Evaluating the effect of ferrule preparation and its length on fracture resistance of maxillary central incisors with cast post-core and PFM crowns

F Neamatollahi* AS Mozaffari Kajidi** M Javaheri***

*Assistant professor of Prosthetics, Dental school, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
**Dentist
***Assistant professor of Restorative DentistryDental school, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Abstract

Background: Endodontically treated teeth are weaker than vital teeth and more prone to fracture. One of the special considerations in their restoration is the application of ferrule preparation.

Objective: Evaluating the effect of ferrule and its length on fracture resistance of maxillary central incisors with cast post-core and PFM (porcelain fused to metal) crowns.

Methods: This was an experimental study in which 30 extracted intact maxillary central incisors with similar dimensions were selected and randomly classified into three groups. Initially, the roots of teeth were treated after crown reduction and later, while considering the simulation of orthodontically crown lengthening, the teeth were fixed in acrylic blocks followed by making cast post and cores and luted with zinc phosphate cement. In first group (control group), ferrule wasn't prepared but in second and the third groups one millimeter and two millimeters ferrule were prepared, respectively. Later, PFM crowns were made for all specimens and luted with Zinc Phosphate cement. Finally, the specimens were loaded under compressive static loading by Zwick testing machine, using a crosshead speed of 2.5 millimeter per minute with an angle of 135 degrees to the long axis from palatal aspect to fracture. The primary failure loads were recorded as fracture resistance in Newton. Data were subjected to Kruskal-Wallis at a significant level of 5.

Findings: The average and standard deviation of fracture resistance in first group (without ferrule) was 581.37±141.12 N, in second group (with one millimeter ferrule) 606.37±114.38 N, and in third group (with two Millimeters ferrule) 569.44±61.69. No significant difference between three groups was found, statistically ($p>0.05$).

Conclusion: Preparing one millimeter ferrule and increasing its length to two millimeters- while orthodontically crown lengthening is required- makes no significant effect on fracture resistance of maxillary central incisors with cast post-core and PFM crowns.

Keywords: Ferrule, Operative Dentistry, Maxilla, Orthodontics

Corresponding Address: Department of Restorative Dentistry, Dental School, Qazvin University of Medical Sciences, Shahid Bahonar Blvd., Qazvin, Iran
Email: m.javaheri45@yahoo.com
Tel: +98 281 3353061
Received: 2009/03/16
Accepted: 2009/06/30

اثر فرول و طول آن بر مقاومت دندان‌های ثنایای میانی فک بالا

دکتر فاطمه نعمت‌اللهی* دکتر علی‌سینا مظفری کجیدی** دکتر مستانه جواهری***

*استادیار گروه پروتز دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
**دانش آموخته دکترای دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
***استادیار گروه ترمیمی دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین

آدرس مکاتبه: قزوین، دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده دندان‌پزشکی، بخش ترمیمی، تلفن ۳۳۵۳۰۶۱ Email: m.javaheri45@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۹

چکیده

زمینه: دندان‌هایی که درمان ریشه شده‌اند، نسبت به دندان‌های زنده استعداد شکستگی بیش‌تری دارند. یکی از ملاحظات ویژه در ترمیم آنها ایجاد فرول است.

هدف: مطالعه به منظور تعیین اثر فرول و طول آن بر مقاومت به شکست دندان‌های ثنایای میانی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی که در سال ۱۳۸۵ در دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد، ۳۰ دندان ثنایای میانی کشیده شده سالم فک بالا که از نظر ابعاد مشابه بودند، انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه قرار داده شدند. پس از قطع تاج، دندان‌ها تحت درمان ریشه قرار گرفتند و با شبیه‌سازی افزایش طول تاج به روش ارتودونتیک، در بلوک‌های آکریلی ثابت و برای همه آنها پست کور ریختگی ساخته و با سمان فسفات روی سمان شدند. در تراش برای روکش در گروه اول(شاهد) فرول ایجاد نشد. در گروه دوم یک میلی‌متر و در گروه سوم دو میلی‌متر فرول تراش داده شد. سپس برای همه نمونه‌ها روکش پرسلن باند شونده با فلز (PFM) ساخته و با سمان فسفات روی سمان شد. نمونه‌ها توسط دستگاه Zwick، از سمت پالاتال با زاویه ۱۳۵ درجه نسبت به محور طولی و با سرعت ۲/۵ میلی‌متر در دقیقه، تا لحظه شکستن تحت نیروی استاتیک فشاری قرار گرفتند. نیروی شکست اولیه به عنوان مقاومت در برابر شکست، برحسب نیوتن ثبت شد. داده‌ها با آزمون آماری کروسکال–والیس تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: میانگین نیروی شکست در گروه بدون فرول ۱۴۱/۱۲±۵۶۹/۴۴، درگروه یک میلی‌متر فرول ۱۱۴/۳۸±۶۰۶/۳۷ و در گروه دو میلی‌متر فرول ۶۱/۶۹±۵۶۹ نیوتن محاسبه شد و بین گروه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری به دست نیامد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد ایجاد یک میلی‌متر فرول و افزایش طول آن به دو میلی‌متر، در شرایطی که افزایش طول تاج به روش ارتودونتیک لازم باشد، بر مقاومت به شکست دندان‌های ثنایای میانی فک بالا با پست و کور ریختگی و روکش PFM تأثیر معنی‌داری نمی‌گذارد.

