

석영 섬유 강화 포스트로 수복된
치아에서 ferrule의 길이가 파절
하중과 파절 양상에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치의학과

김 정 한

석영 섬유 강화 포스트로 수복된
치아에서 ferrule의 길이가 파절
하중과 파절 양상에 미치는 영향

지도교수 김 광 만

이 논문을 박사 학위 논문으로 제출함

2006년 6월 일

연세대학교 대학원

치의학과

김 정 한

김정한의 박사 학위 논문을 인준함

심사위원 김 광 만 인

심사위원 김 경 남 인

심사위원 이 근 우 인

심사위원 노 병 덕 인

심사위원 배 지 명 인

연세대학교 대학원

2006년 6월 일

감사의 글

시간이 빨리 지나간다는 것을 새삼스럽게 느낍니다. 생활이 바쁘다는 변명으로 종종 누구에 대한 생각이나, 감사의 표현을 할 기회가 차츰 줄어들어 가는 것 같습니다. 우리 주위에는 너무나도 감사해야 할 사람들이 많음을 알면서도 그것을 표현할 기회는 찾기 힘들어 지는 것 같습니다. 이번 논문을 마치면서 그 동안 감사하면서도 마음을 전하지 못했던 분들께 마음을 표현하고자 합니다.

부족한 논문이 완성되기까지 가르침을 주시고 아낌없는 지도편달로 이끌어 주신 김광만 교수님께 감사 드리며, 대학원 재학 기간 내내 따뜻한 관심과 조언을 주신 김경남 교수님과 이용근 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 또한 논문이 나오기까지 바쁘신 와중에도 기꺼이 교정 및 심사를 맡아주신 이근우 교수님, 노병덕 교수님, 배지명 교수님께도 감사 드리며, 낯선 환경에서도 대학원 생활을 잘할 수 있도록 도와주신 치과 생체 재료학 교실 여러분들께 고마움을 전합니다.

학문에 대한 의욕을 북돋아 주시고 나아갈 길을 보여주신 윤중호 교수님께 감사 드리며, 진료와 대학원을 병행할 수 있도록 배려해주시고 격려해주신 목동예치과 병원 원장님들께 감사 드립니다. 실험과 논문 작성에 도움을 주신 목동예치과 병원 홍순민 과장님을 비롯한 여러 과장님들과, 기공실 최정현 실장님, 간호실 주민정 팀장님과 윤유정님, 주선향님, 그리고 경영지원실의 장삼권 실장님과 임성훈 과장님께 감사의 말씀을 드립니다.

치과의사로서의 삶의 자세에 대한 가르침을 주신 전영찬 교수님께 감사 드리며, 치과 보철의 모든 지식과 임상을 가르쳐 주신 정창모 교수님께 감사 드립니다.

오늘이 있기까지 언제나 변함없는 사랑으로 저를 여기에 있게 해주신 부모님과 가족들, 부족한 저에게 항상 관용과 사랑 주시는 장모님께 감사 드립니다.

그리고 논문 실험이 진행되는 동안 같이 고생해주었던, 언제나 저의 든든한 후원자인 사랑하는 이은화 선생과 아들 태현이와 기쁨을 함께하고 싶습니다.

2006년 6월

저자 씀

차례

그림 및 표 차례.....	ii
국문 요약.....	iii
I. 서론.....	1
II. 재료 및 방법.....	6
가. 근관 치료.....	8
나. 포스트 코어의 제작 및 접착.....	9
다. Shoulder margin의 형성.....	13
라. 구조관의 제작.....	14
마. 파절 하중 시험.....	15
바. 통계 처리.....	17
III. 결과.....	18
가. 파절 하중.....	18
나. 파절 양상.....	21
IV. 고찰.....	24
V. 결론.....	32
참고 문헌.....	34
영문 요약.....	50

그림 차례

Fig. 1. Diagrammatic representation of experimental groups.....	7
Fig. 2. Dimensions of restored tooth specimens.....	10
Fig. 3. Schematic drawing of loading apparatus.....	16
Fig. 4. Mean fracture loads(kg) of experimental groups.....	19
Fig. 5. Fracture patterns according to the locations and frequencies of fracture lines.....	23

표 차례

Table 1. Test groups in this study.....	7
Table 2. Mean failure loads(kg) of experimental groups.....	19
Table 3. Two-way ANOVA for two main effects: post and cores + cements and ferrule lengths.....	20
Table 4. Significant differences within groups as identified with Tukey HSD test.....	20
Table 5. Significant differences between groups as identified with Tukey HSD test.....	20
Table 6. Number of root fractures according to localization for each group...	22
Table 7. Significant differences in fracture patterns between groups as identified with Fisher exact test.....	22
Table 8. Significant differences in fracture patterns within groups as identified with Fisher exact test.....	22

국문 요약

석영 섬유 강화 포스트로 수복된 치아에서 ferrule의 길이가 파절 하중과 파절 양상에 미치는 영향

본 연구는, 발치한 치아에서 근관 치료 후 석영 섬유 강화 포스트를 이용하여 수복한 경우 ferrule의 길이가 파절 하중과 파절 양상에 미치는 영향을 주조 포스트와 비교 평가하고, 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 합착했을 때의 파절 하중과 파절 양상을 인산 아연 시멘트로 합착한 경우와 비교 평가하고자 하였다.

발치된 하악 소구치 중 우식, 균열, 파절 혹은 수복물이 없는 90개를 임의로 A 군(석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어 + 레진 시멘트), B 군(주조 포스트 코어 + 레진 시멘트), 그리고 C 군(주조 포스트 코어 + 인산 아연 시멘트)으로 나누고, ferrule의 길이(0, 1, 2 mm)에 따라 0, 1, 그리고 2의 하부 군으로 나누었다. 모든 군의 치아의 치관부를 제거하고 근관 치료를 시행한 후, 각 군별로 지정된 포스트 코어와 시멘트로 수복하였다. 군별로 각 하부 군에 0, 1, 그리고 2 mm의 ferrule 길이를 부여하고 주조관으로 수복하였다. 수복된 치아를 치아 장축에 대해 구개 측 130도에서 힘을 가할 수 있도록 고정된 후 만능시험기에서 1 mm/min의 crosshead speed로 파절이 일어날 때까지 압축력을 가하였다.

파절 하중을 two-way ANOVA로 분석하고, Tukey HSD test로 사후 검정하였다($p=0.05$). 파절 양상은 치근의 치관 측 1/3을 기준으로 수복 가능한 파절과 수복 불가능한 파절의 두 가지 그룹으로 분류하고, Fisher exact test를

이용하여 분석하였다.

본 연구를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 근관 치료 후 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어나 주조 포스트 코어로 수복한 치아들은, 그 ferrule의 길이가 같을 때에는 파절 하중에 있어 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

2. 모든 군에서, ferrule의 길이가 2 mm일 때가 그 미만(0 mm, 또는 1 mm)일 때보다 통계학적으로 유의하게 더 높은 파절 하중을 보였으며($p<0.05$), ferrule의 길이가 0 mm일 때와 1 mm일 때는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

3. 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 치아에 접착하였을 때, 인산 아연 시멘트로 합착한 경우와 비교하여 치아의 파절 하중이나 파절 양상에 차이가 없었다($p>0.05$).

4. 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어를 적용한 치아들은 주조 포스트 코어를 적용한 치아들에 비해, 같은 ferrule의 길이에서 대체로 더 양호한 파절 양상을 보였다 ($p<0.1$, 단, A-1 군과 C-1 군은 제외; $p=0.211$).

결론적으로, 파절 하중에 있어서 포스트의 종류보다는 ferrule의 길이가 큰 영향을 미쳤으며, 파절 양상에 있어서는 석영 섬유 강화 포스트가 유리하였다.

핵심 되는 말 : 석영 섬유 강화 포스트, ferrule, 파절 하중, 파절 양상

석영 섬유 강화 포스트로 수복된 치아에서
ferrule의 길이가 파절 하중과 파절 양상에 미치는 영향

<지도교수 : 김 광 만>

연세대학교 대학원 치의학과

김 정 한

I. 서 론

근관 치료는 우식이나 외상에 의해 심하게 손상된 치아를 보존하기 위한 필수적인 치료 중 하나이다. 손상된 치관부는 근관 치료 후 주조관 등의 보철물로 대체되는데, 이때 보철물의 충분한 유지력을 얻기 위해서 근관 내에 포스트를 삽입하는 것이 필요하다(Heydecke 등, 2002; Christensen, 1996; Morgano 등, 1989; Caputo와 Standlee, 1976). 다양한 재질과 형태의 포스트들이 임상에서 사용되어 왔으나, 그 중 주조 포스트 코어가 근관 치료된 치아의 수복을 위한 가장 좋은 방

법으로 많은 지지를 얻어왔다(Sidoli 등, 1997; Loney 등, 1990; Kantor와 Pines, 1977).

