

بررسی استحکام شکست دندان های پست کراون شده با و بدون فرول

دکتر رضا گوهریان*، دکتر نفیسه اسدزاده عقدایی**

* استاد گروه پروتزهای دندانی دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
** استادیار گروه پروتزهای دندانی دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
تاریخ ارائه مقاله: ۸۴/۸/۱ - تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۲/۵

Title: Evaluation of the fracture strength of the post – crowned teeth with and without ferrule

Authors:

Goharian R. Professor*, Asadzadeh Aghdaee N. Assistant Professor*#

Address:

* Dept of Porosthodontics, School of Dentistry and Dental Research Center of Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Introduction:

Various factors affect the distribution of stress and fracture resistance of restored teeth by post and core. One of the major causes is the remaining body of the teeth, (ferrule) which was embraced by crown. The purpose of this study was to asses the effect of developing the ferrule via a crown lengthening procedure, on the fracture strength of endodontically treated teeth.

Materials & Methods:

24 recently extracted second premolar of mandible were selected in this descriptive study and their crowns were cut so far that no more than 15 mm of the root remained. Then they were divided randomly into two groups of 12 and their canals were undergone root canal therapy. In the first group, a post-core and full metal crowns were made without ferrule, while in the second group with changing in the optimum ratio of the crown/root height, 2mm ferrule was disigned and then the cast post- core and full-metal crowns were made. Finally, in both groups, a compressive load with 1 mm per minute speed and an angle to 150 on the long axis of the tooth was applied. The force was exerted in mesial marginal ridge, in 7 teeth and on the buccal cusp edge in the other 5 teeth to induce fracture. Statistical analysis of the data was performed with student t-test, chi-square and two-way ANOVA analyses.

Results:

1. There was a significant difference between the mean of fracture load in the ferrule and non-ferrule groups ($P < 0.001$).
2. No significant difference in the mean fracture load was observed when the load was applied in the buccal-cusp edge instead of mesial marginal ridge.

Conclusion:

By adding a 2 mm cervical ferrule on top of the finishing line of mandibular premolars restored by cast post-core and crown, we can increase the fracture resistance of these teeth.

Key words:

Post crown, fracture strength, ferrule effect.

Corresponding Author: 13279@irimc.org

Journal of Dentistry. Mashhad University of Medical Sciences, 2006; 30: 117-124.

چکیده

مقدمه:

عوامل متعددی بر توزیع تنش و استحکام شکست دندان های بازسازی شده با پست و کور تأثیر دارد. یکی از مهم ترین این عوامل میزان نسج باقی مانده دندان بالای مارجین تراش می باشد. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر ایجاد فرول از طریق افزایش طول تاج کلینیکی بر روی استحکام شکست دندانهای معالجه ریشه شده می باشد.

مواد و روش ها:

در این مطالعه تجربی - آزمایشگاهی برای اجرای طرح، ۲۴ دندان پره مولر دوم پایین انتخاب شدند و تاج تمام آنها به اندازه ای قطع شد تا میزان ریشه باقیمانده ۱۵ میلی متر باشد. سپس به صورت تصادفی به دو گروه ۱۲ تایی تقسیم و درمان ریشه شدند.

در گروه اول، برای دندانها بدون ایجاد فرول، پست و کور و کراون تمام فلزی ساخته شد. در گروه دوم با بر هم زدن نسبت مطلوب تاج به ریشه به اندازه ۲ میلیمتر فرول طراحی شد و سپس پست و کور و کراون فول متال ساخته شد. در نهایت در هر گروه، بر روی ۷ دندان نیروی فشاری با سرعت ۱ میلیمتر در دقیقه و با زاویه ۱۵۰ درجه نسبت به محور طولی دندان در مارچینال ریج مزیال و بر روی ۵ دندان دیگر نیروی فشاری با همان ضربه و زاویه، در نوک کاسپ باکال اعمال شد تا زمانی که دندانها دچار شکست شدند. سپس برای تحلیل داده ها، از آزمون های T-student، و آزمون کی دو و آنالیز واریانس دوعاملی استفاده شد.

