적인 과정을 단순화 하고, 편리하게 이용할 수 있도록 다양한 재료의 수복물에 적용 가능한 다용도 프라이머(universal primer)가 개발되었다. 다용도 프라이머는 기존의 글라스 세라믹과 레진 결합에 작용하는 silane methacrylate 성분에 귀금속, 지르코니아의 표면 처리에 작용하는 phosphoric acid methacrylate와 disulfide methacrylate의 작용기를 포함시켜 제조되며, 다양한 연구에서 다양한 표면에 적용되어 유효한 접착 강도의 변화를 보고하고 있다.¹³⁻¹⁵

2011년 Kim 등¹³은 다용도 프라이머를 이용하여 글라스 세라믹, 귀금속, 비귀금속, 지르코니아 세라믹 표면을 전처리 한 후 레진 시멘트 전단 결합 강도 연구에서 세라믹과 귀금속의 표면 처리로서 기존 프라이머와 유사한 접착 강도 개선 효과를 보였다. 2010년 연구에서는 다용도 프라이머와 airborne-particle abrasion을 조합한 연구에서 지르코니아 세라믹과의 접착에 있어 내구성 있는 결과를 보여주고 있다.¹⁴ Taira 등¹⁵은 2011년 연구

에서 다양한 성분의 실란을 비교하여 표면 처리된 leucite-reinforced ceramic과 레진 시멘트의 접착 강도를 비교 하였고 높은 전단 결합 강도를 보고 하였다. 다용도 프라이머는 글라스 세라믹, 귀금속, 지르코니아 세라믹 등에 적용 가능하지만, 아직 제조사에서 제시하는 적응증에서와 같은 FRC post의 접착 강도에 관한 결과는 검증되지 못하였다.

본 연구의 목적은 새롭게 제안되고 있는 다용도 프라이머를 사용하여 FRC post를 표면 처리 하였을 때 포스트와 레진 시멘트의 접착 강도에 있어 airborne-particle abrasion, 실란 표면 처리 등 다양한 표면처리를 비교하여, 다용도 프라이머의 효용성에 대해 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구는 24개의 치주, 교정적인 원인으로 발거된 소구치를 수집하여(KHD-IRB 1206-08) 단근치로 백악법랑경계(이하 CEJ) 하방 치근 길이 1.8 cm 이상 되는 치아를 사용하였다. 근관 내 우식이 있는 치아는 배제하고, 전통적인 방법에 따라 근관 치료를 시행하였다. 치근은 CEJ 하방 18 mm 되도록 절단하고, 포스트 제조사에서 제공하는 저속 핸드피스를 이용하여 15 mm로 근관을 확대, 성형 하였다. NaOCl solution으로 세척하여 페이퍼 포인트를 이용하여 건조하였다. 근관 내부를 37% 인산(N-etch, Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Liechtenstein)으로 10초간 산부식하여 20초간 수세 후, 페이퍼 포인트로 건조하였다. 시편 제작 시 포스트의 장축에 수직으로 절단될 수 있도록 가로 6 mm, 세로 6 mm, 높이 4 mm인 teflon mold를 이용한 jig (Pattern resin LS, GC Co., Tokyo, Japan)를 제작하였다. 서베이어(Dental surveyor, KWI, GC Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 평면에 수직으로 translucent fiber post (DT Light post, Size 3, Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)에 jig를 부착하였다(Fig. 1).

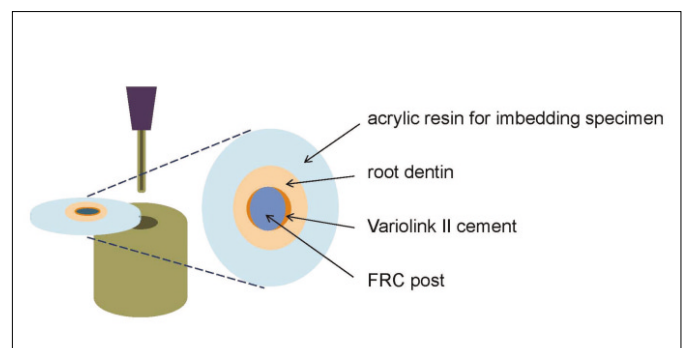


Fig. 1. Schematic drawing of push-out bond strength test.