근관 치료를 받은 치아를 주조 포스트 코어와 주조관으로 수복할 때 가장 중요한 고려 사항은 ferrule의 길이이다(Sorensen과 Martinoff, 1984). Ferrule은 주조관을 위한 치아 삭제가 이루어진 변연부에서 치관측으로 연장되어 남아있는 치아구조를 의미하며(Sorensen과 Engelman, 1990), 충분한 ferrule의 길이를 얻을 수 없을 경우 치관 연장술이나 교정적 정출 등이 권장된다(Gegauff, 2000; Kocadereli 등, 1998; Smukler와 Chaibi, 1997; Sorensen, 1988). 이상적인 ferrule의 길이에 대해서는 많은 연구들이 있었으며, 적절한 ferrule을 얻기 위해서는 주조관의 변연이 코어를 지나 치질상에 1.5mm에서 2.0mm까지 연장되어야 한다는 보고(Libman과 Nicholas, 1995)와, 2.0mm 이상 연장되어야 한다는 보고(Zhi-Yue와 Yu-Xing, 2003; Morgano와 Brackett, 1999; Assif 등, 1993; Trabert와 Cooney, 1984)가 있었다.

주조 포스트 코어와 주조관을 이용하여 수복할 때 두 번째로 중요한 고려 사항은 시멘트의 선택이다. 최근 시판되고 있는 Duo-Link(Bisco Inc.

Schaumburg, IL, U.S.A), Rely X ARC(3M Dental Products, St Paul, MN, U.S.A) 등의 레진 시멘트는 주조 포스트 코어의 합착을 적응증의 하나로 제시하고 있다(Habib 등, 2005). 인산 아연 시멘트가 실험실 연구와 임상 모두에서 주조 포스트 합착에 우수한 결과를 보이는 상황에서 레진 시멘트를 사용할 필요성에 대해서 의문을 제시하는 견해도 있으나(Young 등, 1985), 주조 포스트 코어를 레진 시멘트와 인산 아연 시멘트로 합착한 실험 결과는 상반되는 다양한 양상을 나타내고 있다(Gomes 등, 2001; Radke 등, 1988).

최근 심미적 요구의 증가와 함께 치아색 수복물에 대한 수요가 늘어나면서 포스트의 선택에도 변화를 불러왔다. 세라믹 제작 기술이 발전하면서 세라믹 전장관의 사용이 더욱 빈번해지고 있으며, 기존의 주조 포스트 코어와는 달리 세라믹 전장관의 심미성을 저해하지 않는 심미적인 포스트의 필요성이 부각되었다(Sorensen과 Mito, 1998). 최근에는 이러한 심미성을 충족시키는 여러 가지 포스트들이 개발되었는데(Butz 등, 2001; Mannoci 등, 1999), 심미적인 포스트로는 유리 섬유 강화 포스트(ParaPost Fiber White, Coltene/Whaledent Inc., Mahwah, NY. U.S.A), 지르코니아 포스트(Cerapost, Brasseler, Lemgo,

Germany), 석영 섬유 강화 포스트(D.T. light-post, Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A) 등이 있다(Akkayan과 Gulmez, 2002).

이들 포스트 중, 석영 섬유 강화 포스트는 피로 강도와 굴곡 강도가 우수하고 (Seefeld 등, 2006; Grandini 등, 2005; Galhano 등, 2005) 상아질과 유사한 탄성 계수를 갖고 있다(Pest 등, 2002; Asmussen 등, 1999). 이러한 물리적인 특성 때문에 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어로 수복된 치아에 하중이 가해져 실패하는 경우, 주조 포스트 코어로 수복된 치아와는 다른 파절 양상을 보인다. 주조 포스트 코어에서는 발치를 필요로 하는 치근 파절이 많이 일어나지만, 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어로 수복된 치아에서는 포스트와 코어에서 파절이 일어나므로 잔존 치아의 보존 가능성이 높아진다고 보고되었다(Akkayan, 2004; Akkayan과 Gulmez, 2002).

하지만, 석영 섬유 강화 포스트의 유연성과 치질에의 접착력이 파절 하중에 미치는 영향에 대해서는 다양한 의견들이 공존한다. Ferrule의 길이가 부족한 경우 석영 섬유 강화 포스트와 같이 “유연한” 포스트를 사용하면, 교합력이 가해질 때 코어가 움직이게 되면서 코어와 잔존 치질 사이에 미세누출이 발생하고 접착의

실패와 잔존 치질의 이차 우식을 일으킨다는 견해(Morgano와 Brackett, 1999; Freeman 등, 1998)가 있는 반면, 석영 섬유 강화 포스트와 같이 치질에 접착이 가능한 포스트를 사용하는 경우 포스트와 코어, 접착 레진 시멘트, 그리고 치아간에 접착이 일어나므로, ferrule의 길이 부족을 접착력으로 보완할 수 있다는 견해도 있다(Aykent 등, 2006; Bell 등, 2005; Mendoza 등, 1997; Saupe 등, 1996).

많은 연구에도 불구하고, 주조 포스트 코어와는 다른 재료적 특성을 갖는 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어에서, ferrule의 길이가 파절 하중에 미치는 영향에 대한 명확한 기준은 존재하지 않으며, 주조 포스트 코어와의 직접적인 비교 실험도 부족한 상태이다. 또한, 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 합착하였을 때 파절 하중의 증감에 대한 연구도 부족한 상태이다.

그러므로 본 연구에서는, 발치한 치아에서 근관 치료 후 석영 섬유 강화 포스트를 이용하여 수복한 경우 ferrule의 길이가 파절 하중에 미치는 영향을 주조 포스트 코어와 비교 평가하고, 파절 양상을 관찰하고자 하였다. 또한, 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 합착했을 때의 파절 하중과 파절 양상을 인산 아연 시멘트로 합착한 경우와 비교 평가하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

발치 후 2주 이내의 치아 중 우식증, 균열, 파절 또는 수복물이 없는, 90개의 단근관 하악 소구치를 선택하였으며, 초음파 치석제거기(Mini Piezon, EMS Piezon Systems, Nyon, Switzerland)를 이용하여 치아 외부의 잔존 물질들을 제거하였다. 치아들은 실험을 하지 않는 동안에는 생리식염수에 보관하였으며 3일마다 생리식염수를 교체하였다. 주수 하에 다이아몬드 포인트(102R, Shofu, Kyoto, Japan)와 고속 핸드피스(Hi-torque 535B-Lux, Yoshida, Tokyo, Japan)를 이용하여, 교합면에 가장 가까운 백악-법랑 경계에서 치관측 1 mm 지점을 기준으로, 치관부를 치아 장축에 수직으로 절단하였다. 치아들을 무작위로 9개의 군으로 나누었다. 9개의 군은 포스트의 종류와 시멘트의 종류에 따라 A 군, B 군 그리고 C 군으로 분류하고, 이들을 다시 ferrule의 길이에 따라 0, 1, 그리고 2의 하부 군으로 나누었다(Table 1, Fig. 1). 잔존 치아의 길이와 절단면의 협설 길이 및 근원심 길이를 전자식 캘리퍼(Absolute digimatic, Mitutoyo Corp, Japan)로 측정하였으며, 90개 치아의 평균치는 치관 길이 14.8 mm, 협설 길이 7.4 mm, 근원심 길이 5.0 mm이었다. 측정된 수치를 one-way analysis of variance(ANOVA)를 이용하여

Table 1. Test groups in this study

Group	Type of post and core + luting agent	Ferrule length
A-0	Quartz fiber post and resin core Resin cement	0 mm
A-1		1 mm
A-2		2 mm
B-0	Cast post and core Resin cement	0 mm
B-1		1 mm
B-2		2 mm
C-0	Cast post and core Zinc phosphate cement	0 mm
C-1		1 mm
C-2		2 mm

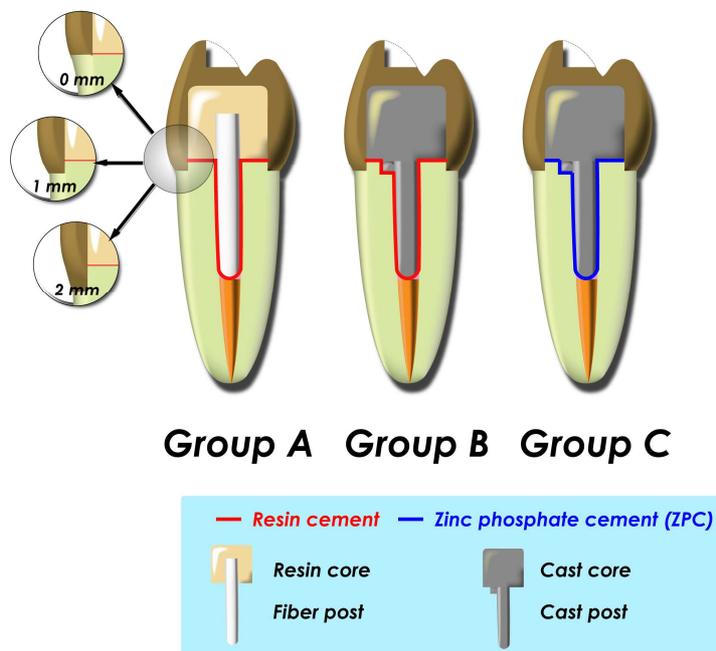


Fig. 1. Diagrammatic representation of experimental groups.

