

1

포스트 접착 시멘트의 종류와 적용 방법에 따른 접착 효율 비교

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실
조옥인, 이상진, 박정길, 허복, 김현철*

ABSTRACT

Comparison of the post cementation efficacy using different cements and methods

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University
Ok-In Cho, Sang-Jin Lee, Jeong-Kil Park, Bock Hur, Hyeon-Cheol Kim*

The purpose of this study was to compare post cementation efficacy according to the different adhesive systems and cement delivery methods.

A total of 40 extracted human single-rooted premolar teeth were randomly divided in four groups according to the two luting agents of Unicem applicap (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) or Variolink II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) and cement delivery methods of direct cement application or lentulo spiral application. After restoration using glass fiber posts, the samples were embedded in acrylic resin. Three sections of 2 mm thickness were prepared from each specimen, and the post in each section was subjected to a push-out test. The data were analysed statistically at significant level of 95%.

The Unicem had significantly higher push-out bond strength than Variolink and the lentulo spiral application made higher bond strength ($p < 0.05$). Adhesive failure between cement and dentin was predominant in all groups.

The Unicem of self-etch system and cement delivery using lentulo spiral showed clinically acceptable and comparable bonding strength for the fiber post.

Key words : bonding agent, fibre post, luting cement, push-out bond strength

서론

근관치료 후 수복은 근관치료의 궁극적 목적인 치아의 기능력 회복에 중요한 필수 요소이다. 근관치료한 치아의 예후는 그 수복 예후에 의존한다고 하여도 과언이 아니다¹⁾. 즉 근관치료 후 수복의 실패는 근관치

료의 실패와 마찬가지로 이러한 수복의 실패는 포스트와 관련되거나 혹은 관련되지 않은 치근 파절에 의한 실패가 많이 나타난다. 포스트나 전장관 수복 후 단기간 혹은 장기간 경과한 후에 이러한 실패가 나타날 수 있다.²⁾

다양한 형태 및 재질의 포스트가 사용되고 있으나,

Acknowledgement : "This work was supported for two years by Pusan National University Research Grant"

* Corresponding author : Hyeon-Cheol Kim, DDS, MS, PhD, Associate Professor, Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, 3-3, Beomeo-ri, Mulgeum, Yangsan, Gyeongnam, 626-810, Korea, Tel : +82-55-360-5222, E-mail : golddent@pusan.ac.kr

근관치료한 치아의 장기간 예후를 보장하기 위해서 각 치아의 위치나 잔존 치질 양에 따른 올바른 포스트 선택 및 적용이 강조되었고, 이에 대한 연구 고찰이 많이 이루어지고 있다.³⁻⁶⁾

여러가지 포스트 종류 가운데, 화이버 포스트는 치근 상아질과 유사한 탄성 계수를 가짐으로써 치근에 가해지는 응력을 잘 분산시킬 수 있어서 치근 파절로 인한 치아의 상실을 최소화 할 수 있는 수복 재료로 널리 선택되고 있다³⁻⁵⁾. 이와 함께 포스트의 유지력 증가 및 미세 누출 감소 등의 이유로 레진계 합착 시멘트의 사용이 늘고 있다^{7,8)}. 이론적으로 레진 시멘트는 화이버 포스트 등의 일부 재료에 결합되어, 상아질/레진/포스트가 레진 결합에 의해 하나의 개체(one-unit)로 연결된다고 보고되고 있다⁹⁾. 그렇지만 임상적으로 이러한 one-unit 접착 개념은 실제 근관 내에 시멘트의 적용이 고르지 않거나 접착 부위에 따라 접착력이 차이가 나는 것으로 보고되며, 따라서 원래의 이론적인 목표와는 차이가 난다⁹⁻¹¹⁾.