یافته‌ها:

۱- اختلاف آماری معنی داری در میانگین نیروی شکست بین گروه‌های فرول دار و بدون فرول وجود دارد ($P < 0.001$).
۲- اختلاف آماری معنی داری در میانگین نیروی شکست موقعی که نیرو از نوک کاسپ باکال و مارچینال ریج مزیال اعمال می‌شود، وجود نداشت.

نتیجه‌گیری:

با قرار دادن ۲ میلی‌متر فرول عاجی در بالای مارچین تراش دندان‌های پره مولر دوم پایین و بازسازی با پست و کور ریختگی، علی‌رغم از بین رفتن نسبت مطلوب طول تاج به ریشه کلینیکی، می‌توان استحکام شکست این دندان‌ها را به میزان قابل توجهی بالا برد.

واژه‌های کلیدی:

پست کراون، استحکام شکست، Ferrule effect.

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد / سال ۱۳۸۵ جلد ۳۰ / شماره ۱ و ۲

مقدمه:

مراکز آموزشی کاربرد دارد، استفاده از پست و کور ریختگی می‌باشد.

از دست رفتن وسیع ساختمان دندان بدلیل پوسیدگی، شکستگی و ترمیم‌های قبلی مشخصاً دندان باقیمانده را ضعیف ساخته و استفاده از داول‌ها، کورها و روکش‌ها را ضروری می‌گرداند^(۱).

فرول، باندی از نسج دندان است که دور دندان باقی مانده است و جهت افزایش مقاومت تاج دندان بکار می‌رود. توصیه می‌شود که در همه دندان‌ها در قسمتی از تاج، فرول قرار داده شود تا باعث افزایش استحکام شکست دندان‌های اندوشده گردد و روکش باید این دیواره عمودی از نسج سالم دندان را در بالای مارژین تراش دربرگیرد و نباید در مواد ترمیمی ختم شود.

بحث‌ها و نظرات گوناگونی در مورد نحوه بازسازی دندان‌های معالجه ریشه شده به ویژه دندان‌هایی که ساختمان تاجی آنها به شدت تخریب شده وجود دارد. بیماران و دندانپزشکان همواره برای ترمیم چنین دندان‌هایی بدنبال روش‌هایی بوده‌اند که ترمیم، دوام و بقای بیشتری در دهان داشته و از هزینه‌های گزاف و مراحل پیچیده مستثنی باشد.

برای حفظ و نگهداری این دندان‌ها روش‌های متعددی در کتب و مقالات معرفی شده است، که از آن جمله می‌توان به پست کور ریختگی، پست‌های پیش ساخته و بازسازی تاجی با کمک مواد ترمیمی مانند آمالگام و غیره اشاره نمود. پست‌های پیش ساخته برای تمامی دندان‌ها قابل تجویز نیستند و روشی که بیشتر مورد استفاده همگان بوده و در

دندان ندارد. البته در این مطالعه نسبت طول تاج به ریشه به طور مطلوب بود و این نسبت به هم نخورده بود^(۳).

قرار دادن و طراحی ۲ میلی متر فرول عاجی تأثیر زیادی در افزایش مقاومت شکستگی دندان های سانترال اندو و پست و کور شده دارد. این موضوع را Zhi و همکارانش در ۲۰۰۳ مطرح کردند^(۴).

تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۰ میلادی در دانشگاه Ohio انجام شد اثر افزایش طول تاج در ایجاد فرول را بر روی استحکام شکست دندان های به شدت تخریب شده پره مولر دوم پائین و پست کراون شده بررسی نمودند. نتیجه به دست آمده از این تحقیق این بود که جراحی لثه برای اپیکالی قرار دادن ختم مارژین تراش و ایجاد ۲ میلی متر فرول که باعث بهم خوردن نسبت تاج به ریشه می شود مقاومت شکست آنها را در برابر نیروهای مخرب نسبت به دندان هایی که نسبت تاج به ریشه مطلوبی دارند و فرول ندارند کاهش می دهد^(۵).