평가하였으며, 측정치의 평가 결과에서 군들간의 통계학적으로 유의한 차이는 발견되지 않았으므로($p>0.05$) 자연치들의 크기 차이에 따른 실험 오차는 없을 것으로 판단하였다.

가. 근관 치료

모든 시편들을 0.06 taper K3 nickel-titanium rotary 기구(Sybron Endo, Orange, CA, U.S.A)를 사용하여 crown-down technique으로 근관을 형성하였으며, ISO size 50/0.06 taper를 master apical file(MAF)로 하였다. 근관 형성 중 간헐적으로 2.5% NaOCl을 이용하여 세척하였으며, 페이퍼 포인트로 완성된 근관을 건조하였다.

모든 근관은 System B(Analytic technology, Redmond, WA, U.S.A)와 Obtura II(Obtura corp., Fenton, MO, U.S.A)를 사용하여 continuous wave warm vertical compaction technique으로 충전하였으며, 충전재로는 0.06 taper master medium-sized non-standardized gutta-percha cone(Autofit, Analytic Endodontics, CA, U.S.A)과 AH-26 sealer(Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany)를 사용하였다.

나. 포스트와 코어의 제작 및 접착

석영 섬유 강화 포스트로는 #3 D.T. light-post(Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A)를 사용하였다. 근관 치료 종료 2주 후, gate glidden bur(Mani, Tochigi, Japan)를 이용하여 gutta-percha를 제거하고, 전용 드릴을 이용하여 근관 내에 8 mm 깊이로 포스트 공간을 형성하였다. 모든 치아에서 동일한 과정을 시행하였다. B, C군의 시편에서는 주조 포스트 코어의 회전 방지를 위하여, 근관 입구 협측에 1 mm x 1 mm x 1 mm의 key way를 추가적으로 형성하였다. #3 D.T. light-post를 포스트의 첨단으로부터 11 mm 되는 지점에 선을 그은 후, 다이아몬드 포인트(102R, Shofu, Kyoto, Japan)를 이용하여 주수 하에 절단하였다. #3 D.T. light-post의 첨단의 폭은 1.2 mm, 첨단에서 8 mm 되는 부분의 폭은 1.6mm, 그리고 절단부의 폭은 1.9 mm였다.

A군의 석영 섬유 강화 포스트는 상아질 접착제(One-step, Bisco Inc. Schaumburg, IL, U.S.A)와 이원중합 레진 시멘트(Duo-Link, Bisco Inc. Schaumburg, IL, U.S.A)를 이용하여 다음과 같은 순서로 근관 내에 접착하였다. 먼저, 근관 내벽을 32% 인산(Uni-etch, Bisco Inc. Schaumburg, IL, U.S.A)으로

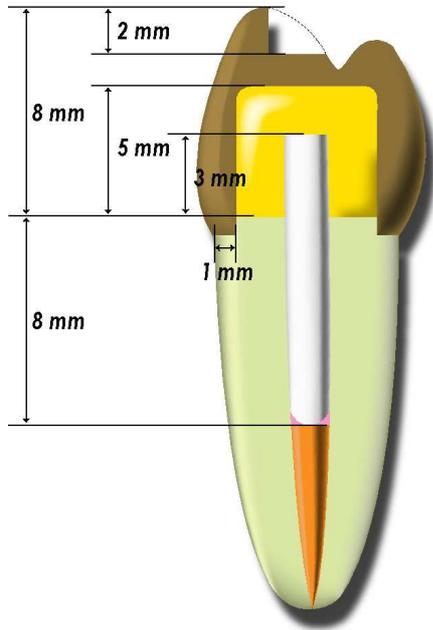


Fig. 2. Dimensions of restored tooth specimens.

15초간 부식하고 수세한 후, 압축 공기로 과량의 수분을 제거하고 페이퍼 포인트를 사용하여 근관 내에 고여있는 수분을 제거하였다. 근관 내에 One-step을 두 겹 도포하고 압축 공기로 10초 동안 부드럽게 건조하였으며, 페이퍼 포인트를 이용하여 잉여분을 제거한 후 광중합기(XL 3000, 3M Dental Products, St Paul, MN, U.S.A)의 팁을 근관 입구에 위치시키고 20초간 광중합하였다. #3 D.T. light-post의 표면에도 One-step을 두 겹 도포하고 압축 공기로 부드럽게 건조시킨 후 광중합 하였다. 이원중합 접착 레진 시멘트를 15초간 혼합하여 주사기(Centrix Inc.,

Shelton, CT, U.S.A)를 이용하여 근관 내에 주입하였으며, 석영 섬유 강화 포스트의 표면에도 레진 시멘트를 도포한 후 근관 내에 위치시키고 과량의 시멘트를 제거하였다. 치관부로 돌출된 포스트 상단에 광중합기의 팁을 위치시킨 후 40초간 광중합하였다.

코어가 위치될 부위의 상아질 역시 32% 인산과 One-step을 이용하여 근관내 벽과 동일한 방법으로 처리한 후, 1개의 시편을 골라 코어용 이원중합 레진(Bis-core, Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A)을 이용하여 코어를 축성하고 40초간 광중합하였다. 주수 하에 다이아몬드 포인트(101, SF101, Shofu, Kyoto, Japan)를 이용하여 코어 상에 지대치 형성을 시행하였으며 코어의 높이를 5 mm로 조정하였다. 이렇게 완성된 코어 상에 0.6 mm 호일(Adapta system, Bego, Bremen, Germany)을 적용하여 매트릭스를 제작하였으며, 매트릭스에 이원중합 레진을 채우고 다른 시편들 위에 위치시킨 후 40초간 광중합 하였다. 모든 레진 코어를 동일한 방식으로 제작하였다.

B와 C 군의 주조 포스트 코어를 제작하기 위해 A군과 동일한 포스트와 매트릭스를 이용하였다. 침단으로부터 11 mm 길이로 절단된 석영 섬유 강화 포스트

를 실리콘 몰드를 이용하여 자가중합 아크릴릭 레진(Pattern Resin, GC Corp, Tokyo, Japan)으로 복제하였다. 복제한 포스트를 근관 내에 8 mm 깊이로 삽입하였으며, 혼합한 자가중합 아크릴릭 레진(Pattern Resin, GC Corp, Tokyo, Japan)을 매트릭스에 채우고 위치시켰다. 중합이 완료된 후 포스트와 코어를 위한 패턴을 치아에서 분리하였다. 주조 포스트 코어를 위한 모든 패턴을 이와 같은 방식으로 제작하였다. 준비된 패턴을 매몰하여 니켈-크롬계 합금(Wiron99, Bego, Bremen, Germany)으로 주조하고, 샌드 블라스터(Sand storm, Vaniman manufacturing corp, Fallbrook, CA, U.S.A)를 이용하여 완성된 포스트에 미세 유리 형태를 부여하였다.

B 군의 시편들에서는 주조 포스트 코어를 A군과 동일한 상아질 접착제와 이원중합 레진 시멘트를 이용하여 근관 내에 합착하였다. 근관 내벽과 코어가 위치될 부분의 상아질을 32% 인산(Uni-Etch, Bisco Inc. Schaumburg, IL, U.S.A)을 이용하여 15초간 부식한 후 수세하고 압축 공기와 페이퍼 포인트로 건조하였다. 근관 내벽과 코어가 위치될 부분의 상아질에 One-step을 두 겹 도포하고 압축 공기로 부드럽게 건조시킨 후, 페이퍼 포인트를 이용하여 과잉 분을 제거하였다.

광중합기(XL 3000, 3M Dental Products, St Paul, MN, U.S.A)의 팁을 근관 입구에 위치시킨 후 20초간 광중합하였다. 주조 포스트 코어 표면에도 One-step을 도포하고 10초간 압축 공기로 부드럽게 건조시킨 후 10초간 광중합하였다. 이원 중합 접착 레진 시멘트를 15초간 혼합하고 주사기(Centrix Inc., Shelton, CT, U.S.A)를 이용하여 근관 내에 적용하였으며, 주조 포스트 코어의 표면에도 레진 시멘트를 도포하여 근관 내에 위치시키고 과량의 시멘트를 제거하였다. 손가락으로 코어를 누른 상태에서, 코어와 치아의 경계 부분에 광중합기의 팁을 위치시킨 후 40초간 광중합하고 완전한 중합을 위해 7분 30초간 유지하였다.