이러한 접착의 목표를 잘 달성하기 위해서는 레진 시멘트의 적절한 적용이 매우 중요하다고 보여진다. 레진 시멘트의 종류에는 상아질 접착제처럼 근관 상아질에 적절한 전처치를 요구하는 경우와 전처치 없이 시멘트의 도포만으로 접착을 얻을 수 있는 경우가 있다. 한편, 이러한 시멘트를 적용하는데 있어 레진 시멘트를 포스트 홀 내에 도포하기 위해 포스트에 직접 묻혀 사용하기도 하고, lentulo spiral을 사용하여 적용할 수도 있다. 일반적으로 레진 시멘트의 경우 제조사에서는 lentulo spiral을 사용하는 것을 권하지 않는다. 이는 레진 시멘트의 조기 경화로 인해 포스트의 정확한 식립을 저해할 수 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 레진 시멘트를 포스트에 직접 적용하여 도포하는 방법뿐 만이 아닌 lentulo spiral을 사용하는 방법이 여전히 비교 제안되고 있다^{12,13)}.

이에 본 연구에서는 서로 다른 포스트 접착용 레진 시멘트 및 그 적용 방법을 달리하여 임상적인 시멘트

적용 효율 및 포스트 접착력을 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

발거한 사람 소구치 40개를 해부학적 치관 높이의 1/3에서 저속용 다이아몬드 디스크(H350220, Horico, Berlin, Germany)로 절단하여 포스트를 필요로 하는 임상적 환경을 만들었다.

Gate-glidden drill을 사용하여 치관부 근관을 확대하고 10번 K-file을 사용하여 근단공에 file tip 이 노출되도록 하여 근관 길이를 직접 확인하여 측정 하였다. ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)와 ProFile (Dentsply Maillefer, Switzerland)을 사용하여 #30/.06 크기까지 근단부를 확대하였다. 근관 성형 동안 근첨공 개방을 유지하였으며 매번 기구 조작 시에 NaOCl을 이용하여 근관을 충분히 세척하였다. 근관 성형이 완료된 후, EDTA를 사용하여 도말층을 제거하였다. 근관을 건조시킨 후, 열연화수직가압 장비(Duo alpha; B&L Co., Seoul, Korea)를 사용하여 Gutta-percha (GP; Meta Biomed Co., Chungju, Korea)로 근관을 충전하였다. Sealer로는 ADseal (Meta Biomed Co., Korea)을 사용하였다. Apical GP plug는 근관장보다 4mm 짧은 길이를 목표로 충전하였다. Backfilling까지 근관 충전이 완료된 치아는 다시 젖은 거즈에 올리고 밀봉 용기에 넣어 습윤 상태로 보관하였다.

포스트는 근관장보다 5mm 짧은 길이로 식립하기로 하고 모든 시편 치아에 RelyX Fiber Post (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 위한 전용 드릴 (size 2)을 사용하여 포스트 홀을 형성하고 그 길이를 기록하였다.

포스트 합착용 시멘트로는 one step 적용이 가능한 Unicem applicap (3M ESPE, USA)과 상아질 전처치 및 bonding agent 도포가 필요한 Variolink

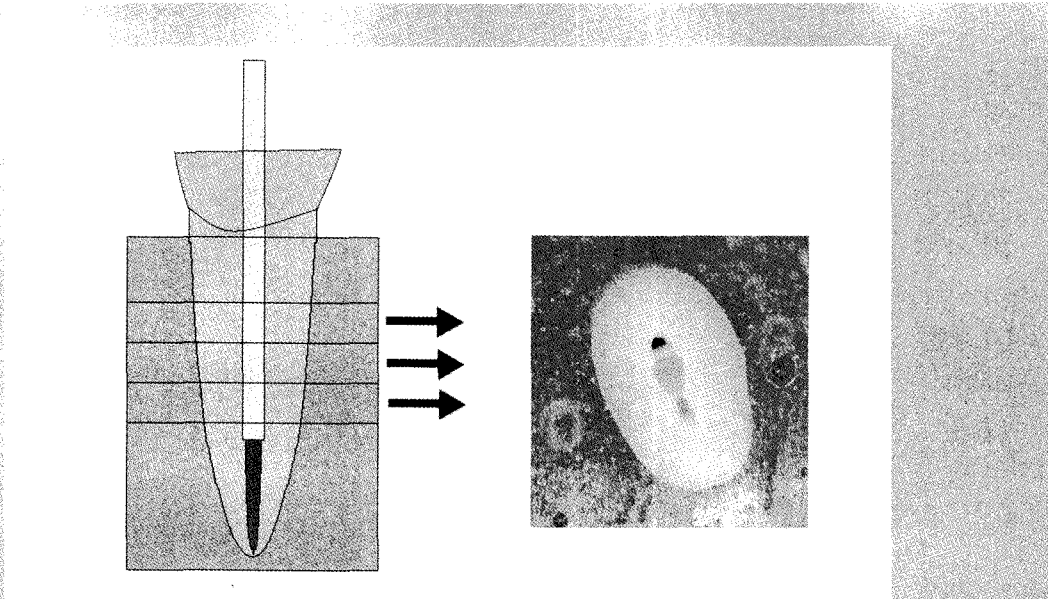


Figure 1. 포스트 합착 절단 시편의 제작 모식도 및 시편 예.