کلیدواژه‌ها: فرول، دندان‌پزشکی ترمیمی، فک بالا، ارتودنسی

مقدمه:

ترمیم دندان‌هایی که قبلاً ریشه آنها درمان شده است، یکی از مباحث پراهمیت در علم دندان‌پزشکی به شمار می‌آید. ترمیم این نوع دندان‌ها (به دلیل استعداد بیش‌تر در برابر شکستگی) باید علاوه بر جای‌گزینی ساختار از دست رفته، آنها را در برابر شکستن نیز محافظت کند.[۱] به طور معمول یک روکش جهت محافظت از دندان و پست و کور به منظور جای‌گزینی ساختار از دست رفته، تأمین گیر و محافظت از روکش تجویز می‌شود.[۲]

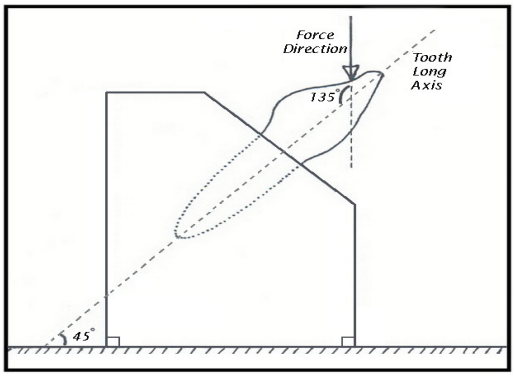
طرح تراش این دندان‌ها برای روکش یکی از ملاحظات با اهمیت به شمار می‌رود. این عقیده وجود دارد که برای تهیه پست و کور، خط تراش روکش باید اپیکالی‌تر از محل اتصال کور به ساختار باقی‌مانده دندان گسترش یابد. این کار با احاطه کردن ریشه یا ایجاد خاصیت فرول، باعث توزیع بهتر تنش تولید شده توسط پست و کور می‌شود و دندانی که تحت درمان ریشه قرار گرفته را در برابر شکستن محافظت می‌کند.[۳] برخی مطالعه‌ها، ایجاد فرول را بدون فایده یا حتی سبب تضعیف ساختار دندان دانسته‌اند.[۴-۶] البته صحت این مسأله همچنان

مورد تردید است. مقدار گسترش اپیکالی خط تراش کراون نسبت به کور یا به عبارتی طول فرول نیز از جمله مسایل حل نشده در مقوله فرول است. برخی افزایش طول فرول را باعث کاهش مقاومت دندان در برابر شکستن دانسته‌اند و برخی برعکس آن را مطرح کرده‌اند.[۷و۸] در همین راستا این مطالعه با هدف تعیین اثر فرول و طول آن را بر مقاومت دندان‌های ثنایای میانی فک بالا،با پست و کور ریختگی و کراون پرسلن باند شونده با فلز (PFM) انجام شد.

* مواد و روش‌ها:

این مطالعه تجربی در سال ۱۳۸۵ در دانشکده دندان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین بر روی ۳۰ دندان سانترال سالم فک بالا با ابعاد مشابه انجام شد. دندان‌ها در نرمال سالین ۰/۹ درصد نگه‌داری و جهت به دست آوردن طول‌های برابر، از محل ۱۴ میلی‌متری آپکس و به صورت عمود بر محور طولی، توسط دیسک کاغذی برش داده شدند.