C 군의 시편들에서는 주조 포스트 코어를 인산 아연 시멘트(Flecks, Mizzy, Cherry Hill, NJ, U.S.A)를 사용하여 합착하였다. 인산 아연 시멘트(Flecks, Mizzy, Cherry Hill, NJ, U.S.A)를 제조사의 지시에 따라 차가운 유리판에서 2분간 혼합하였으며, 근관 내벽에 렌틀로 스파이럴(Dentsply Mailliefer, Tulsa, OK, U.S.A)을 이용하여 적용하였다. 주조 포스트 코어에도 얇게 도포하여 근관 내에 위치시키고 8분간 손가락으로 압력을 가한 후 과량의 시멘트를 제거하였다.

다. Shoulder margin의 형성

A-0, B-0, C-0 군들의 시편은 주수 하에 square-end fine grit 다이아몬드 포인트(SF101, Shofu, Kyoto, Japan)를 이용하여 치근 절단면 상에 shoulder margin을 형성하였다. A-1, B-1, C-1 군들의 시편들은 치근 절단면에서 1 mm 하방에 선을 긋고, 주수 하에 regular grit diamond point(101, Shofu, Kyoto, Japan)를 이용하여 균일하게 삭제한 후 square-end fine grit diamond point(SF101, Shofu, Kyoto, Japan)를 이용하여 shoulder margin을 형성하였다. A-2, B-2, C-2 군들의 시편들은 치근 절단면에서 2 mm 하방에 선을 긋고, 동일한 방법으로 shoulder margin을 형성하였다. 완성된 모든 시편들의 코어 부위에 다이 스페이서(Picosep, Renfert, St. Charles, IL, U.S.A)를 한 겹 도포하였다.

라. 주조관의 제작

주조관의 제작을 위해서는 #50 폴리카보네이트 크라운(Dentorama, Svenska, Stockholm, Sweden)을 이용하였다. 가열하여 액화된 왁스(Dipping wax, Bego, Bremen, Germany)를 모델링 팁(Waxlectric II, Renfert, St. Charles, IL, U.S.A)을 이용하여 폴리카보네이트 크라운에 채우고, 치아 장축을 따라 코어 위에 위치시켰

다. 왁스가 냉각된 후 폴리카보네이트 크라운을 제거하였으며, 변연 부위의 왁스를 1 mm 폭으로 제거하고 변연부 재형성(Thowax, Yeti dental, Eugen, Germany)을 시행하였다. 모든 시편들에서 동일한 과정을 시행하였다. 안정적인 하중 전달을 위하여, 협측 교두의 정점에서 구개측 방향으로 깊이 2 mm, 길이 2 mm의 step을 형성하였다(Fig. 2). 설측 교두에 스프루를 부착한 후 매몰하고 니켈-크롬계 합금(Wiron 99, Bego, Bremen, Germany)으로 주조하였다. 완성된 주조관은 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트(Vitremer Luting Cement, 3M Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A)를 이용하여 시편에 합착하였다.

마. 파절 하중 시험

주조관 변연에서 2 mm 아래 치근부에, 치아의 장축에 수직으로 선을 긋고 0.1 mm Adapta foil 두 겹으로 피개하였다. 스티키 왁스(Kerr corp., Romulus, MI, U.S.A)를 이용하여, 시편의 협측 교두의 step 부위가 치아의 장축 방향과 수직이 되도록 밀링 머신(Fedi 18, Marriotti, Italy)의 수직 파트에 고정시켰다. 시편을 고정할 레진 블록의 제작을 위해 지름 30 mm, 길이 40 mm의 원통형 공간을 갖는 금속제 몰드를 제작하였다. 자가중합 아크릴릭 레진(Trayplast NF, Vertex,

Netherland)을 혼합하여 몰드에 채운 후, 수직 파트를 수직으로 움직여 시편이 치근부에 표시된 선까지 레진에 묻히게 한 후 고정하였다. 아크릴릭 레진이 중합된 후 시편을 들어올린 후 호일을 제거하였다. 저점도형 실리콘 인상재(Imprint II, 3M Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A)를 아크릴릭 레진 내부의 공간으로 주입한 후, 수직 파트를 아래로 내려 시편의 치근부를 레진 블록 내에 재위치 시켰다. 인상재의 중합이 끝난 후 과량을 제거하였다.

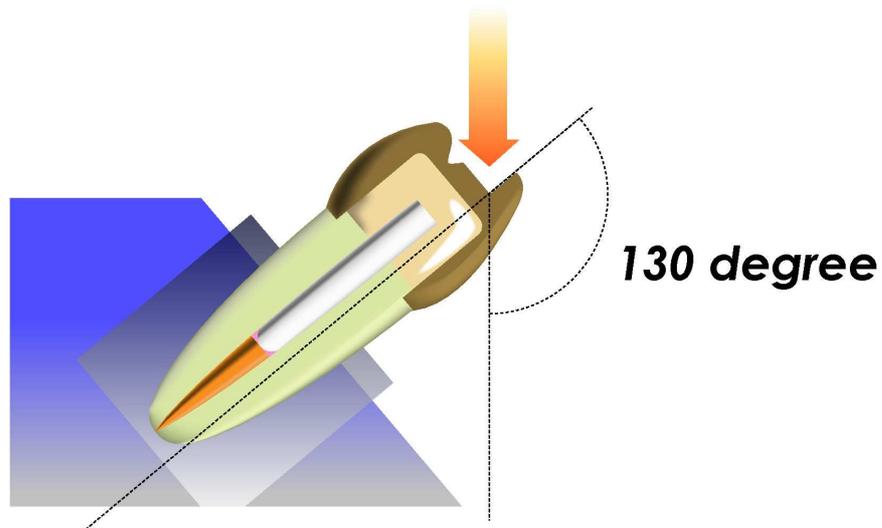


Fig. 3. Schematic drawing of loading apparatus.

완성된 시편을 치아 장축에 대해 구개측에서 130도에서 힘을 가할 수 있도록 (Fig. 3) 고정한 후 만능 시험기(Instron 4301, Instron Ltd, Norwood, MA, U.S.A)

에 위치시켰다. 하중부를 협측 교두의 step에 위치시키고, 파절이 일어날 때까지 1 mm/min 의 cross head speed로 압축력을 가하였다.

바. 통계 처리

얻어진 파절 하중을 2-way analysis of variance(ANOVA)를 이용하여 분석하였고, Tukey HSD test로 사후 검정하였다(SPSS/PC, Version 12.0, SPSS, Chicago, IL, U.S.A). 파절 양상을 기록하였으며, 치근의 치관 측 1/3을 기준으로 재수복 가능한 파절과 재수복 불가능한 파절의 두 가지 그룹으로 분류하였다. Fisher exact test를 이용하여 각 군들의 파절 양상에 있어 차이가 존재하는지를 분석하였다. 모든 비교는 $p=0.05$ 의 신뢰 수준에서 분석하였다.

III. 결 과

가. 파절 하중

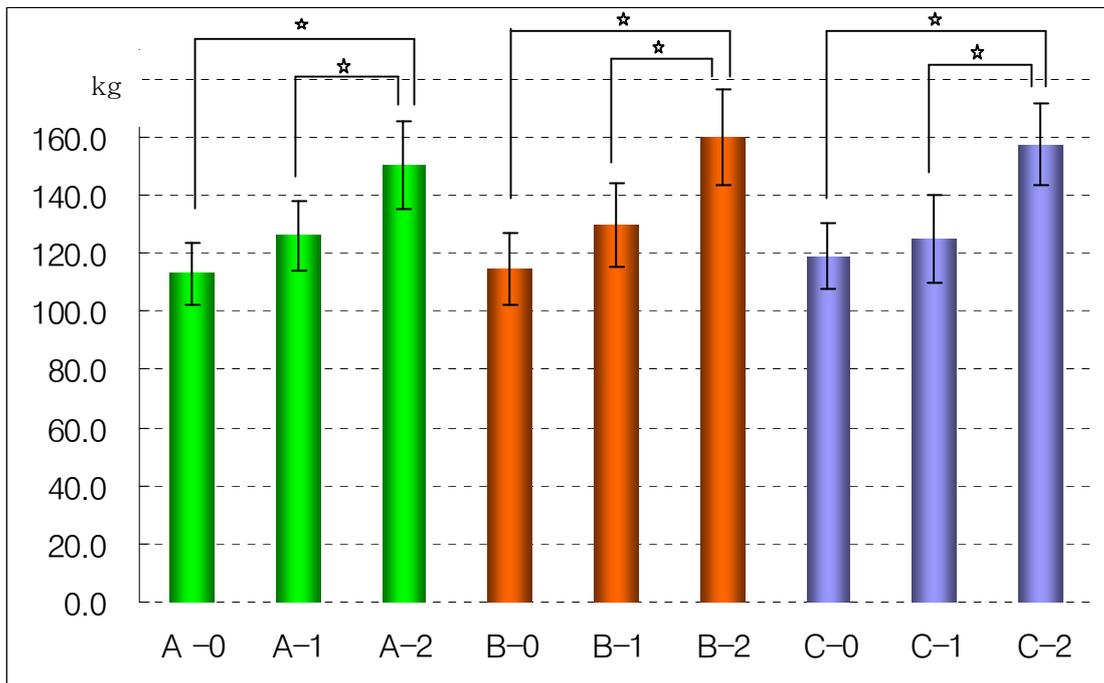
모든 군에서 파절 하중의 평균과 표준편차를 계산하였다(Table 2, Fig. 4). 파절 하중의 평균은 B-2 군에서 159.9 kg으로 가장 높았으며, 그 다음으로 C-2 군의 157.4 kg, A-2 군 150.2 kg 의 순서였다. Two-way ANOVA를 이용하여 포스트와 코어 및 시멘트 종류, 그리고 ferrule의 길이가 수복된 치아의 파절 하중에 미치는 영향을 분석한 결과, ferrule의 길이에 의해서만 파절 하중에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 사용한 포스트와 코어 및 시멘트의 종류는 파절 하중에 통계학적으로 유의한 영향을 미치지 않았다($p > 0.05$). 또한 ferrule의 길이와, 포스트와 코어 및 시멘트 종류와의 상호작용에 의해서도 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