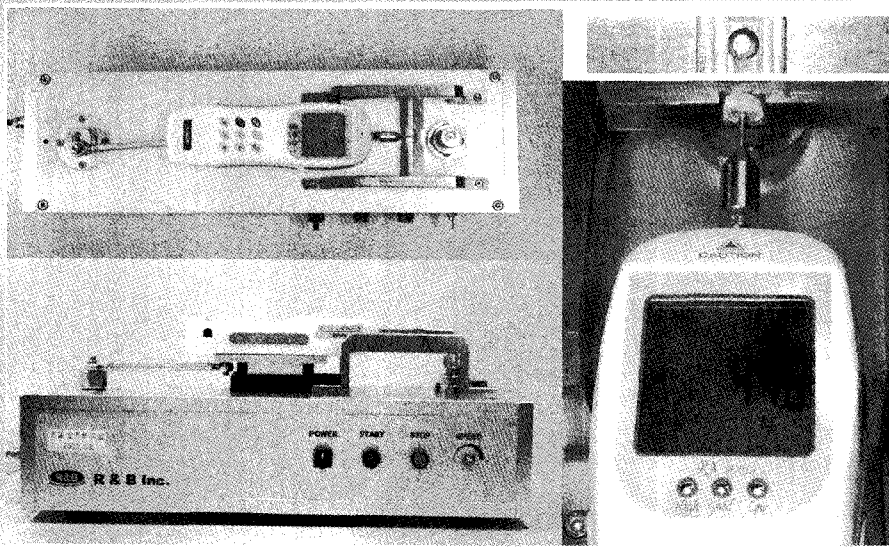


Figure 2. Push-out bond strength 측정 장비.

II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를 사용하였다. 포스트 합착에 사용한 시멘트와 시멘트의 도포 방법에 따라 실험군을 네 가지로 분류하였으며 각 군에 10개씩의 치아 시편을 무작위로 선정하였다.

첫 번째 실험군은 Unicem을 사용하되 포스트를 이용하여 시멘트를 직접 근관 내로 적용한 군이며 포

스트 홀에 일차 적용 후 포스트에 추가로 더 도포하여 위치시켰다. 두 번째 실험군에서는 Unicem을 사용하되 저속 핸드피스에 연결한 lentulo spiral (Dentsply Maillefer, Switzerland)로 시멘트를 포스트 홀에 도포하였다. 이 때 회전 속도를 조절이 가능하도록 최소한으로 하였으며 적용 시간을 3초 이내

Table 1. Length discrepancy (mm) between post hole preparation depth and post seating length

Cement Application method	Unicem		Variolink	
	Direct	lentulo	direct	lentulo
Length discrepancy (mm)	0.45 ± 0.49	0.60 ± 0.56	0.40 ± 0.61	0.85 ± 0.70

로 제한하였다. Variolink를 사용한 두 가지 군에서도 제조사 지시에 따라 상아질 전처치를 하고 접착제를 도포한 다음 시멘트를 포스트를 이용하여 직접 도포하거나 lentulo spiral을 이용하여 포스트 홀에 적용하였다.

시멘트를 적용한 다음, 포스트를 포스트 홀에 위치시킨 후 포스트가 들어간 길이를 측정하여 이미 형성한 포스트 홀 길이와의 차이를 측정하였다. 그 후 모든 치아 시편은 다시 습윤한 상태에 보관하였다.