2. 표면 처리 방법

FRC post는 6개의 그룹으로 나누어 표면처리 하지 않은 대조군과 표면처리를 시행한 다섯 개의 군으로 나누었다(Table 1).

다용도 프라이머는 Monobond-plus primer (Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Liechtenstein)를 선택하였다. Alcohol solution of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane, phosphoric acid methacrylate, sulfide methacrylate으로 구성되어 있으며 제조사의 지시에 따라 표면 처리 하였다. 마이크로브러쉬로 60초간 도포하고 상온에서 건조하였다.

실란 처리는 ethanol-based silane coupling agent로 unhydrolyzed 2 bottle system인 Bis-silane (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)을 선택하였다. 제조사의 지시에 따라 혼합하여 30초간 적용 후 상온에서 건조하였다.

Airborne-particle abrasion은 표면 거칠기를 증가시켜 접착 면적을 넓히는 효과도 있으며, FRC post 표면의 에폭시 레진 기질을 미세기계적으로 제거하여 포함된 필러(quartz)를 노출시킬 수 있다. 이런 포스트의 표면에 실란 처리를 조합하여 세라믹과 레진의 접착을 강화시킬 수 있게 된다. 이 연구에서는 진료실에서 사용 가능한 intraoral sandblaster (Microetcher IIA, Danville materials, San Roman, CA, USA)를 이용하여 airborne-particle abrasion을 시행하였다. 포스트의 적용 표면과 수직으로 10 mm 거리에서 15초간 2.5 bar의 압력으로, silica-coating alumina particle (Cojet sand

[30 μ m], 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용하여 표면 처리하였다(Table 2).

AS와 AM 실험군은 airborne-particle abrasion 표면 처리 한 후 건조하고, 각 실험군마다 실란 처리와 다용도 프라이머 처리를 추가로 시행하였다.

표면 처리된 FRC post는 포스트 삭제된 치근에 dual-cure resin cement (Variolink II, Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Liechtenstein)를 사용하여 접착하였다. 건조된 근관은 포함된 Syntac primer, Syntac adhesive (Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Liechtenstein)와 Heliobond (Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Liechtenstein)를 제조사의 지시에 따라 적용하고 translucent base와 Catalyst를 혼합하여 표면 처리된 포스트와 접착한 후 광중합 하였다.

3. 시편 처리

치근에 합착된 포스트는 직경 15 mm, 높이 18 mm의 원통형 주형에 아크릴릭 레진(Orthoplast; Vertex, Zeist, Netherland)을 이용하여 포매한 후 절단 시편 제작을 위하여 준비하였다. 치근은 주수 하에 다이아몬드 톱(Isomet diamond wafering blade, Buehler, Lake Bluff, IL, USA)을 이용하여 저속절제하였다. 1 mm 시편 두께를 가지며, 치근의 상부와 하부를 구별하여 push-out bond strength test 시 포스트 상단으로 탈락될 수 있도록 하였다. 시편은 포스트의 상부 10 mm의 non-taper 부위에 제작될 수 있도록 하였고, 각 치아당 3개의 시편으로 총 12개의 시편을 제작하였다.

4. Push-out bond strength test

실험군당 12개의 시편을 준비하고, push-out bond strength test를 위하여 직경 0.75 mm의 push-out plugger를 제작하고 만능시험기(Universal Testing Machine, 5980 floor model system; Instron, Norwood, MA, USA)에 장착하여 접착 실패까지 최대하중으로 전단 결합 강도를 측정하였다. 시편을 준비된 금속 주형 위에 위치하고

Table 1. Group classification (n=12)

Group code	Specimen description
Group C	control
Group A	airborne-particle abrasion
Group S	silanization
Group M	universal primer
Group AS	airborne-particle abrasion + silanization
Group AM	airborne-particle abrasion + universal primer