Tukey HSD test를 이용한 사후검정 결과, 세 군 모두에서 ferrule의 길이가 0 mm인 경우와 1 mm인 경우 간에는 수복치의 파절 하중에 있어 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), ferrule의 길이가 2 mm인 경우에는 그 미만(0 mm, 또는 1 mm)인 경우보다 파절 하중이 통계학적으로 유의하게 더 높았

다($p < 0.05$)(Table 4). Ferrule이 동일한 경우, 세 군간의 파절 하중에는 통계학적
 으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 5).

Table 2. Mean failure loads(kg) of experimental groups

	A			B			C		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Mean	113.1	126.2	150.2	114.7	129.4	159.9	119.0	124.8	157.4
SD	10.7	12.0	14.8	12.3	14.4	16.5	11.0	15.2	14.3



★ Significant differences ($p < 0.05$)

Fig. 4. Mean fracture loads(kg) of experimental groups.

Table 3. Two-way ANOVA for two main effects: post and cores+ cements and ferrule lengths

Source	df	Sum of squares	Mean square	F	P value*
Post and core+cement	2	393.250	196.625	1.061	.351
Ferrule	2	25893.002	12946.501	69.837	.000
Post and core+cement x ferrule	4	412.368	103.092	.556	.695
error	81	15015.976	185.382		

* significant differences ($p < 0.05$)

Table 4. Significant differences within groups as identified with Tukey HSD test

	Group A	Group B	Group C
0 mm / 1 mm	$p=0.070$	$p=0.079$	$p=0.615$
0 mm / 2 mm	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
1 mm / 2 mm	$p=0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$

Table 5. Significant differences between groups as identified with Tukey HSD test

	0 mm ferrule	1 mm ferrule	2 mm ferrule
Group A / B	$p=0.948$	$p=0.862$	$p=0.343$
Group A / C	$p=0.487$	$p=0.972$	$p=0.551$
Group B / C	$p=0.677$	$p=0.743$	$p=0.927$

나. 파절 양상

각 군 내에서도와 군 간의 파절 양상의 차이를 관찰하고 분석하였다. 파절 양상은 치근의 치관 측 1/3을 기준으로, 재수복 가능한 파절과 재수복 불가능한 파절의 두 가지 범주로 분류하였다(Table 6, Fig. 5). A 군에서는 치근의 치관 측 1/3 이하에서의 치아 파절이 발생하지 않았다. 각 군간의 파절 양상 빈도 차이를 검정하기 위해 Fisher exact test를 시행한 결과, ferrule의 길이가 1 mm 일 때 A-1 군은 B-1 군보다, 그리고 ferrule의 길이가 0 mm일 때 A-0 군은 C-0 군보다 통계학적으로 유의하게, 유리한 파절 양상을 보였다($p < 0.05$). 또한 각 군당 실험 대상의 수($n=10$)가 적은 것을 고려하여 $p < 0.1$ 인 경우를 유의역으로 설정하면, ferrule이 0 mm일 때 A-0 군은 B-0 군보다, ferrule이 2 mm일 때 A-2 군은 B-2 군 및 C-2 군보다 더 유리한 파절 양상을 나타내었다(Table 7). 한편, 각 군 내에서는 ferrule 길이가 달라지더라도 그 파절 양상의 빈도에 있어 통계학적인 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 8).

Table 6. Number of root fractures according to localization for each group

Fracture	A			B			C		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Favorable*	10	10	10	6	5	6	5	7	6
Catastrophic ⁺	0	0	0	4	5	4	5	3	4

* Fracture located in coronal third of root.

⁺ Fracture located below coronal third of root.

Table 7. Significant differences in fracture patterns between groups as identified with Fisher exact test

Group	0 mm	1 mm	2 mm
A / B	0.087	0.033	0.087
A / C	0.033	0.211	0.087
B / C	1.000	0.650	1.000

Table 8. Significant differences in fracture patterns within groups as identified with Fisher exact test

Ferrule	Group A	Group B	Group C
0 mm / 1 mm	1.000	1.000	0.650
0 mm / 2 mm	1.000	1.000	1.000
1 mm / 2 mm	1.000	1.000	1.000

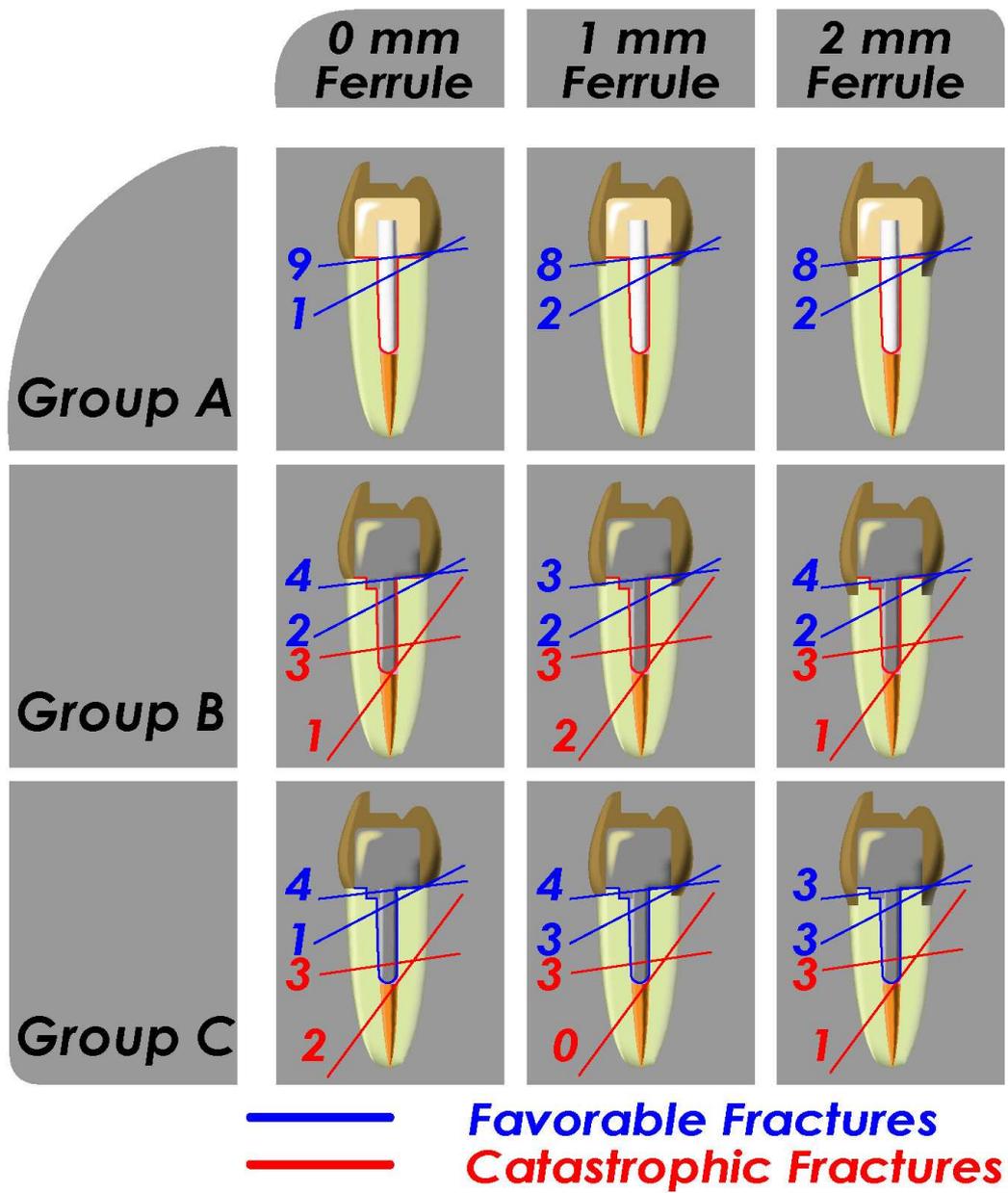


Fig. 5. Fracture aspects according to the locations and frequencies of fracture lines.