포스트 식립 일주일 후에 각 치아를 acrylic resin (Tokuso curefast; Tokuyama, Tokyo, Japan)에 포매한 후 경조직절단기 (Accutom-50; Struers, Rødovre, Denmark)를 사용하여 포스트의 근단부 끝 1 mm 지점으로부터 횡절단하여 포스트를 포함한 2 mm 두께의 치아절편을 연속적으로 세 개씩 만들었다(Figure 1). 치아당 세 개의 시편은 cervical, middle 및 apical part로 구분하였다. 각 절단 시편의 치관측 상면을 디지털 카메라를 사용하여 촬영하였다. 촬영한 이미지를 image / photo editing software (Paint.NET v3.5.3, dotPDN LLC)를 이용하여 포스트 단면의 외측변연부가 시멘트와 접촉한 비율을 결정하였다.

각 치아의 포스트 절단 시편은 자체 제작한 만능시험기(R & B, Daejeon, Korea)를 사용하여 push-out bond strength (POBS)를 측정하였다(Figure 2). POBS를 측정하기 위해 포스트의 근접 쪽 면을 1 mm/min의 속도로 밀어 포스트가 시편이 분리될 때 최고값을 기록하고, 이 접착력을 미리 산출한 접착 표면적으로 나누어 단위 면적당 POBS (MPa)를 결정하였다.

통계 프로그램 SPSS 12.0K (SPSS Inc.,

Chicago, IL, USA)을 사용하여 시멘트의 종류, 도포 방법, 시멘트-포스트 접촉률의 세가지 변수들에 대해 Pearson 상관분석을 하였으며, push-out bond strength에 영향을 주는 요소를 회귀분석의 후진법을 통해 검증하였다. 각 그룹간의 POBS 결과 차이를 비교하기 위해 ANOVA 및 scheffe 사후 검증 혹은 비모수 독립 2-표본 검증법 중 Mann-Whitney test로 유의확률 95%에서 검증하였다.

연구 결과

1. 포스트 식립 깊이

각 군에서의 포스트 식립 깊이는 포스트 홀의 형성 깊이보다는 짧았다. Variolink를 lentulo spiral로 적용한 경우가 가장 차이가 컸지만 통계학적으로 유의하지는 않았다($p > 0.05$) (Table 1).

2. 시멘트-포스트 접촉 효율

각 시편에서 시멘트가 포스트 외경과 접촉하는 정도는 Unicem을 lentulo spiral로 적용한 경우에 가장 적었다($p < 0.05$) (Table 2).

3. Push-out bond strength (POBS)

포스트의 결합력(POBS)에 영향을 미치는 인자로 시멘트의 종류, 적용 방법, 시멘트-포스트 접촉률의 세가지 변수의 상관분석 결과, 시멘트의 종류와 적용 방법이 서로 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 포스트 결합력과 시멘트종류간의 상관관계는 상관계수(절대값)가 10.419 |로 유의한 관계에 있었다(p -value=0.0036).

시멘트 종류와 적용 방법을 독립 변수로 POBS를

Table 2. Push-out bond strength (MPa) and post-cement contact area (%)

	Bond strength (MPa) Cement contact area (%)	Unicem		Variolink	
		direct	Lentulo	direct	lentulo
cervical	Bond strength	5.4 ± 1.9	6.6 ± 2.1	4.5 ± 2.0	6.3 ± 2.5
	Cement contact area *	95.0 ± 6.9 A	75.3 ± 20.1 B	96.0 ± 8.4 A	98.6 ± 4.4 A
middle	Bond strength	5.7 ± 2.0	7.5 ± 2.7	4.5 ± 2.3	4.8 ± 2.0
	Cement contact area *	92.5 ± 9.4 A	71.7 ± 14.5 B	92.7 ± 11.9 A	99.5 ± 1.6 A
apical	Bond strength*	6.9 ± 3.0 AB	8.8 ± 2.9 A	4.7 ± 3.2 B	5.0 ± 2.2 B
	Cement contact area *	94.3 ± 9.2 A	67.6 ± 15.2 B	97.8 ± 4.3 A	98.8 ± 2.5 A
Average	Bond strength*	6.0 ± 1.9 AB	7.6 ± 2.1 A	4.6 ± 2.2 B	5.4 ± 1.7 AB
	Cement contact area *	93.9 ± 3.7 A	71.5 ± 10.3 B	95.5 ± 5.1 A	98.9 ± 1.6 A

*: Significant difference between groups horizontally and different alphabets (ABC) indicate significant differences (ANOVA and Scheffe's post hoc; p < 0.05).