Table 2. Materials used in the study

Materials	Composition	Application mode
D. T. Light-Post (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)	unidirectional quartz fibers (60%), epoxy resin matrix (40%)	
Variolink II and bonding agent (Syntac primer, Heliobond) (Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Leichtenstein)	bis-GMA, urethane dimethacrylate, triethylene glycol dimethacrylate, ytterbium trifluoride, barium glass, silica	apply 2-step etch-and-rinse bonding agent; light polymerize; mix base and catalyst 1:1 for 10 s; apply; light polymerize
Bis-Silane (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)	Liquid A, B; Ethanol < 95% Silane < 10%	mix with Liquid A; Liquid B 1:1 for 10 s; apply 30 s; air-dry
Monobond-Plus (Ivoclar Vivadent Inc., Schaan, Leichtenstein)	alcohol solution of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane, phosphoric acid methacrylate, sulfide methacrylate	apply 60 s; air-dry
Cojet sand (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	silica coating alumina particle (30 μ m)	pressure 2.5 bar; distance 10 mm; during time 15 s

시험속도 0.5 mm/min으로 치근단에서 치관부로 부하를 가하여 포스트가 탈락되도록 하였다(Fig. 1). 탈락 및 포스트 파절시의 최대 하중은 N단위로 측정하였다(Table 3). 접착 강도를 평가하기 위하여 포스트 접착 면적을 계산하여 측정된 값을 다음과 같이 수정하였다.

$$A = 2\pi rh$$

원주율은 상수로 3.14, 'r' 값은 포스트의 반지름과 'h' 값은 시편 두께를 이용하여 산출(Digital caliper, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)하였다.

5. 실패 양상 분석

접착 강도를 측정한 모든 시편은 40배의 광학현미경(Olympus, SD-STB3, Tokyo, Japan)으로 관찰하여 접착 실패 양상을 분류하였다. 일부 시편은 주사전자현미경(Stereoscan 440, Leica Cambridge Int., Cambridge, UK)을 이용하여 접착 실패 양상 분석과 분리 계면을 관찰하였다. 접착 실패 양상은 다음과 같이 분류하였다.

- Adhesive failure with post: 포스트와 레진 시멘트 계면에서의 파괴
- Adhesive failure with dentin: 상아질과 레진 시멘트 계면에서의 파괴
- Cohesive failure in post: 포스트의 응집 파괴
- Cohesive failure in resin: 레진 시멘트의 응집 파괴
- Mixed failure: 접착 계면 파괴와 응집 파괴의 조합

6. 통계 분석

통계 분석은 SPSS 프로그램(SPSS static 20; SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 평균 접착 강도와 표준 편차, 표면 처리에 따른 실험군의 수치는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 분석하였다. 실험군 간의 다중 비교 검정은 결과값의 Tukey HSD value of rank test를 이용하여 비교하였다. 모든 통계분석의 신뢰 수준은 95%로 하였다($P < .05$).

결과

1. Push out bond strength test

본 연구의 push-out bond strength test는 포스트의 탈락과 레진 시멘트와 포스트 기질의 파절에 의해 나타나는 최대 압력(N)으로 측정 결과를 보였다(Table 3). 실험군당 12개의 시편으로 push-out bond strength test를 시행하였고, 측정된 수치(N)를 포스트 면적으로 나누어 단위 면적당 가해진 압력(MPa)으로 변환하였다(Table 4).

$$A = 2\pi rh = 1/2 \text{ radius, } h = \text{height, } \pi = 3.14; A [\text{MPa}]$$

가장 높은 강도를 보인 실험군은 AS군($11.72 \pm 4.29 \text{ MPa}$)으로 다른 조합의 표면처리에 비해 가장 높은 접착 강도를 보였다. 다음으로 S군($10.82 \pm 3.84 \text{ MPa}$)에서 높은 접착 강도 결과를 보였다.

표면 처리를 시행하지 않은 대조군에서 가장 낮은 결합 강도를 보였으며($4.90 \pm 1.67 \text{ MPa}$), M군과 AM군에서는 유의할 만한 차이를 보이지 않았다($P > .05$). A군, S군, AS군의 세가지 실험군에서 대조군과 유의할 만한 접착 강도 차이가 나타났다($P < .05$).