هدف اصلی این تحقیق این است که آیا افزایش طول تاج آناتومیک برای ایجاد فرول با استفاده از پائین بردن ختم تراش توسط Crown lengthening تأثیر مهمی بر روی افزایش استحکام شکست دندان هایی که تاج پوسیده دارند و درمان ریشه شده اند دارد یا خیر؟ و آیا این افزایش استحکام به اندازه ای هست که ما نسبت طول تاج به ریشه مطلوب (۲/۳-۱/۱) را برای ایجاد فرول به هم بزنیم؟

مواد و روش ها:

جهت انجام این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی تعداد ۲۴ عدد دندان پره مولر دوم فک پائین که به تازگی

روکش نهایی با استحکام بخشیدن به کاسپ های باقی مانده و ساختمان دندانی تراش خورده و دربرگیری فرول، ایمنی بیشتری را فراهم می آورد. تأثیر فرول بیشتر از دیواره ها و لبه روکش که ۲ میلیمتر لثه ای دیواره آگزیمال دندان تراش خورده بالای لبه روکش را دربرمی گیرد، مشخص می شود. فرولی که بخوبی ایجاد شده باشد مشخصاً شیوع شکستگی در دندان های غیرزنده را کاهش می دهد و با افزایش طول فرول مقاومت به شکستگی افزایش می یابد^(۱).

دندانی که ساختمان باقی مانده آن ناکافی باشد باید از طریق جراحی افزایش طول تاج (Crown lengthening) و یا خارج کردن به روش ارتودنتیک (Orthodontic extrusion) به منظور بدست آوردن دسترسی بیشتر به سطح ریشه و تامین فرول مورد ارزیابی قرار گیرد.

این مطلب توسط Wilson و همکاران در سال ۲۰۰۲ میلادی مطرح شد. به عقیده آن ها Ferrule effect باعث افزایش مقاومت دندان در مقابل شکست می گردد. با وجود این که بکارگیری فرول می تواند به نحو چشمگیری مطلوب باشد ولی نمی تواند تأمین کننده نسبت تاج/ریشه باشد^(۲).

در مطالعه دیگری که در سال ۱۹۹۰ میلادی توسط Sorensen و همکاران در زمینه اثر فرول بر روی استحکام شکست دندان های اندوشده انجام شد، به این نتیجه رسیدند که ۱ میلی متر بافت سالم عاجی دندان بالای مارجین کراون به طور چشمگیری استحکام شکست را افزایش می دهد در حالی که کنترلرابط در محل اتصال دندان - کور یا مارجین کراون بی تأثیر است و ضخامت دیواره آگزیمال در مارجین کراون اثر قابل توجهی در افزایش مقاومت

گچی تهیه نشد. بعد از کستینگ و اسپروگذاری یکسان کراون های ریختگی تمام فلزی آماده شدند و توسط سمان زینک فسفات وبا نسبت پودر و مایع و طبق توصیه کارخانه سازنده کراون ها سمان شدند.

برای اینکه شرایط محیط دهان را برای دندان ها فراهم آوریم، لازم بود که برای دندانها پرپودنتال لیگامنت مصنوعی بسازیم که اینکار در طی مرحله مانع کردن با مواد قالبگیری انجام شد. ضمناً نحوه مانع کردن به صورتی بود که در تمام نمونه ها ۳ میلیمتر، پهنای بیولوژیک در نظر گرفته شد.

به طوری که بعد از مانع کردن در نمونه های بدون فرول طول تاج تا حد آکریل ۱۱ میلیمتر و اندازه طول تاج به ریشه تقریباً ۱۱/۱۲ و در نمونه های با فرول این میزان با توجه به احتساب ۲ میلی متر فرول سرویکالی، ۱۳/۱۰ بود.

سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط اطاق نگه داری شدند تا ستینگ نهائی آکریل تکمیل شود و بعد از آن در شرکت رادفرمان با استفاده از دستگاه اینسترون نمونه ها تحت آزمایش فشار قرار گرفتند. برای انجام آزمایش از تست فشاری با سرعت ۱ میلی متر در دقیقه استفاده شد. دندان های دو گروه آزمایش به صورت تصادفی به دو گروه هفت تائی و دو گروه پنج تائی تقسیم شدند. در گروههای پنج تائی نیرو از نوک کاسپ باکال و بوسيله کراس هد انتهای تخت و در گروه های هفت تائی نیرو از مارجینال ریج مزیال با زاویه ۱۵۰ درجه نسبت به محور طولی دندانها و بوسيله کراس هد با انتهای نوک گرد به نمونه ها وارد شد، تا زمانی که دندان ها شکستند و اعداد حاصله که بر حسب کیلونیوتن می باشد در جداول مربوطه ثبت شدند.