IV. 고찰

본 실험에서는 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어에서의 ferrule의 길이에 의한 효과를 주조 포스트 코어와 비교하였다. 이미 정립되어 있는 주조 포스트 코어에서의 ferrule의 길이에 의한 효과가(Morgano와 Brackett, 1999; Libman와 Nicholas, 1995. Assif 등, 1993; Sorensen과 Engelman, 1990; Trabert와 Cooney, 1984), 석영 섬유 강화 포스트에서도 유효한지를 확인하기 위한 것이었다. 또한, 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 합착하는 경우, 접착력에 의한 추가적인 유지 효과로 인해 파절 하중이 증가할 수 있는지를(Habib 등, 2005; Cormier 등, 2001; Mendoza 등, 1997; Saupe 등, 1996) 검증하기 위하여, 주조 포스트 코어를 레진 시멘트와 인산 아연 시멘트, 두 가지 시멘트로 합착하여 비교하였다. 마지막으로, 모든 군에서의 파절 양상을 관찰하고 비교하였다.

주조 포스트 코어와 주조관으로 수복하는 경우 가장 중요한 요소는 ferrule의 길이이다. 본 실험에서는, 수복물에 가장 불리한 0 mm의 ferrule과 일반적으로 권장되는 2 mm의 ferrule, 그리고 중간 값인 1 mm의 ferrule을 부여하였다. 본 실험의 결과는 포스트의 종류에 상관없이 2 mm의 ferrule의 길이를 부여한 경우,

1 mm나 그 이하의 ferrule의 길이를 부여한 경우에 비해 통계학적으로 유의한 차이가 있는 높은 파절 하중을 나타내는 것을 보여주었다($p < 0.05$). 이는, 수복물의 양호한 예후를 위해서는 1.5 mm에서 2 mm의 ferrule의 길이가 필요하다는 기존의 연구 결과와 일치하며, 석영 섬유 강화 포스트에서도 주조 포스트 코어에서의 ferrule의 길이에 의한 효과가 동일하게 나타난 것이다.

Ferrule의 길이가 동일한 경우, 포스트의 종류나 시멘트의 종류에 따른 파절 하중의 차이는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 이는, 석영 섬유 강화 포스트의 유연함이 파절 하중을 감소시키지 않는다거나 석영 섬유 강화 포스트와 근관 내벽 사이의 접착에 의해 파절 하중이 증가되지 않는다는 것을 의미한다기 보다는, 두 가지 효과가 서로 상쇄되어 결과적으로 주조 포스트 코어의 파절 하중과 큰 차이를 보이지는 않았다는 것으로 해석된다.

주조 포스트 코어와 주조관으로 수복하는 경우 또 하나의 중요한 요소는 시멘트의 선택이다. 인산 아연 시멘트가 가장 일반적으로 사용되나 특별한 경우 레진 시멘트가 사용될 수 있다. 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 함착하는 것이 추천되는 경우는 짧은 원추형의 근관이나 극히 불규칙한 근관 형태로 인해 주조

포스트 코어의 유지력에 문제가 있을 수 있다고 판단될 때이다(Habib 등, 2005).
주조 포스트 코어에 레진 시멘트를 사용하는 것에 대한 기존의 연구들은 서로 다른 결과들은 보여준다. 레진 시멘트가 인산 아연 시멘트와 유사한 유지력을 나타낸다는 보고와(Leary 등, 1995), 더 나은 유지력을 나타낸다는 보고(Gomes 등, 2001), 그리고 더 낮은 유지력을 나타낸다는 보고가(Radke 등, 1988) 공존한다.
본 실험에서는 주조 포스트 코어 의 합착에 인산 아연 시멘트와 레진 시멘트를 사용하여 시멘트에 의한 유지력의 변화가 파절 하중에도 영향을 주는지를 보고자 하였다.

레진 시멘트로는 이원중합 레진 시멘트(Duo-Link; Bisco Inc., Schaumburg, IL, U.S.A)를 선택하였다. 자가중합 레진은 근관의 깊은 곳까지 완벽한 중합을 보장하지만 중합 반응을 조절할 수 없어 정확한 조작에 어려움이 있다. 반면, 광중합 레진은 포스트의 정확한 장착을 위한 충분한 시간과 조작성을 제공한다(Yoldas 등, 2005). 하지만, 근관 내로 빛을 전달할 것으로 생각되는 투명한 섬유 강화 포스트를 사용한 경우에서도 근관의 깊이가 깊어질수록 중합된 광중합 레진 시멘트의 강도가 감소한다는 보고가 있다(Perdigao 등, 2006; Yoldas 등, 2005; Roberts 등,

2004; Vichi 등, 2002). 이원중합 레진 시멘트는 자가중합과 광중합의 장점을 모두 갖고 있어 근관 내에 사용하기에 가장 적합하다고 판단된다(Ceballos 등, 2006; Giachetti 등, 2004).

본 실험의 결과, 주조 포스트 코어를 이원중합 레진을 사용하여 근관 내에 접착한 군도 인산 아연 시멘트를 사용한 군과 파절 하중에 있어서 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 접착에 의한 유지력 증가가 없다는 것보다는, 주조 포스트 코어와 치질과의 접착에 의한 유지력 증가가 파절 하중의 증가에는 별다른 기여를 하지 못한다는 것으로 사료된다.

파절 양상은 치근부의 치관 측 1/3을 기준으로 채수복 가능한 파절과 채수복 불가능한 파절로 분류하였다. 석영 섬유 강화 포스트 코어를 사용한 경우, 주조 포스트 코어를 사용한 경우와 비교해서 대체적으로 $p<0.1$ 의 유의역에서 더 양호한 파절 양상을 나타내었다.

A 군에서는 치근의 치관 측 1/3 이하에서의 파절이 일어나지 않았는데, 이는 채수복이 가능한 정도의 비교적 양호한 파절 만이 일어났음을 의미하며, 상아질과 유사한 탄성계수를 갖는 석영 섬유 강화 포스트의 특성으로 인해, 응력이 포스트

와 치근 전체에 골고루 분산된 결과로(Akkayan, 2004; Eskitascioglu 등, 2002; Akkayan과 Gulmez, 2002) 판단된다. B 군과 C 군에서는 치근의 치관 측 1/3 이하에서의 파절이 상대적으로 많이 일어났는데, 이는 재수복이 불가능한 치근 파절이 많이 일어났다는 것을 의미하며, 상아질보다 훨씬 높은 탄성계수를 갖는 주조 포스트 코어의 특성으로 인해, 응력이 포스트의 침단과 만나는 치근부에 집중된 결과로(Pierisnard 등, 2002; Heydecke 등, 2002; Butz 등, 2001; Sirimari 등, 1999) 생각된다.

이러한 파절 하중과 파절 양상을 종합해볼 때, 근관 치료를 받은 치아의 수복 시, 석영 섬유 강화 포스트는 주조 포스트 코어와 동등한 파절 하중을 나타내며, 상대적으로 우수한 파절 양상을 나타낸다고 할 수 있다. 이는, 포스트의 rigidity 보다는 ferrule의 길이와 포스트의 조합이 중요하다는 기존 연구 결과와 일치하는 것이다(Naumann 등, 2006a; Zhi-Yue와 Yu-Xing, 2003). 또한, 근관 치료 받은 치아를 수복하기 위한 포스트는 충분히 강해야 하지만, 치아에 가해지는 기계적인 응력이 클 경우 잔존 치질이 파괴되기 전에 먼저 파괴되는 것이 바람직하다는 포스트의 이상적인 조건을 만족시키는 것으로 생각된다(Martinez-Insua 등, 1998).

하지만, 석영 섬유 강화 포스트 균의 파절 양상이 양호하다 하더라도, 실제 구강 내에서 피로에 의해서 미세누출이 일어나게 되면 오염된 치질에 이차 우식이 발생하여 재 치료가 어려운 상황이 될 수 있다는 점은 간과될 수 없다(Mannocci 등, 2001).

본 실험에서는 시편의 제작을 위해 자연치들을 사용되었다. 모든 치아들에 근관 치료를 시행하였으며, 동일한 크기의 포스트 코어와 주조관을 제작할 수 있도록 matrix를 사용하였다. 자연치에서의 치주 인대의 효과를 재현하기 위해, 표준화된 silicon 층을 제작하였다(Akkayan과 Gulmez, 2002; Guzy와 Nicholls, 1979). 치아의 파절 하중을 측정하는 과정에서는 구개 측 130도의 각도로 하중을 가하였는데, 이는 1급 교합관계에서의 상 하악 전치의 관계를 모방하기 위한 것이었다(Guzy와 Nicholls, 1979). 본 연구에서는 전치 대신 소구치를 사용하였지만, 기존의 연구들과의 비교 검토를 위하여 동일한 각도를 채택하였으며(Hydecke, 2002), 협측 교두의 동일한 위치에 부하를 가할 수 있도록 표준화된 step을 형성하였다.