M군은 대조군과 A군과 통계적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았으며, 특히 대조군과는 높은 유의 수준으로 차이가 나타나지 않았다($P = .917$). 대조군으로 실란을 이용한 실험군(S, AS) ($P < .02$)과는 유의할 만한 차이를 보였다. 변환된 수치의 분포를 비교하기 위하여 typical schematic box plot으로 정리하였다(Fig. 2).

A군은 S군에 비해 낮은 접착 강도 수준을 보였지만 대조군과는 유의할 만한 차이를 보였다. AM군과 AS군은 $P = .09$ 수준의 유의차를 보이는 것으로 나타났다. A군과 AM군은 유의 수준 0.985으로 거의 접착 강도의 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었다.

Table 3. Push-out bond strength (N) (n=72)

	Group C	Group A	Group S	Group M	Group AS	Group AM
Mean	25.59	41.88	56.32	35.76	68.11	43.23
SD	9.51	6.13	23.82	14.11	31.26	20.64
Lower bound	16.71	34.32	29.17	21.93	22.94	28.74
Upper bound	40.50	50.83	92.70	69.69	110.00	98.94

Table 4. Push-out bond strength (MPa) (n=72)

	Group C	Group A	Group S	Group M	Group AS	Group AM
Mean	4.90	7.47	10.82	5.88	11.72	7.55
SD	1.67	1.35	3.84	1.70	4.29	2.51
Lower bound	3.26	5.51	6.55	4.26	5.67	5.86
Upper bound	6.79	9.20	16.96	8.73	17.67	14.01

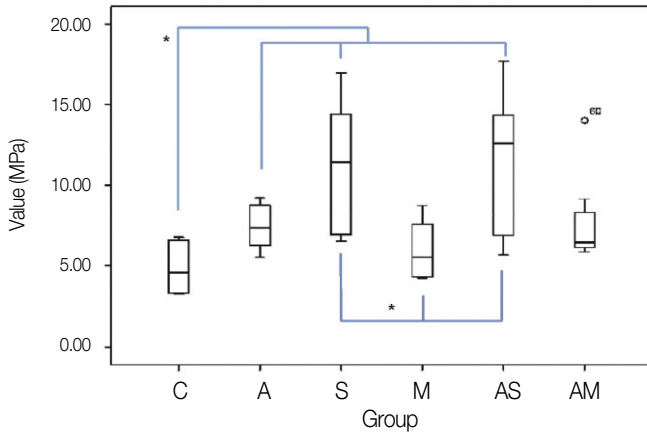


Fig. 2. Distribution of the push-out strength value (MPa).

*statistical differences [C; A, S, AS], [M; S, AS] ($P < .05$)

2. 실패 양상 분석

접착 강도 측정 후 파절된 시편을 광학현미경으로 관찰하였을 때, 대조군에서는 레진 시멘트와의 접착 계면 실패 양상(90%; adhesive failure with post)이 주로 나타났으며, M군에서 역시 레진 시멘트와의 접착계면 실패 비율(66.6%; adhesive failure with post)이 높게 나타났다. AM군(58.3%; adhesive failure with post)에서도 접착 계면 실패 양상이 주로 관찰되었다. S군(45.4%; cohesive failure in post)과 A군에서는 실패 양상이 다양한 비율로 관찰되었다. 특히 AS군(45.4%; adhesive failure with dentin, cohesive failure in post)에서 레진 시멘트와 상아질의 계면 파괴와 포스트의 응집 파괴 비율이 높게 나타났다. 모든 편에서 상아질의 응집 파괴는 관찰되지 않았다(Fig. 3, Fig. 4).

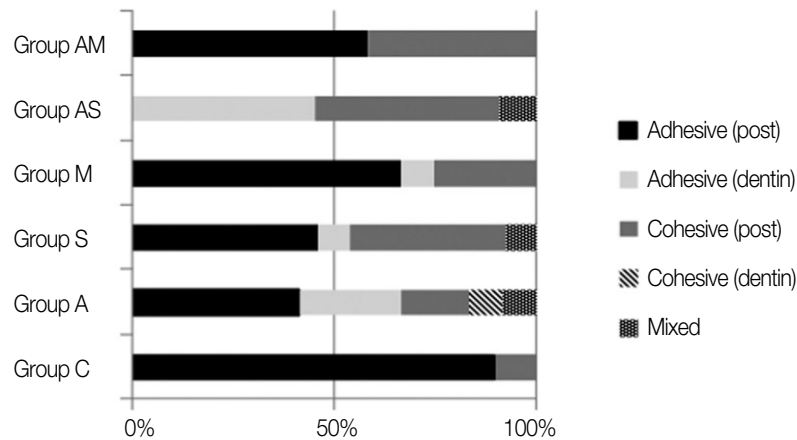


Fig. 3. Distribution of the failure modes following the push-out strength test.