کشیده و تقریباً هم شکل بودند انتخاب و در سرم فیزیولوژی و در شرایط اتاق، نگهداری شدند.

پس از ارزیابی رادیوگرافی دندان ها، تاج باقی مانده آنها عمود بر محور طولی دندان ها و در حضور جریان مداوم آب توسط دیسک به اندازه ای قطع شد که طول ریشه باقی مانده برای تمام دندان ها ۱۵ میلی متر باشد و تمام دندانها به طور یکسان درمان ریشه شدند.

پس از درمان ریشه، میانگین ۲/۳ طول ریشه محاسبه و طول ۱۱ میلیمتر برای خالی کردن کانال و آماده کردن آن برای پست انتخاب شد. برای خالی کردن ابتدا از پیזורیمر شماره ۲ و سپس از پیזורیمر شماره ۳ برای تمیز کردن کانال ها استفاده شد.

پس از این مرحله، اقدام به ساخت پست برای دندان ها شد و بعد از آن تمام پست ها توسط سمان زینک فسفات در داخل کانال ها چسبانده شدند. سپس دندان ها را به طور تصادفی به دو گروه ۱۲ تائی تقسیم کردیم.

در گروه ۱ بدون ایجاد فرول و در نمونه های گروه ۲، بعد از پایین بردن فینیش لاین به اندازه ۲ میلی متر و ختم تراش چمفر اقدام به ساخت کراون کردیم. در تمام نمونه ها طول پست ۱۱ میلی متر و طول کور ساخته شده ۶ میلیمتر و قطر کراون در اکلوزال هم ۱/۵ میلی متر در نظر گرفته شد. بدین ترتیب اندازه طول تاج در نمونه های بدون فرول تا فینیش لاین حدود ۸ میلی متر و در نمونه های با فرول حدود ۱۰ میلی متر می باشد.

لازم به ذکر است که در این تحقیق تهیه الگوی مومی مستقیماً بر روی دندان ها انجام شد و دای

جدول ۲: مقایسه میانگین نیرو در نوک کاسپ باکال و مارجینال ریج مزیال

انحراف معیار	میانگین نیرو	
۰/۷۳	۰/۹۵	مارجینال ریج مزیال
۰/۴۹	۱/۱۲	نوک کاسپ باکال
۰/۶۳	۱/۰۲	کل
t = ۰/۶	P-value = ۰/۵۰	نتیجه آزمون t-student

با توجه به اینکه امکان اثر متقابل بین دو متغیر محل اعمال نیرو و فرول وجود داشت، آزمون آنالیز واریانس دو عاملی نیز انجام شد. در مدل توام آنها اثر متقابل دیده نشد و تنها با و بدون فرول بودن دندان بر میزان نیرو موثر بود و محل اعمال نیرو تاثیری نداشت.

در مواردی که نیرو از مارجینال ریج مزیال اعمال می شود ۵۰ درصد شکستگی در ۲/۳ کرونالی بود و همچنین در مواردی که نیرو از نوک کاسپ باکال اعمال شده است نیز ۵۰٪ دندان ها در ۲/۳ کرونالی ریشه شکستگی داشتند. بطور کلی تفاوت آماری معنی داری بین محل شکستگی و مکان اعمال نیرو وجود نداشت (نمودار ۱).

پس از گردآوری داده ها به تجزیه و تحلیل آن پرداختیم. در تحلیل داده ها از آزمون T-student برای مقایسه میزان نیرو در دو گروه با و بدون فرول و همچنین برای مقایسه میانگین نیروی شکست در نوک کاسپ باکال و مارجینال ریج مزیال استفاده کردیم. همچنین از آزمون کی دو (Chi-square) برای تعیین ارتباط گروه های مطالعه با نوع و محل شکستگی استفاده گردید. و همچنین از آنالیز واریانس دو عاملی (Two - Way - ANOVA) برای تاثیر توام فرول و محل اعمال نیرو استفاده شد.

یافته ها:

میانگین نیروی شکست در ۲۴ نمونه بطور کلی ۱/۰۲ کیلونیوتن با انحراف معیار ۰/۶۳، و حداقل مقدار نیرو برابر ۰/۲۳ کیلونیوتن و حداکثر ۲/۴۵ کیلونیوتن بوده است.