시판되고 있는 심미적 포스트들 중 석영 섬유 강화 포스트(D.T. light-post, Bisco Inc., Schaumburg, IL)를 실험 재료로 선택하였다. 섬유 강화 포스트의 표면

을 etching(Monticelli 등, 2006), 혹은 airborne-particle abrasion하거나 (Balbosh, Kern, 2006; Bitter 등, 2006; Sahafi 등, 2002), silane으로 처리하면 (Aksornmuang 등, 2004) 더 높은 접착력을 얻을 수 있다는 보고도 있으나, 본 실험에서는 제조사의 지시에 따라 석영 섬유 강화 포스트의 표면에 접착만을 시행하였다. 포스트와 코어, 그리고 상아질 접착제는 화학적인 친화도가 중요하므로 (Sadek 등, 2006; Pest 등, 2002) 실험에서는 모두 동일한 회사의 제품을 사용하였다.

섬유 강화 포스트의 접착과 유연성이라는 특성들로 인해, 섬유 강화 포스트를 이용한 파절 하중 실험들의 결과들은, 주조 포스트 코어와 비교하여 동등하거나 (Cormier 등, 2001; Rosentritt 등, 2000; Freeman 등, 1998), 혹은 우수하거나 (Hayashi, 등, 2006; Goto 등, 2005; Eskitascioglu 등, 2002; Akkayan과 Caniklioglu, 1998, Isidor 등, 1996), 주조 포스트 코어보다 열등한(Martinez-Insua 등, 1998; Sidoli 등, 1997) 다양한 결과를 보여준다. 이는, 근관 내부가 습도 조절이 어렵고 재료와 기구를 위한 접근도가 떨어져, 접착을 하기에 여러 가지로 열악한 환경이고(Pirani 등, 2005; Goracci 등, 2005; Gallo 등, 2002), 접착이

라는 술식이 재료나 술자에 따라 많은 차이가 나타나기 때문이다(Ferrari 등, 2001).

여러 가지 고려에도 불구하고, 몇 가지 요소들로 인해 본 연구의 결과를 직접적으로 임상에 적용하는 데는 한계가 있다. 본 연구에서는 파절이 일어날 때까지 하중을 증가시키는 방법을 사용하였는데, 실제 구강 내에서 일어나는 상황을 모방하기 위해서는 시편에 cyclic loading을 가하여 피로에 대한 반응을 평가하는 것이 바람직할 것이다(Butz 등, 2001). 또한, 석영 섬유 강화 포스트의 특징인 유연성과 접착이 파절 하중에 미치는 영향을 각각 구분해서 평가할 수 있는 실험이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는, 근관 치료 후 석영 섬유 강화 포스트 코어 와 주조 포스트 코어로 수복한 치아들 간의 파절 하중과 파절 양상을 비교하고, 또한 각각의 재료 내에서 ferrule의 길이가 이들에 미치는 영향을 평가하기 위해 시행하였다. 더불어, 주조 포스트 코어를 사용하여 수복한 경우에 한하여, 레진 시멘트를 적용하면 인산 아연 시멘트를 적용했을 때와 어떠한 차이를 보이는지도 평가하였다. 실험군은, 크게 포스트 코어 및 시멘트의 종류에 따라 석영 섬유 강화 포스트 코어와 레진 시멘트를 사용한 군(A 군), 주조 포스트 코어와 레진 시멘트를 사용한 군(B 군), 그리고 주조 포스트 코어와 인산 아연 시멘트를 사용한 군(C 군)으로 분류하였으며, 각 군은 ferrule의 길이에 따라 다시 0, 1, 그리고 2의 하부 군으로 나누었다.

본 연구를 통해, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 근관 치료 후 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어나 주조 포스트 코어로 수복한 치아들은, 그 ferrule의 길이가 같을 때에는 파절 하중에 있어 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).
2. 모든 군에서, ferrule의 길이가 2 mm일 때가 그 미만(0 mm, 또는 1 mm)

일 때보다 통계학적으로 유의하게 더 높은 파절 하중을 보였으며($p < 0.05$), ferrule의 길이가 0 mm일 때와 1 mm일 때는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)

3. 주조 포스트 코어를 레진 시멘트로 치아에 접착 시켰을 때, 인산 아연 시멘트로 함착한 경우와 비교하여 치아의 파절 하중이나 파절 양상에 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

4. 석영 섬유 강화 포스트와 레진 코어를 적용한 치아들은 주조 포스트 코어를 적용한 치아들에 비해, 같은 ferrule의 길이에서 대체로 더 양호한 파절 양상을 보였다 ($p < 0.1$, 단, A-1 군과 C-1 군은 제외; $p = 0.211$).

그러므로, 포스트 코어로 수복된 치아의 파절 하중에 있어서는 포스트의 종류에 상관없이 충분한 ferrule의 길이를 확보하는 것이 중요하며, 파절 양상에 있어서는 상아질과 유사한 탄성계수를 갖는 포스트를 선택하는 것이 중요하다.

결론적으로, 파절 하중은 주조 포스트 코어의 사용 시와 유사하며, 보다 우수한 파절 양상을 나타내는 석영 섬유 강화 포스트를, 충분한 ferrule의 길이를 확보한 상태에서 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Akkayan B: An in vitro study evaluating the effect of ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. *J Prosthet Dent* 92: 155-62, 2004.
2. Akkayan B, Gulmez T: Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 87:431-7, 2002.
3. Akkayan B, Caniklioglu B: Resistance to fracture of crowned teeth restored with different post systems. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 6:13-8, 1998.
4. Aksornmuang 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* 32:443-50, 2004.

5. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T: Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 27:275-8, 1999.
6. Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E: Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent* 69:36-40, 1993.
7. Aykent F, Kalkan M, Yucel MT, Ozyesil AG: Effect of dentin bonding and ferrule preparation on the fracture strength of crowned teeth restored with dowels and amalgam cores. *J Prosthet Dent* 95:297-301, 2006.
8. Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH: Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 11:703-8, 1998.
9. Balbosh A, Kern M: Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent* 95:218-23, 2006.

10. Bell AL, Lassila LVJ, Kangasniemi I, Vallittu PK: Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal. *J Dent* 33:533-9, 2005.
11. Bitter K, Priehn K, Martus P, Kielbassa AM: In vitro evaluation of push-out bond strengths of various luting agents to tooth-colored posts. *J Prosthet Dent* 95:302-10, 2006.
12. Burgess JO, Summitt JB, Robbins JW: The resistance to tensile, compression, and torsional forces provided by four post systems. *J Prosthet Dent* 68:899-903, 1992.
13. Butz F, Lennon AM, Heydecke G, Strub JR: Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems: an in-vitro study. *Int J Prosthodont* 14:58-64, 2001.
14. Caputo AA, Standlee JP: Pins and posts—why, when and how. *Dent Clin North Am* 20:299-311, 1976.

15. Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodriguez J: Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. *Dent Mater* in press, 2006.
16. Christensen GJ: When to use fillers, build-ups or posts and cores. *J Am Dent Assoc* 127:1397-8, 1996.
17. Cormier CJ, Burns DR, Moon P: In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont* 10:26-36, 2001.
18. Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M: Evaluation of two post core systems using two different methods(fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod* 9:629-33, 2002.
19. Ferrari M, Vichi A, Grandini S: Efficacy of different adhesive techniques of bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater* 17:422-9, 2001.

20. Freedman GA: Esthetic post-and-core treatment. *Dent Clin North Am* 45:103-16, 2001.
21. Freeman MA, Nicholls JI, Kydd WL, Harrington GW: Leakage associated with load fatigue-induced preliminary failure of full crowns placed over three different post and core systems. *J Endod* 24:26-32, 1998.
22. Galhano GA, Valandro LF, de Melo RM, Scotti R, Bottino MA: Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J Endod* 3:209-11, 2005.
23. Gallo III JR, Miller T, Xu X, Burgess JO: In vitro evaluation of retention of composite fiber and stainless steel posts. *J Prosthodont* 11:25-9, 2002.
24. Gegauff AG: Effect of crown lengthening and ferule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. *J Prosthet Dent* 84:169-79, 2000.

25. Giachetti L, Russo DS, Bertini F, Giuliani V: Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out test. *J Dent* 32:629-34, 2004.
26. Gomes AP, Kubo CH, Santos RA: The influence of ultrasound on the retention of cast posts cemented with different agents. *Int Endod J* 34:93-9, 2001.
27. Goracci C, Fabinaelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M: The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod* 8:608-12, 2005.
28. Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T: Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *J Prosthet Dent* 93:45-50, 2005.
29. Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M: Fatigue resistance and structural characteristics of fiber post: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater* 21:75-82, 2005.