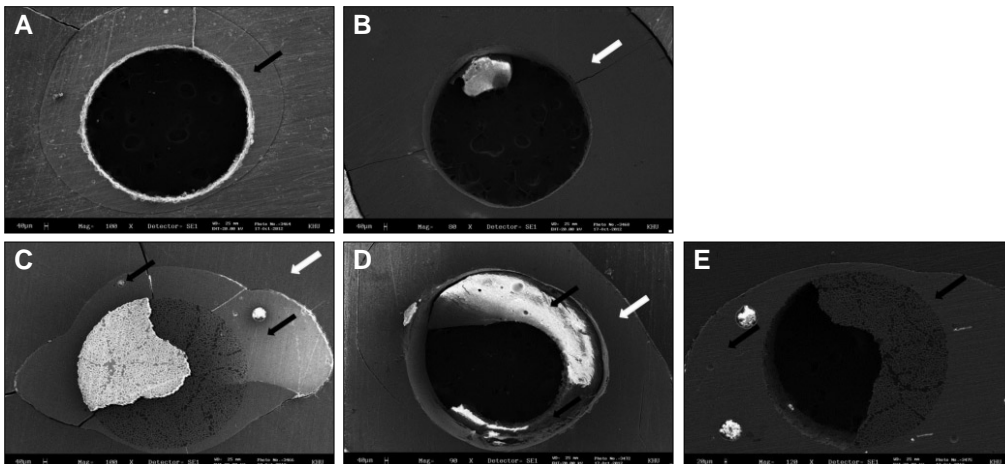


Fig. 4. Example of the failure types used for classification of failure modes after push-out bond strength test.

(A) adhesive failure mode with post (100 \times), (B) adhesive failure with dentin (80 \times), (C) cohesive failure in post (100 \times), (D) cohesive failure in resin (90 \times), (E) mixed failure (120 \times). Black arrows indicate the remaining resin cement. White arrows indicate the remaining dentin.

고찰

실란을 이용한 표면 처리는 진료실에서 시행할 수 있으며, FRC post의 유지력을 향상시킬 수 있는 방법이라고 보고된다. 하지만 실란의 적용 시에는 실란 시스템의 선택, 적용 방법, 열처리, 다른 표면 처리와의 조합, 술자의 기술 등을 충분히 고려하여 사용해야 원하는 효과를 얻을 수 있다.⁶

본 연구에서는 preactivated silane (3-methoxysilylpropylmethacrylate silane)과 메탈/지르코니아 프라이머의 조합으로 구성된 다용도 프라이머와 2 bottle 시스템 실란(Bis-silane, Bisco Inc.)을 사용하였다. 2 bottle 시스템 실란은 silane coupling agent (3-MPS)가 산성 모노머와 혼합되면 가수 분해 되어 활성화 되고, 표면에 작용된다. 따라서 충분한 반응 시간이 필요하며 acetone/water base 등의 용매가 증발하며 치밀한 실란층이 형성되어야 적절한 접착 강도를 얻을 수 있다.¹⁶ Hooshmand 등¹⁷은 2 bottle 시스템 실란의 안정적인 결합을 위하여 혼합 후 2시간 정도 활성화 시켜 실험하였으나 임상적인 활성화 시간을 고려하여 본 연구에서는 제조사의 지시에 따라 적용하였다. 결과적으로 실란 표면 처리군에서 유의할 만한 높은 접착 강도로 나타났으며, airborne-particle abrasion 처리와의 조합 실험군에서도 접착 강도가 증가하였다. 2 bottle 시스템의 실란 적용 후 충분히 건조하여 친수성 성분을 배제하였으며 상온에서 압축 공기로 충분히 건조하여 추가적인 열처리를 하지 않았다. Monticelli 등¹⁸에 의하면 실란의 용매를 적절히 건조 시키는 것이 중요하며 21℃ - 38℃의 건조 온도를 다르게 하여 실행한 연구에서 2 bottle 시스템에서 온도에 의한 조절에 민감하게 접착 강도가 변화하며, pre-hydrolysed MPS 실란에서 온도에 상관없이 안정된 접착 강도를 나타냈다. 접착 강도는 가수분해 정도뿐 아니라 실란층의 두께, 용매의 산성도, 축합 반응의 정도에 영향을 받을 수 있다고 하였다. 하지만 본 연구에서는 상이한 결과를 보였으며 이는 실란층의 두께와 용매의 건조에 의한 변화를 고려해야 할 것이다.