میانگین نیروی شکست در نمونه های با فرول بطور معنی داری بیشتر از نمونه های بدون فرول می باشد ($P < ۰/۰۰۱$). اما میانگین نیروی شکست در سطح مارجینال ریج مزیال و نوک کاسپ باکال تفاوت معنی داری ندارند (جدول ۲).

جدول ۲ میانگین نیروهای شکست را در نوک کاسپ باکال و مارجینال ریج مزیال نشان می دهد.

جدول ۱: مقایسه میانگین نیروی شکست با و بدون فرول

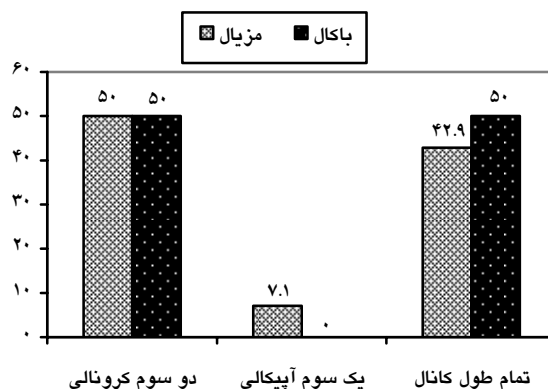
انحراف معیار	میانگین نیرو (برحسب KN)	
۰/۳۰	۰/۵۸	بدون فرول
۰/۵۷	۱/۴۶	با فرول
۰/۶۳	۱/۰۲	کل
t = -۴/۶	P-value < ۰/۰۰۱	نتیجه آزمون t-student

در حالی که در این تحقیق، نتایج خلاف مطلب فوق می باشد. به طوری که با افزایش طول تاج کلینیکی و قراردادن ۲ میلی متر فرول سرویکالی و بهم خوردن طول تاج به ریشه مطلوب، مقاومت دندان ها افزایش می یابد. به نحوی که میانگین نیروی شکست دندان ها، بدون در نظر گرفتن محل اعمال نیرو در نمونه های بدون فرول ۰/۵۸ و در نمونه های دارای فرول ۱/۴۶ کیلونیوتن بود.

همچنین در تحقیق آنتونی بیان شد که مقدار نیروی لازم برای شکستن دندان ها در نوک کاسپ باکال نسبت به مارجینال ریج مزیاال به مراتب کمتر است. به طوری که میانگین نیروی شکست لازم در نمونه های بدون فرول در نوک کاسپ باکال ۰/۸۳ و در مارجینال ریج مزیاال ۱ کیلونیوتن بود^(۵). در حالی که در این تحقیق در نمونه های بدون فرول میانگین این نیرو در نوک کاسپ باکال برابر ۰/۷۴۹ و در مارجینال ریج مزیاال برابر ۰/۶۸ کیلونیوتن بود. که میانگین نیروی شکست در نوک کاسپ باکال بیشتر است و خلاف تحقیق فوق را اثبات می کند.

همچنین در تحقیق آنتونی، میانگین نیروی شکست در نمونه های با فرول در نوک کاسپ باکال ۰/۶۱ و در مارجینال ریج مزیاال ۰/۷۰ کیلونیوتن بود^(۵). که نتایج در تحقیق ما بر خلاف آن بود. یعنی میانگین نیروی شکست در نمونه های فرول دار، در نوک کاسپ باکال برابر ۱/۵۲۱ و در مارجینال ریج مزیاال برابر ۱/۴۴۳ کیلونیوتن می باشد و تفاوت معنی داری با هم نداشتند.

احتمالاً این اختلاف بعلت تفاوت در مقایسه گزینه نسبت مطلوب طول تاج به ریشه می باشد که در مطالعه آنتونی بررسی نشده است.



نمودار ۱: توزیع فراوانی بر حسب محل اعمال نیرو و محل شکستگی ریشه

بحث:

عوامل متعددی بر توزیع تنش و استحکام شکست دندان های بشدت تخریب شده و بازسازی شده با پست و کور وجود دارد. یکی از مهمترین این عوامل میزان نسج باقیمانده دندان در بالای مارژین تراش (فرول) می باشد.