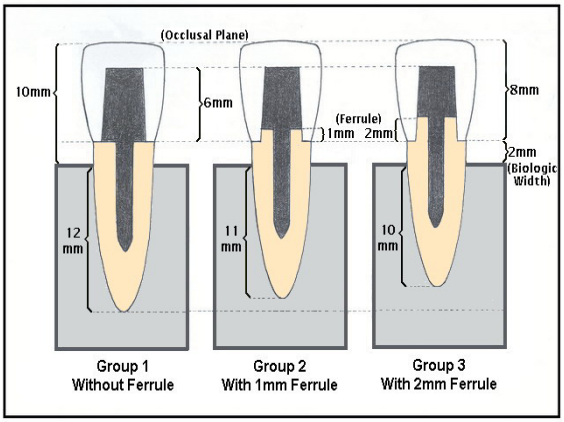
ریشه تمام دندان‌ها با روش یکسان شکل‌دهی و آماده شد. فضای یکسان جهت پست به طول ۱۰ میلی‌متر ایجاد و سپس هر یک از نمونه‌ها داخل بلوک آکریلی قرار داده شدند؛ به طوری که وقتی دندان به طور عمود بر سطح وتری آن قرار گرفت، بازوی عمودی وارد کننده نیرو با محور طولی دندان زاویه دلخواه ۱۳۵ درجه را ایجاد نمود (شکل شماره ۱).



شکل ۱- طرح شماتیک دندان در بلوک اکریلی

جهت شبیه‌سازی لیگامان پریودنتال، لایه نازک و یکنواختی از ماده قالب‌گیری پلی‌اتر (impergum-3M-USA) با برس بر روی ۳/۲ کرونالی سطح ریشه قرار داده شد. به منظور ایجاد گیر و اتصال بهتر با آکریل ۳/۱ رأسی با این ماده پوشانده نشد و توسط فرز فیشور ۰۰۸ (تیزکاوان- ایران) دو شیار به عمق ۰/۵ میلی‌متر در دو سطح مزیال و دیستال آن ایجاد شد.

هر یک از دندان‌ها در امتداد محور طولی توسط موم چسب به میله آنالیزور سرویور متصل شدند و در راستای عمودی در سوراخی که در مرکز وتری بلوک آکریلی تعبیه شده بود، وارد شدند. در نهایت توسط آکریل خود سخت شونده در محل خود ثابت شدند. جهت شبیه‌سازی عرض زیست‌شناختی و نیز افزایش طول تاج به روش ارتودنتیک، دندان‌ها به اندازه‌ای وارد آکریل شدند که خط تراش به اندازه دو میلی‌متر بالاتر از سطح آکریل قرار گرفت. الگوی آکریلی پست و کورها با روش ایده‌آل به وسیله آکریل دو رالی (آریادنت- ایران) ساخته شد. سپس دندان‌ها به طور تصادفی در سه گروه قرار گرفتند و همزمان با تراش الگوها، خط تراش تمام شولدر به عرض یک میلی‌متر و طول فرول متناسب با گروه دور تا دور دندان ایجاد شد: گروه یک به عنوان شاهد بدون فرول، گروه دوم با یک میلی‌متر فرول و گروه سوم با دو میلی‌متر فرول (شکل شماره ۲).



شکل ۲- مقایسه طول فرول و طول ریشه دندان‌ها بین سه گروه با احتساب افزایش طول تاج

تراش سطح محوری با حداقل تقارب و ارتفاع انسیزوژنژیوالی ۶ میلی‌متر انجام شد. بدین ترتیب ارتفاع کور در نمونه‌های گروه اول تا سوم به ترتیب ۶، ۵ و۴ میلی‌متر و طرح تراش در تمامی نمونه‌ها به طور یکسان انجام شد. الگوهای آکریلی حاصله، در شرایط یکسان در آزمایشگاه و با آلیاژ فلزی نیکل-کروم (Vera Bond-bego Bremen- Germany) ریخته و سپس توسط سمان فسفات روی (Richter and Hoffman, Harward Dental. GmbH) سمان شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، اصلاح تراش بر روی کور تمام نمونه‌ها انجام شد و یک پخ شدگی(bevel) ۴۵ درجه دور تا دور خط تراش شولدر ایجاد شد. و نمونه مومی جهت ساخت قالب ریختگی روکش به طور مستقیم بر روی خود نمونه‌ها ساخته شد و در این مرحله، فرورفتگی بالای سینگلوم، در ارتفاع ۶ میلی‌متری نسبت به لبه تراش و ۲ میلی‌متری نسبت به لبه اینسیزال، به منظور سطح اتکای بازوی وارد کننده نیرو تعبیه شد. الگوها از نظر تطابق آزمایش شدند و بعد پرسلن گذاری با استفاده از الگوی سیلیکونی انجام شد. در نهایت روکش‌های PFM آماده شده توسط فسفات روی (Harward) سیمان شدند. در این مرحله هر یک از نمونه‌های آماده شده واقع در بلوک آکریلی، در داخل یک سیلندر از جنس لوله پلیکا به قطر قاعده ۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۲ سانتی‌متر، توسط آکریل خود سخت شونده به گونه‌ای ثابت شد که نقطه اتکای تعبیه شده بر روی سینگلوم، تقریباً در مرکز سیلندر قرار گرفت.