종속 변수로 한 회귀분석(후진법) 결과, Unicem을 사용한 경우와 lentulo spiral을 사용한 경우에 결합력이 더 높은 것으로 나타났다(p=0.004). 두 가지 독립 변수 중 시멘트 종류가 더 큰 유의성을 가졌다(p=0.005).

측정된 각 군의 POBS 결과는 Table 2와 같다. 치경부와 중앙부 포스트의 POBS는 구간 차이가 나타나지 않았다. 포스트 근단부측에서는 Unicem을 사용한 경우, 특히 lentulo를 사용하였을 때 결합력이 높게 나타났다. 세 절편 부위의 값을 합하여 평균값으로 비교 평가한 경우, Variolink를 접착제로 사용하였을 때 특히, 시멘트를 직접 포스트에 묻혀 적용한 경우 그 POBS가 가장 작게 나타났다(p < 0.05) (Table 2).

4. Failure mode

각 군의 접착 실패 양상은 모든 실험군에서 상아질과 시멘트 사이에서 더 많이 나타났다(Table 3).

총괄 및 고찰

화이버 포스트는 건전한 상아질과 탄성 계수가 유사하고 교합력을 치근 상아질을 통해 골고루 균등하게 잘 분산시키는 장점이 있어 치근의 파절 저항성을 높이는 장점이 있다³⁻⁵⁾. 포스트 접착 시멘트 중 레진 시멘트는 화이버 포스트의 사용과 함께 그 효용성이 더욱 강조되었고 그 접착효율이 근관치료의 장기적 예후를 더욱 증진시켰다⁴⁻⁶⁾. 특히 치경부에서 ferrule의 부족은 화이버 포스트로 수복한 치아의 예후를 보장하지 못하는 요소가 되고, 이러한 경우 시멘트의 접착력은 예후를 결정하는 더욱 중요한 요소가 될 수 있다¹⁴⁾.

일반적으로 접착력이 없는 합착(luting) 시멘트에 비해 높은 접착력을 갖는 레진 시멘트는 적용 방법에 있어 상아질 접착제의 원리를 이용하므로 다양한 전처치가 필요하거나(etch & rinse) 때로는 전처치를 필요로 하지 않는(self-etch) 특성을 가진 것들이 시판

Table 3. Failure modes observed on the debonded specimens of experimental group (n = 30) after the Push-out test

Cement	Application Method	Adhesive: Post-cement	Mixed	Adhesive: Cement-dentin	Cohesive
Unicem	Direct	7	12	11	0
	Lentulo	3	8	19	0
Variolink	Direct	2	7	21	0
	Lentulo	2	7	21	0

되고 있다⁵⁾. 이러한 특성에 의해 임상가가 포스트 홀에 시멘트를 적용하는 과정이 차이가 나고 그 결과 포스트 합착력에 상당한 차이를 가져올 수 있을 것이다.

Self-etch system과 etch & rinse system의 효율에 대해서는 여러가지 논란이 존재하고 있다^{6,17)}. 몇몇 연구들은 비슷한 결과를 나타내지만⁷⁾, 어떤 연구에서는 etch & rinse system의 우월성을 보고하고 있다^{6,18)}. 이러한 점을 고려하면 포스트의 접착을 위해 치근 상아질에 적용하는 접착제나 합착 과정을 선택하는 것이 임상 예후를 결정하는 주요 요소가 될 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 전처치를 필요로 하는 Variolink와 적용 과정을 단순화한 Unicem applicap을 비교하되 적용 방법에 의한 변수를 고려하기 위해 포스트에 묻혀서 적용하는 방법과 lentulo spiral로 근관 내에 도포하는 방법을 동시에 적용하여 비교하였다.

포스트 홀에 합착 시멘트를 도포하기 위한 방법으로 제조사의 금기에도 불구하고 lentulo spiral을 사용하거나 시멘트를 포스트에 직접 적용하는 방법이 여전히 제시되었으며^{2,13)}, 이러한 방법은 시멘트의 종류에 따라 그 도포 효율이 달라지고 포스트의 접착 효율에도 영향을 미치는 것으로 나타났다^{12~14)}.