در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط آنتونی و همکاران در دانشگاه Ohio انجام شد، تاثیر ایجاد فرول توسط جراحی لثه را بر روی استحکام شکست دندان های به شدت تخریب شده پره مولر دوم پائین که با پست کراون بازسازی شده بودند، بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بهم خوردن نسبت مطلوب تاج به ریشه توسط جراحی لثه با اپیکالی قرار دادن فینیش لاین و ایجاد ۲ میلیمتر فرول مقاومت دندان ها را نسبت به شکست کاهش می دهد. به طوری که میانگین نیروی لازم برای شکست دندان ها بدون در نظر گرفتن محل اعمال نیرو، در نمونه های بدون فرول ۱/۸۳ و در نمونه های دارای فرول ۱/۳۱ کیلونیوتن بود^(۵).

بیشترین تمرکز تنش در ناحیه کرونالی و میانی ریشه می باشد^(۷). و همچنین Hunter در سال ۱۹۸۹ بیشترین تمرکز تنش را در ناحیه سرویکالی دیواره ریشه گزارش کرد^(۸). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز با توجه به اینکه در نمونه های فرول دار و بدون فرول به ترتیب ۴۱/۷٪ و ۵۸/۳٪ شکستگی ها در ۲/۳ کرونالی ریشه بود، تحقیقات Ko, Hunter را تایید می نماید.

نتیجه گیری:

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، و آنالیزهای آماری، به این نتیجه رسیدیم در دندانهای که تاج آنها بشدت تخریب شده است، می توان با طراحی ۲ میلیمتر فرول عاجی سرویکالی و یا افزایش طول تاج کلینیکی از طریق پائین بردن فینیش لاین، علی رغم اینکه نسبت صحیح طول تاج به ریشه بر هم می خورد، مقاومت دندانها را در برابر شکست افزایش داد.

تشکر و قدردانی:

با تشکر و قدردانی از شورای پژوهشی دانشکده دندانپزشکی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد که هزینه های مربوط به این طرح را متقبل شدند.

در تحقیق دیگری که در سال ۱۹۹۰ توسط Sorensen و همکاران انجام شد، تاثیر فرول بر روی استحکام شکست دندان های به شدت تخریب شده بررسی شد، و به این نتیجه رسیدند که قرار دادن حداقل یک میلی متر نسج عاج تاجی سالم بالای مارجین تراش به میزان قابل ملاحظه ای استحکام شکست را افزایش می دهد که تحقیق حاضر هم آن را تایید می کند^(۳).

البته در تحقیق آقای Sorensen نسبت مناسب طول تاج به ریشه رعایت شده بود در حالی که در تحقیق ما این نسبت به هم خورده است.

همچنین در سال ۱۹۹۰، Loney و همکارانش در دانشکده های دندانپزشکی کانادا و میشیگان در طی تحقیقی که در زمینه تاثیر فرول روی چگونگی توزیع استرس در دندان های پست کراون شده انجام دادند و نتیجه بدست آمده این بود که قرار دادن حداقل ۱/۵ میلی متر فرول در اطراف یک دندان بشدت تخریب شده به میزان زیادی مقاومت دندان ها را در برابر شکست و نیروهای مخرب افزایش می دهد^(۶).

در مطالعه دیگری آقای Ko و همکاران در سال ۱۹۹۲ با بررسی تاثیر فرول و پست بر روی استحکام شکست دندان ها، دریافتند که تحت نیروهای مایل،

منابع:

1. Stephen C, Richard C. Pathways of the pulp. 7th ed. St. Louis: Mosby; 1998. P. 691.
2. Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: A literature review. Int Endod J 2002; 25: 575-81.
3. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1990; 63(5): 529-36.
4. Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. J Prosthet Dent 2003; 89(4): 368-73.

5. Anthony G, Gegauf F. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. J Prosthet Dent 2000; 84(2): 169-79.
6. Loney RW, Kotowicz WE, McDowell GC. Three-dimensional photoelastic stress analysis of the ferrule effect in cast post and cores. J Prosthet Dent 1990; 63(5): 506-12.
7. Ko CC, Chung KH, Lee MC. Effect of posts on dentin stress distribution in pulpless of teeth. J Prosthet Dent 1992; 68(3): 421-27.
8. Hunter F. The restoration of the endodontically treated teeth. Aust Dent J 1989; 34: 5-12.