برای وارد کردن نیروی فشار به نمونه‌ها از دستگاه Zwick 1494 استفاده شد.

نیروی منفرد استاتیک با سرعت ۲/۵ میلی‌متر در دقیقه، با زاویه ۱۳۵ درجه نسبت به محور طولی دندان، به نقطه اتکای بالای سینگلوم اعمال شد. از آن جا که زاویه بین محور طولی دندان‌های ثنایای فک بالا و پایین در آکلوژن نوع یک به طور میانگین ۱۳۵ درجه است، این زاویه انتخاب شد. همزمان با انجام آزمون شکست، منحنی اعمال نیرو و شکست هر نمونه بر روی برگه خروجی رایانه مرتبط با دستگاه رسم و مقدار نیروی شکست اولیه، به عنوان مقاومت در برابر شکست نمونه بر حسب نیوتن ثبت شد. داده‌ها با نرم افزار $SPSS_{11}$ ویرایش یازدهم و آزمون‌های آماری کروسکال والیس و آنالیز واریانس تجزیه و تحلیل شدند. p کم‌تر از ۰/۰۵ از لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

❋یافته‌ها:

میانگین ابعاد مزیو دیستال باکولینگوال و طول ریشه در گروه اول، ۱۲/۹۸، ۶/۲۷ و ۶/۴۷ میلی‌متر، در گروه دوم ۶/۴۶، ۶/۳۱ و ۱۳/۱۰ میلی‌متر و در گروه سوم به ترتیب ۶/۴۷، ۶/۲۰ و۱۳/۲۳ میلی‌متر محاسبه شد. این ابعاد تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. میانگین نیرو برای گروه‌های اول تا سوم به ترتیب ۵۸۱/۳۷، ۶۰۶/۳۷ و ۵۶۹/۴۴ نیوتن به دست آمد که تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول شماره ۱).

جدول ۱-میانگین نیروی شکست نمونه‌ها در سه گروه (برحسب نیوتن)

گروه	میانگین	کم‌ترین	بیش‌ترین
شاهد	۵۸۱/۳۷±۱۴۱/۱۲	۳۲۶/۷۸	۸۳۹/۶۸
فرول ۱ میلی‌لیتر	۶۰۶/۳۷±۱۱۴/۳۸	۴۴۷/۳۶	۷۸۰/۸۰
فرول ۱ میلی‌لیتر	۵۶۹/۴۴±۶۱/۶۹	۴۶۵/۹۲	۶۸۴/۸۰

❋بحث و نتیجه گیری:

مطالعه حاضر نشان داد تفاوت معنی‌داری از نظر مقاومت در برابر شکست بین گروه بدون فرول و گروه‌های دارای یک و دو میلی‌متر فرول وجود ندارد. تجان نیز در مطالعه خود تأثیر فرول را با تراش پخ شدگی ۶۰ درجه و کور با حلقه فلزی دور تا دور دندان بررسی نمود و نتیجه گرفت که این نوع فرول ایجاد شده، تأثیری بر مقاومت در برابر شکست دندان ندارد.[۷]

سورن سون و همکاران در سال ۱۹۹۰ فرول را به صورت یک حلقه ۳۶ درجه فلزی از روکش با دیواره‌های