본 연구에서도 전처치의 필요성 여부에 따라 사용 편의성이 크게 차이가 나는 두 가지 시멘트를 사용하여 비교한 회귀분석결과, 시멘트 종류가 포스트의 접착력에 상관관계를 갖는 것으로 나타났고 이와 함께 도포 방법도 관련성이 있는 것으로 나타났다. 그렇지만 포스트-시멘트 접촉 정도에 관한 평가에서는 유의한 상관관계를 갖지 않았다. 포스트와 접촉하고 있는 시멘트의 양과도 관련이 있을 수 있다고 추정하였으나, 실험 결과의 통계적 검증에서 유의하게 도포량이 많았던 lentulo spiral을 사용한 경우에 더 부착력이 감소된 것을 알 수 있었다. 이는 레진 시멘트의 특성에 기인하는 것으로 추정된다. 과거 수동 혼화형 레진이나 레진 시멘트의 경우, 레진 베이스나 경화촉진제 등

이 포함된 혼화제의 양이나 혼화 정도, 속도에 따른 접착력 등을 포함한 물성의 차이가 있었지만, 근래 사용되는 레진 시멘트는 대부분 자동 혼화과정을 거치며 그 양이 적절히 조절되도록 고안되어 있다. 따라서 혼화와 관련한 양의 문제는 없으나 자동 혼화 후 lentulo spiral을 사용하면서 추가되는 혼화과정이나 이때 발생하는 미세 온도 상승이 그 경화 속도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

자연치를 사용한 이 실험에서는 균일하지 않은 근관 형태 때문에 시멘트와 상아질벽과의 부착 정도를 명확히 파악할 수 없었다. 그렇지만 이러한 불균일한 근관 형태는 접착 실패 양상과 관련성이 있었을 것으로 추정된다. 접착 실패의 양상을 살펴보면 시멘트의 종류나 방법에 관계없이 모든 실험 군에서 상아질-시멘트 계면의 접착 실패가 우세하게 나타났다. 이는 포스트의 접착력에 있어 그 결과는 시멘트와 상아질과의 결합력에 더 많이 영향을 받는 것으로 해석될 수 있다. 그러나 상아질 표면 처치를 하거나 Variolink 등의 접착제를 사용한 경우가 더 높은 접착력을 가질 것으로 추정되지만 이론적인 접착 시스템의 효과를 완전히 얻지 못한 것으로 추정된다. 본 실험에서는 임상에서 이루어지는 일반적인 과정을 그대로 재연하였으므로, 이러한 실험 결과로 비추어 볼 때 좁은 근관 내에 정확한 접착시스템의 적용이 더 어렵고 아울러 시멘트의 접착 효율도 떨어진 것으로 해석된다.

상아질 접착제는 일반적으로 three step 혹은 multi step bonding system이 접착에 유리하지만 이 포스트 접착력 실험 결과는 그렇지 않았다. 시멘트의 영향보다는 임상적인 적용 방법이나 다른 숨겨진 요소가 더 많이 접착력에 영향을 미쳤을 것으로 추정되는 이유이다. Teixeira 등¹⁹⁾도 광중합 시멘트의 경우 광중합 시간에 따른 차이가 있을 것으로 추정하였으나 이 역시 포스트 접착력에는 차이를 나타내지 않았다. 즉 임상 상황에서는 더 많은 변수가 접착력을 다양화하고, 접착력의 차이를 가도록 할만한 요소들의

효과를 상쇄시키는 것으로 해석하였다. 본 실험에서도 역시 자연치아를 사용하여 임상상황을 재현하기 위해 노력하였는데, 이는 실제 시멘트 도포량에 의한 접착력 차이나 도포 방법에 의한 차이 등에 의해 유의성이 낮아지는 원인이 되었을 것으로 추정된다.

본 연구에서는 근관 위치에 따른 세 개의 시편을 만들어 비교하였다. Ferrari 등¹⁹⁾은 같은 근관이라도 위치에 따라 상아세관의 수나 형태에 따라 상아질 접착이 다양하게 나타났다고 하였다. 이는 근관의 위치에 따라 상아질 세관의 형태나 수가 다른 점에 의한 영향을 보기 위한 Wang 등²⁰⁾의 연구에서도 검증이 되었는데, 이러한 연구와는 달리 POBS를 하나의 시편으로만 측정하였을 때 그 하나의 절단시편에서 나타날 수 있는 실험적 오류를 감소시키기 위한 한 방안으로 도입되었다. 즉 세 개의 절편을 사용함으로써 포스트 전체의 결합력을 더욱 정확하게 대표화하도록 한 것이다.