FRC post의 에폭시 레진 기질은 중합 완료된 레진으로 반응성이 낮고 중합 반응을 위한 자유 반응기가 적은 특징이 있어 레진 시멘트와의 결합력이 떨어지게 된다.¹⁹ 그런 이유로 FRC post의 표면을 부식시키거나, airblasting, hydrogen peroxide 등으로 에폭시 레진을 처리하여 필러(quartz)를 노출시키고 실란을 적용하는 것이 중요하다.²⁰ 일반적인 금속과 지르코니아 표면은 silica-coating alumina particle (Cojet sand; 30 μm, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용하여 샌드블라스팅 처리 시에는 표면에 tribochemical coating을 통하여 표면에 silicized surface로 변형되어 일반 methacrylated monomer와 반응하며, 이후 실란에 의해 레진 접착이 강화될 수 있다.²¹

그러나 본 연구에서는 airborne-particle abrasion 후 실란 처리한 조합과 단독적인 실란 표면 처리의 접착 강도는 유의할 만한 차이를 보이지 않았다. 이는 연구에 사용된 2 bottle 실란에 의해 동일 회사의 FRC post의 에폭시 레진 표면의 젖음성과 반응성이 증가하여 적절한 접착이 형성되었으며, airborne-particle abrasion

자체의 표면 처리에 의한 미세 기계적 처리 효과가 미약하다고 생각할 수 있다. 사용된 tribochemical coating 표면 처리에 의한 FRC post에 접착 강도 변화도 유의 수준의 차이를 보이지 않았다.

Anagnostopoulos 등²²은 미리 활성화된 1 bottle 실란이 2 bottle 실란에 비하여 높은 가수분해의 비율을 보여 장기적으로 레진과 세라믹간의 결합을 향상시킨다고 하였다. 하지만 2 bottle 실란에서 미리 활성화된 실란보다 높은 강도를 보이는 연구 결과도 존재하며¹⁶ 논란의 여지가 있는 상태이다. 본 연구에서는 2 bottle 실란에서 높은 접착 강도를 보였으며, 1 bottle의 다용도 프라이머에서 낮은 접착 강도가 나타났다. 이는 가수분해의 정도에 따른 차이 외 다른 요인에 의해 영향을 받았을 가능성이 있다. 다용도 프라이머에 포함된 금속/지르코니아 프라이머(phosphoric acid methacrylate 등)에 의한 산성도 변화가 부산물의 제거, 축합 반응에 영향을 주었을 가능성을 고려할 수 있다. 실란 시스템의 용매가 다를 경우 열처리, 혹은 레진 시멘트와의 결합에 차이가 있을 수 있으므로¹⁹ 다른 회사의 다용도 프라이머를 추가적으로 비교하는 것도 유의할 것이다.