عاجی موازی که در امتداد ناحیه تاجی خط تراش شولدر امتداد یافته است، تعریف نمودند.[۸] این تعریف از سوی اغلب محققین پذیرفته شد و در بیش‌تر مطالعه‌های بعدی از جمله مطالعه حاضر استفاده و استناد شد و با توجه به این که طول مؤثر فرول در تراش شولدر بیش‌ترین میزان خود را داراست، لذا در این مطالعه خط تراش، شولدر- بول انتخاب شد.[۹] از سوی دیگر این نوع خط تراش علاوه بر دقت با سهولت بیش‌تری قابل اندازه‌گیری است. تراش بول از نظر ایجاد خاصیت فرول تأثیری ندارد و تنها به منظور تطابق بهتر لبه کراون با دندان تراش خورده انجام شد.[۷و۸و۱۰]

نتایج به دست آمده در این مطالعه، از نظر عدم تأثیر معنی‌دار ایجاد فرول بر روی مقاومت در برابر شکست دندان، با نتایج تحقیق سوپ و همکاران و آل حزیمه و همکاران در توافق است. این دو مطالعه علت عدم تأثیر فرول را تقویت ناشی از اتصال باندینگ رزین با دندان می‌دانند که اثر تقویتی حاصل از ایجاد فرول را پوشانده است.[۵و۱۱] صحت این فرضیه توسط مزومو و همکاران نیز مورد تأیید قرار گرفت.[۱۲]

نتایج این مطالعه با نتایج سایر مطالعه‌ها که در آنها ایجاد فرول سبب افزایش معنی‌دار در میزان مقاومت در برابر شکست دندان‌ها شده است، همخوانی ندارد.[۱۳-۱۵]

در بسیاری از موارد اپیکالی‌تر بودن خط تراش به منظور ایجاد فرول، سبب تجاوز به عرض زیست‌شناختی می‌شود در این موارد باید با افزایش طول تاج بالینی از طریق جراحی یا بیرون آوردن ارتودنتیک دندان، ساختار تاجی کافی را فراهم کرد. در هیچ یک از مطالعه‌های یاد شده، افزایش طول تاج مدنظر قرار نگرفته و نسبت طول تاج به طول ریشه در نمونه‌های تمام گروه‌ها یکسان بوده است.[۱۵] در حالی که در مطالعه حاضر به دلیل شبیه‌سازی افزایش طول تاج به روش ارتودونیک، طول ریشه (مقداری از ریشه که داخل استخوان آلوئول قرار می‌گیرد) از گروه اول به گروه سوم کاهش یافته و به تبع آن نسبت طول تاج به ریشه افزایش پیدا کرده است. این افزایش هرچند ناچیز به نظر می‌رسد، ولی با حالت اهرمی بیش‌تر می‌تواند در خنثی‌کردن اثر تقویتی فرول و در نتیجه عدم افزایش معنی‌دار مقاومت در برابر شکست نمونه‌ها نقش مهمی داشته باشد.

از لحاظ تأثیر طول فرول در میزان مقاومت در برابر شکست، در این مطالعه با ایجاد یک میلی‌متر فرول تفاوت معنی‌داری از لحاظ مقاومت در برابر شکست ایجاد نشد. در مطالعه‌ای مشابه نیز با افزایش طول فرول به دو میلی‌متر، تفاوت معنی‌داری در مقاومت در برابر شکست دندان‌ها مشاهده نشد.[۱۶] در حالی که در برخی مطالعه‌ها، دو میلی‌متر فرول سبب کاهش معنی‌دار مقاومت در برابر شکست دندان‌ها شده است.[۴] این اختلاف احتمالاً ناشی از تفاوت در روش شبیه‌سازی افزایش طول تاج است. در مطالعه‌های ذکر شده افزایش طول تاج به روش جراحی مدنظر بوده، در حالی که در مطالعه حاضر روش ارتودونتیک مورد توجه قرار گرفته است. علت این انتخاب، سرعت بیش‌تر آن در حصول نتیجه است. اگرچه روش جراحی رواج بیش‌تری دارد، ولی به نظر می‌رسد بررسی تأثیر این روش در کنار اثر فرول ضروری است. از طرفی انجام روش ارتودنتیک در نواحی قدامی فکین نتیجه بهتری از نظر زیبایی دارد و لذا در اولویت است.[۱۰] نکته مهم دیگر درصد بیش‌تر نسبت طول تاج به ریشه، در روش جراحی در مقایسه با روش ارتودونتیک است که می‌تواند باعث اختلاف نتایج مطالعه حاضر با سایر مطالعه‌ها شود.[۴و۱۶]

نتایج مطالعه‌های آگاتجان، لیبمکس و ایزدور مبنی بر تأثیر افزایش طول فرول در افزایش مقاومت در برابر شکست دندان با نتایج مطالعه حاضر تناقض داشت.[۱۷] علت این اختلاف را شاید بتوان به عدم شبیه‌سازی افزایش طول تاج و همچنین استفاده از پست‌های پیش ساخته و کور رزینی در آن مطالعه‌ها نسبت داد.