다양한 접착 시스템이 화이버 포스트의 합착에 사용되는데 그 중 레진 시멘트의 경우 산부식제의 제거나 수분의 조절이 상아질 접착에 많은 영향을 미친다고 하였고²¹⁾, 근관 깊은 부위까지 산부식제가 잘 도달하지

못하고 접착제를 잘 도포하기 어렵다고 하였다^{22,23)}. 이러한 이유로 근관에는 전처치를 필요로 하지 않는 시멘트뿐만이 아니라 포스트 홀에 시멘트를 더 잘 도포하기 위해 전용의 팁이 함께 시판되기 시작했다. D'Arcangelo 등¹³⁾은 특별히 syringe를 이용한 경우의 접착 효율도 평가하였다. 근관에 일부 레진 시멘트는 포스트 공간에 시멘트를 잘 적용할 수 있도록 전용 syringe를 공급하기도 하였다. 시멘트의 종류뿐만이 아니라 적용 방법에 따라 접착력의 차이가 나는 것으로 보아 이러한 전용 기구에 대한 평가도 이루어질 필요가 있다.

결 론

본 실험 조건하에서, 상아질 전처치가 필요없는 Unicem을 이용한 경우에 더 높은 포스트 접착력을 나타냈으며, lentulo spiral을 이용하여 시멘트를 도포한 경우 포스트에 직접 적용한 경우보다 더 높은 접착력을 나타냈다.

참 고 문 헌

- Schwartz RS, Robbins JW, Robbins. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Literature Review. *J Endod* 2004;30:289-301.
- Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A Demographic Analysis of Vertical Root Fractures. *J Endod* 2006;32:1160-3.
- Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont* 2004; 17:476-82.
- Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature—Part I. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int* 2007;38:733-43.
- Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int* 2008;39:117-29.
- Nissan J, Dmitry Y, Assif D. The use of reinforced composite resin cement as compensation for reduced post length. *J Prosthet Dent* 2001;86:304-8.
- Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC. Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of

참고 문헌

- teeth restored with different post systems. *J Endod* 2003;29:125-31.
8. Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 1998;24:703-8.
 9. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *J Dent* 1999;27:265-74.
 10. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000;13:255-60.
 11. Mannocci F, Pilecki P, Bertelli E, Watson TF. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. *Dent Mater* 2004;20:293-6.
 12. Fonseca TS, Alfredo E, Vansan LP, Silva RG, Sousa YT, Saquy PC, Sousa-Neto MD. Retention of radicular posts varying the application technique of the adhesive system and luting agent. *Braz Oral Res* 2006;20: 347-52.
 13. D'Arcangelo C, D'Amaro M, De Angelis F, Zazzeroni S, Vadini M, Caputi S. Effect of Application Technique of Luting Agent on the Retention of Three Types of Fiber-reinforced Post Systems. *J Endod* 2007;33:1378-82.
 14. Mehta SB, Millar BJ. A comparison of the survival of fibre posts cemented with two different composite resin systems. *Br Dent J* 2008;205:E23.
 15. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-35.
 16. Perdigao J, Geraldini S. Bonding characteristics of selfetching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent* 2003;15:32-42.
 17. Senawongse P, Harnirattisai C, Shimada Y, Tagami J. Effective bond strength of current adhesive systems on deciduous and permanent dentin. *Oper Dent* 2004;29:196-202.
 18. Sardella TN, de Castro FL, Sanabe ME, Hebling J. Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *J Dent* 2005;33:355-62.
 19. Teixeira CS, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Bond strength of fiber posts to weakened roots after resin restoration with different light-curing times. *J Endod* 2009;35:1034-9.
 20. Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. *Dent Mater* 2008;24:372-7.
 21. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentine interface. *Am J Dent* 1996;9:43-8.
 22. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003;19:199-205.
 23. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Mathias P, Muench A. Microtensile bond strength of light- and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent* 2005;30:500-6.