다용도 프라이머를 이용한 귀금속, 비귀금속 표면 처리, 지르코니아 표면 처리에 관한 연구는 활발하게 이루어져 높은 접착 강도 결과를 보여주고 있다.^{13,14} 그러나, 지르코니아의 안정적인 접착과 임상 과정을 단축시키고자 하는 요구에 따라 다용도 프라이머의 사용이 증가하고 있지만 다양한 수복물 중 금속과 지르코니아에 대해서는 높은 접착 강도를 보이는 반면, silane coupling agent로서의 기능에 대한 연구는 부족하다. 본 연구 결과를 이용하여 FRC post의 표면 처리로서 다용도 프라이머의 효용을 평가하고자 하였다. 제조사에서는 포스트의 전 처리로 다용도 프라이머의 사용 가능성도 제시하고 있으나, 본 연구에서는 유의할 만한 차이를 보이지 않았으며, 실란 표면 처리 실험군에 비하여 낮은 접착 강도를 나타내었고, 실패 양상 분석에 의해서도 포스트와 레진 시멘트의 접착 계면 실패 양상이 주로 나타났다. 이러한 결과는 다용도 프라이머가 여러 종류의 monomer를 포함하고 있지만 phosphoric acid methacrylate와 sulfide methacrylate에 의한 결합이 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane에 의한 결합보다 강하고 안정적이기 때문일 수 있다.

결론

이번 연구는 FRC post의 표면 처리 방법으로 airborne-particle abrasion과 실란과 phosphate monomer를 포함하는 다용도 프라이머, 실란을 적용하여 근관 내 레진 시멘트와 접착하여 결합 강도를 향상 시키는지를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

실험에 적용된 기계적, 화학적 표면 처리 방법은 표면을 처리하지 않은 대조군에 비해 높은 접착 강도를 보였으며, 특히 실란에 의한 화학적 표면 처리를 적용한 실험군에서 유의할 만큼 높은 접착 강도를 나타내었다. Phosphate monomer를 포함하는 다용도 프라이머를 이용한 표면 처리에서는 낮은 결합 강

도를 나타내었다. 대조군과 다용도 프라이머의 실험군에서 레진 시멘트와 접착 계면 실패 양상이 주로 나타났으며 실란 처리한 실험군에서 레진 시멘트 상아질 계면의 접착 실패와 포스트의 응집 실패 양상이 주로 관찰 되어 적절한 접착 강도를 보였다.

다양한 표면 처리 방법 중에서 실란을 이용한 표면 처리가 가장 높은 접착 강도의 개선 효과를 보였으며, 임상적으로 FRC post의 접착시 효과적인 접착 강도의 증가를 얻을 수 있을 것이다.

References

1. Rathke A, Haj-Omer D, Muche R, Haller B. Effectiveness of bonding fiber posts to root canals and composite core build-ups. *Eur J Oral Sci* 2009;117:604-10.
2. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007;20:353-60.
3. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent* 2000;83:412-7.
4. Torbjörner A, Karlsson S, Syverud M, Hensten-Pettersen A. Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties. *Eur J Oral Sci* 1996;104:605-11.
5. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J* 2011;56:77-83.
6. Monticelli F, Osorio R, Sadek FT, Radovic I, Toledano M, Ferrari M. Surface treatments for improving bond strength to pre-fabricated fiber posts: a literature review. *Oper Dent* 2008;33:346-55.
7. Kurt M, Güler AU, Duran İB, Uludamar A, İnan Ö. Effects of different surface treatments on the bond strength of glass fiber-reinforced composite root canal posts to composite core material. *J Dent Sci* 2012;7:20-5.
8. Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent* 2008;99:38-45.
9. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *J Prosthet Dent* 2010;103:31-9.
10. Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent* 2006;95:218-23.
11. Choi Y, Pae A, Park EJ, Wright RF. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent. *J Prosthet Dent* 2010;103:362-8.
12. Jongsma LA, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Influence of surface pre-treatment of fiber posts on cement delamination. *Dent Mater* 2010;26:901-7.
13. Kim NH, Shim JS, Moon HS, Lee KW. Effect of universal primer on shear bond strength between resin cement and restorative materials. *J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:112-8.
14. Attia A, Kern M. Long-term resin bonding to zirconia ceramic with a new universal primer. *J Prosthet Dent* 2011;106:319-27.
15. Taira Y, Sakai M, Sawase T. Effects of primer containing silane and thiophosphate monomers on bonding resin to a leucite-reinforced ceramic. *J Dent* 2012;40:353-8.
16. Kato H, Matsumura H, Tanaka T, Atsuta M. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. *J Prosthet Dent* 1996;75:163-8.
17. Hooshmand T, van Noort R, Keshvad A. Storage effect of a pre-activated silane on the resin to ceramic bond. *Dent Mater* 2004;20:635-42.
18. Monticelli F, Toledano M, Osorio R, Ferrari M. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding core resin to quartz fiber posts. *Dent Mater* 2006;22:1024-8.
19. Bitter K, Noetzel J, Neumann K, Kielbassa AM. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. *Quintessence Int* 2007;38:121-8.
20. Schmage P, Cakir FY, Nergiz I, Pfeiffer P. Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiberreinforced composite posts. *J Prosthet Dent* 2009;102:368-77.
21. Chai J, Chu FC, Chow TW. Effect of surface treatment on shear bond strength of zirconia to human dentin. *J Prosthodont* 2011;20:173-9.
22. Anagnostopoulos T, Eliades G, Palaghias G. Composition, reactivity and surface interactions of three dental silane primers. *Dent Mater* 1993;9:182-90.