30. Grandini S, Balleri P, Ferrari M: Scanning electron microscopic investigation of the surface of fiber posts after cutting. *J Endod* 18:610-2, 2002.
31. Guzy GE, Nicholls JJ: In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *J Prosthet Dent* 42:39-44, 1979;
32. Habib B, Fraunhofer JA, Driscoll CF: Comparison of two luting agents used for the retention of cast dowel and cores. *J Prosthodont* 14:164-9, 2005.
33. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S: Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dent Mater* in press, 2006.
34. Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR: Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post and core systems. *J Prosthet Dent* 87:438-45, 2002.

35. Isidor F, Odman P, Brondum K: Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 9: 131-6, 1996.
36. Jacobi R, Shillingburg HT Jr.: Pins, dowels and other retentive devices in posterior teeth. *Dent Clin North Am* 37:367-90, 1993.
37. Kocadereli I, Tasman F, Guner SB: Combined endodontic-orthodontic and prosthodontic treatment of fractured teeth. Case report. *Aust Dent J* 43:28-31, 1998.
38. Leary JM, Holmes DC, Johnson WT: Post and core retention with different cements. *Gen Dent* 43:416-9, 1995.
39. Libman WJ, Nicholls JJ: Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont* 8:155-61, 1995.
40. Loney RW, Kotowicz WE, McDowell GC: Three-dimensional photoelastic stress analysis of the ferrule effect in cast post and cores. *J Prosthet Dent* 63:506-12, 1990.

41. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF: Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. *J Prosthet Dent* 85:284-91, 2001.
42. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF: Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhes Dent* 1:153-8, 1999.
43. Martinez-Insua A, da Silva L, Rilo B, Santana U: Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 80:527-32, 1998.
44. Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R: Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 78:10-4, 1997.

45. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M:
Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core
restorations. *Dent Mater* in press, 2006.
46. Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed
prosthodontics: current knowledge and future needs. *J Prosthet Dent*
82:643-57, 1999.
47. Morgano SM, Garvin PM, Muzynski BL, Malone WF: Diagnosis and
treatment planning. In: Malone WF, Koth DL, Cavazos E Jr, Kaiser DA,
Morgano SM, editors. *Tylman's theory and practice of fixed
prosthodontics*. 8th ed. St. Louis: Medico Dental Media International; p.
3, 1989.
48. Naumann M, Preuss A, Frankenberger R: Reinforcement effect of
adhesively luted fiber reinforced composite versus titanium posts.
Dent Mater in press, 2006a.

49. Naumann M, Preuss A, Rosentritt M: Effect of incomplete crown ferrules on load capacity of endodontically treated maxillary incisors restored with fiber posts, composite build-ups, and all-ceramic crowns: An in vitro evaluation after chewing simulation. *Acta Odontologica Scandinavica* 64:31-6, 2006b.
50. Ng CCH, Dumbrigue HB, Al-bayat MI, Griggs JA, Wakefield CW: Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *J Prosthet dent* 95:290-6, 2006.
51. Patel A, Gutteridge DL. An in vitro investigation of cast post and partial core design. *J Dent* 24:281-7, 1996.
52. Perdigao J, Gomes G, Lee IK: The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater* in press, 2006.

53. Pereira JR, Ornelas F, Conti PCR, Valle AL: Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. *J Prosthet Dent* 95:50-4, 2006.
54. Pest LB, Gavalli G, Bertani P, Gagliani M: Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 18:596-602, 2002.
55. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Braquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: A mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent* 88:442-8,2002
56. Pirani C, Chersoni S, Foschi F, Piana G, Loushine RJ, Tay FR, Prati C: Does hybridization of intraradicular dentin really improve fiber post retention in endodontically treated teeth? *J Endod* 12:891-4, 2005.
57. Radke RA, Barkhordar RA, Podesta RE: Retention of cast endodontic posts: comparison of cementing agents. *J Prosthet Dent* 59:318-20, 1988.

58. Roberts HW, Leonard DL, Vanderwalle KS, Cohen ME, Charlton DG:
The effect of a translucent post on resin composite depth of cure.
Dent Mater 20:617-22, 2004.
59. Rosentritt M, Furer C, Behr M, Lang R, Handel G: Comparison of in
vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores.
J Oral Rehabil 27:595-601, 2000.
60. Sadek FT, Monticelli F, Goracci C, Tay FR, Cardoso PEC, Ferrari M:
Bond strength performance of different resin composites used as core
materials around fiber posts. *Dent Mater* in press, 2006.
61. Sahafi A, Peutzfeldt A, Ravnholt G, Axmussen E, Gotfredsen K:
Resistance to cyclic loading of teeth restored with posts. *Clin Oral
Invest* 9:84-90, 2005.
62. Saupe WA, Gluskin AH, Hacke RA Jr.: A comparative study of fracture
resistance between morphologic dowel and cores and a resin-

- reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. *Quintessence Int* 27:483-91, 1996.
63. Seefeld F, Wenz HJ, Lucwig K, Kern M: Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent Mater* in press, 2006.
64. Sidoli GE, King PA, Setchell DJ: An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 78:5-9, 1997.
65. Sirimari S, Riis DN, Morgano SM: An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 81:262-9, 1999.
66. Smukler H, Chaibi M: Periodontal and dental considerations in clinical crown extension: a rational basis for treatment. *Int J Periodont Restor Dent* 17:464-77, 1997.

67. Sorensen JA, Mito WT: Rationale and clinical technique for esthetic restoration of endodontically treated teeth with the CosmoPost and IPS Empress Post system. *Quintessence Dent Technol* 12:81-90, 1998.
68. Sorensen JA, Engelman MJ: Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 63:529-36, 1990.
69. Sorensen JA: Preservation of tooth structure. *J Calif Dent Assoc* 16: 15-22, 1988.
70. Sorensen JA, Martinoff JT: Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 51:780-4, 1984.
71. Tan PLB, Aquilino SA, Gratton DG, Stanford CM, Tan SC, Johnson WT, Dawson D: In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *J Prosthet Dent* 93:331-6, 2005.

72. Trabert KC, Cooney JP: The endodontically treated tooth. Restorative concepts and techniques. *Dent Clin North Am* 28:923-51, 1984.
73. Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M: An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater* 18:495-502, 2002.
74. Yoldas O, Alacam T: Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. *J Endod* 2:104-6, 2005.
75. Young HM, Shen C, Maryniuk GA: Retention of cast posts relative to cement selection. *Quintessence Int* 5:357-360, 1985.
76. Zhi-Yue L, Yu-Xing Z: Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prostht Dent* 89:368-73, 2003.

Abstract

**The effect of ferrule length on fracture load and fracture pattern of
the teeth restored with quartz–fiber reinforced post**

Jung-Han Kim

Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Kwang-Mahn Kim, DDS, MSD, PhD)

The aim of this study was to compare and evaluate the effect of different ferrule lengths and cements(resin cement, zinc phosphate cement) on fracture loads and patterns of the teeth restored with either quartz–fiber reinforced or cast dowel systems.

90 premolars without caries, crack, fracture, or restoration were selected and randomly distributed into three groups; group A(quartz–fiber reinforced post and resin core + resin cement), group B(cast post and core + resin cement), and group C(cast post and core + zinc phosphate cement), then were divided into 0,1 and 2 subgroups according to ferrule length. After all the crowns were removed and the teeth were endodontically treated, roots were restored with post and core with cement of each group. Specimens were prepared to have 0, 1, and 2 mm ferrule lengths in each group then crowned.

All specimens were loaded at 130 degrees to the long axes in a universal testing machine at a crosshead speed of 1 mm/min until fracture.

Fracture loads were analyzed with two-way ANOVA and Tukey HSD tests($p < 0.05$). Fracture patterns were classified according to the fracture level; either above or below the incisal third of the roots, then analyzed by Fisher exact test($p < 0.05$)

Within the limitations of this study, following results were drawn.

1. There was no significant difference in the mean fracture loads of endodontically treated teeth with same ferrule lengths, regardless of the dowel system and the cement used($p > 0.05$).

2. Endodontically treated teeth with 2 mm ferrule length showed significantly higher mean fracture loads when compared with other ferrule lengths, regardless of the dowel system and the cement used($p < 0.05$).

3. Endodontically treated teeth restored with cast post and core, luted with resin cement showed no significant difference in mean fracture loads and fracture patterns when compared with cast post and core luted with zinc phosphate cement($p > 0.05$).

4. When the ferrule lengths were equal, the teeth treated with quartz-fiber reinforced post and resin core showed relatively better fracture patterns compared with those treated with cast post and core

($p < 0.1$).

In conclusion, although all groups showed similar fracture loads, the use of quartz–fiber reinforced post and resin core is recommended, based on the fact that it showed better fracture pattern when compared with that of cast post and core.

Key Word: quartz–fiber reinforced post, ferrule, fracture load, fracture pattern