ایجاد فرول با برداشت قسمتی از ساختار سالم دندان همراه است و سبب اپیکالی‌تر قرار گرفتن لبه تراش می‌شود. همچنین با توجه به تقارب کانتور دندان به

سمت اپیکال، سطح مقطع کوچک‌تری از ساختار دندان در معرض تنش وارد شده در محل لبه کراون قرار می‌گیرد که این خود می‌تواند سبب تضعیف بیش‌تر دندان در برابر نیروهای وارده شود.[۴] در بیش‌تر موارد برای ایجاد فرول به افزایش طول تاج نیاز است. این امر باعث افزایش نامطلوب نسبت طول تاج به ریشه و در نتیجه تشدید حالت اهرمی و افزایش خطر شکستن یا از دست رفتن دندان می‌شود. از طرف دیگر تقریباً پذیرفته شده که خاصیت فرول می‌تواند سبب بهبود مقاومت در برابر نیروهای دینامیک اکلوزالی، حفظ یکپارچگی مهر و موم روکش، کاهش توانایی تمرکز تنش در محل اتصال کوروپست و در نتیجه افزایش شکل مقاوم (resistance form) ترمیم شود. با این تفاسیر تأثیر ایجاد فرول باید به اندازه‌ای باشد که علاوه بر جبران تضعیف ناخواسته، بتواند ساختار باقی مانده دندان را در برابر شکستن در مقایسه با حالت بدون فرول، مقاوم‌تر کند. به هر حال جهت رفع ابهام و روشن‌شدن زوایای تاریک مسأله که ممکن است از دید محققین پنهان مانده باشد، به تحقیق‌های گسترده‌تری نیاز است.

با توجه به محدودیت‌های موجود در این مطالعه می‌توان گفت که ایجاد فرول به عرض ۱ و ۲ میلی‌متر در مقاومت بر شکست دندان‌های مرکزی تحت درمان ریشه شده تأثیری ندارد.

*سپاس‌گزاری:

از شورای پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین در تأمین هزینه‌های این پایان‌نامه دانشجویی تشکر و قدردانی می‌شود.

*مراجع:

1. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 8th ed. St. Louis: Mosby Inc; 2002. 765-95

2. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1994 Jun; 71(6): 565-7

3. Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effect of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. J Prosthet Dent 2003 Apr; 89(4): 368-73

4. Gegauff AG. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. J Prosthet Dent 2000 Aug; 84(2): 169-79

5. Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA Jr. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. Quintessence Int 1996 Jul; 27(7): 483-91

6. Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. Int Endod J 2002 Jul; 35(7): 575-81

7. Tjan AH, Whang SB. Resistance to root fracture of dowel channels with various thickness of buccal dentin walls. J Prosthet Dent 1985 Apr; 53(4): 496-500

8. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1990 May; 63(5): 529-36

9. Nicholls JI. The dental ferrule and endodontically compromised tooth. Quintessence Int 2001 Feb; 32(2): 171-3

10. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, et al. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3rd ed. Chicago: Quintessence Pub. Co; 1997. 119-37, 181-207

11. Al Hazaimeh N, Gutteridge DL. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. Int Endod J 2001 Jan; 34(1): 40-6

12. Mezzomo E, Massa F, Libera SD. Fracture resistance of teeth restored with two different post-and-core designs cemented with two different cements: an in vitro study. Part I. Quintessence Int 2003 Apr; 34 (4): 301-6
13. Barkhordar RA, Radke R, Abbasi J. Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. J Prosthet Dent 1989 Jun; 61(6): 676-8
14. Milot P, Stein RS. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. J Prosthet Dent 1992 Sep68 (3): 428-35
15. Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG, et al. Invitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. J Prosthet Dent 2005 Apr; 93(4): 331-6
16. Gerami panah F, Benaz H, Chah kootahi F. The effect of increase ferrule length on compressive strength of post and core treated teeth. Thesis of dentistry faculty, Tehran University of Medical Sciences, 2000-2001. [In Persian]
17. 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 2004 Aug; 92(2): 155-62