Fiber reinforced composite post의 표면 처리에 따른 접착 강도

노현식 · 노관태 · 우이형 · 배아란*

경희대학교 치의학전문대학원 치의학과 치과보철학교실

연구 목적: 본 연구는 근관치료된 치아에 레진 시멘트로 fiber reinforced composite post (FRC) post의 접착시 포스트의 다양한 표면처리를 비교하여, 새롭게 제안되고 있는 다용도 프라이머의 효용성에 대해 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 근관치료된 소구치 중 치근길이 1.8 cm 이상 되는 치아만을 총 24개 선택하였다. 표면 처리하지 않은 대조군과 표면처리를 시행한 FRC posts (DT Light Post, Size3, Bisco Inc., Schaumburg, IL, US)를 다음과 같이 6개의 그룹으로 무작위 분류하였다: Group A: airborne-particle abrasion (Cojet sand, 3M ESPE), Group S: silanization (Bis-silane, Bisco Inc.), Group M: universal primer (Monobond-plus primer, Ivoclar Vivadent Inc.), Group AS: silanization after airborne-particle abrasion, Group AM: universal primer treatment after airborne-particle abrasion. 하였다. CEJ에서 1.5 cm 근관성형 후 레진 시멘트를 이용하여 표면처리된 총 24개의 FRC post를 접착하고 광중합하였다. 생리식염수에 24시간 보관한 후 포스트 장축에 수직으로 1 mm 두께로 절단하여 만능시험기로 push-out test를 시행하였다. 포스트가 탈락되는 접착 실패 강도를 측정하고 SEM을 관찰하여 접착 실패 양상을 분류하고, 접착 강도를 Kruskal-Wallis test와 Tukey HSD value of rank test를 이용하여 통계 분석하였다($\alpha=0.05$).

결과: Airborne-particle abrasion후 실란 처리한 실험군에서 유의할만하게 높은 접착 강도를 보였다. 실란 처리, airborne-particle abrasion후 다용도 프라이머를 처리한 실험군의 순서로 접착 강도가 높게 나타났다. FRC post의 표면에 특정 전처리를 하지 않은 대조군에서 가장 낮은 결합 강도를 보이고, 이어서 다용도 프라이머, airborne-particle abrasion 순으로 낮은 평균 접착 강도를 보였다.

결론: FRC post의 접착 전 표면 처리 과정으로서 실란 처리를 거친 실험군에서 높은 결합 강도를 보였으며, 다용도 프라이머를 이용한 표면 처리는 실란과 비교하여 유의성 있는 접착 강도의 변화를 보이지 않았다. (*대한치과보철학회지* 2014;52:113-20)

주요단어: Fiber-reinforced composite (FRC) post; 표면처리; 다용도 프라이머; 치과용 실란

*교신저자: 배아란

130-701 서울시 동대문구 회기동 1 경희대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

02-958-9340; e-mail: ahranp@khu.ac.kr

원고접수일: 2014년 3월 26일 / 원고최종수정일: 2014년 4월 16일 / 원고채택일: 2014년 4월 17일

© 2014 대한치과보철학회

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