بررسی اثر ابعاد و شکل هندسی پست‌های پیش ساخته و جنس کرون بر میزان و توزیع تنش وارد به ریشه‌ی دندان‌های مولر به روش واکاوی اجزای محدود

مجتبی محمودی[*]، سید عبدالرضا گنجعلیخان نسب[**]، علیرضا سعیدی[***]، مریم السادات هاشمی پور[****]

[*] فوق لیسانس مهندسی مکانیک، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[**] استاد گروه مهندسی مکانیک، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[***] دانشیار گروه مهندسی مکانیک ، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[****] استادیار گروه بیماری‌های دهان و عضو مرکز تحقیقات بیماری‌های دهان و دندان، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، کرمان، ایران

چکیده

بیان مساله: پژوهشگران همواره در صدد ارایه‌ی درمان‌های مناسب به همراه تامین زیبایی و استحکام دندان هستند. در دندان‌های درمان ریشه شده‌ای که ساختار تاجی خود را به گونه‌ی کامل از دست داده‌اند و یا دچار تخریب گسترده‌ی تاج هستند، معمولا برای گیر ترمیم از پست استفاده می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد با توجه به وارد شدن تنش‌های گوناگون بر دندان، توزیع تنش با استفاده از الگوهای گوناگون پست نیاز به بررسی دارد.

هدف: هدف از این پژوهش، بررسی اثر ابعاد و شکل هندسی پست‌های موازی، مخروطی و پیش ساخته بر تنش وارد به ریشه‌ی دندان‌های مولر ترمیم شده با پست- کور و کرون (سرامیکی، نیکل- کروم و آلومینا) به روش واکاوی اجزای محدود (FEM) بود.

مواد و روش: یک دندان مولر دوم فک پایین سالم در یک بلوک آکریلی استوانه‌ای مانت و پس از برش، نگاره‌هایی از مقاطع آن فراهم گردید. سپس، با استخراج کانتورهای به دست آمده از مرزهای دندان و اتصال آنها به یکدیگر به کمک نرم افزار Solidworks یک الگوی رایانه‌ای از آن فراهم شد. پس از اتمام الگو، جهت بررسی تنش، ترمیم‌ها و پست‌های گوناگون طراحی گردیدند و نمونه‌ها تحت باری با گستره‌ی ۲۴۰ نیوتن (وارد کردن نیرویی با توان ۲۴۰ نیوتن بر روی ۲۳ میلی‌متر از سطح اکلوزال) و تحت زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت به محور طولی دندان و در جهت باکال روی کاسپ‌های فانکشنال قرار گرفتند. برای همانند سازی محیط پیرامون دندان و فضای لیگامان پریودنتال، در همه‌ی ترمیم‌ها استخوان پیرامون دندان نیز الگوسازی شدند.

یافته‌ها: نتایج عددی نشان داد که ترمیم‌های انجام شده با پست- کور و کرون موجب تمرکز تنش در ناحیه‌ی سرویکال می‌شود. بالاترین میزان تنش فشاری در پست موازی به قطر ۱/۴ (D۱/۴)، برابر ۳۲/۳ مگاپاسکال و کمترین مقدار در پست مخروطی دوبل تیپر به عنوان پست اصلی و کمکی (شماره‌ی ۱) ، برابر ۲۶/۷ مگاپاسکال گزارش گردید. همچنین، بیشترین و کمترین تنش کششی به ترتیب در پست موازی D۱/۴ (۴۸/۷ مگاپاسکال) و پست مخروطی شماره‌ی ۱ (۴۶/۷ مگاپاسکال) دیده شد. افزایش مدول الاستیسیته از میزان ۱۰۰ تا ۳۰۰ سبب افزایش میزان تنش های فشاری از ۶۹/۵ به ۳۸۰/۵ مگاپاسکال و همچنین افزایش میزان تنش کششی از ۶۹/۳ به ۳۸۰/۳ مگاپاسکال گردید.

نتیجه‌گیری: بر پایه‌ی واکاوی انجام شده، بیشترین تمرکز تنش در ترمیم‌های انجام گرفته با پست- کور و کرون مربوط به حالتی است که از پست‌هایی به قطر ۱/۴ میلی‌متر و یا پست دوبل تیپر به عنوان پست اصلی و کمکی (شماره‌ی ۱) استفاده شود. تنش‌ها با کاهش مدلوس الاستیسیته‌ی کرون کمی کاهش می‌یابند. تنش‌های حداکثر در عاج باقی‌مانده‌ی دندان با افزایش قطر پست‌ها کاهش می‌یابد و با تغییر ابعاد پست‌های موازی و مخروطی به گونه‌ی نامنظمی تغییر می‌کند. جنس کرون نیز اثر کمی بر روی تمرکز تنش‌ها دارد.

واژگان کلیدی: روش اجزای محدود، پست- کور، کرون، تنش

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱/۲۵ ، **تاریخ پذیرش مقاله:** ۹۰/۷/۲۵ ، *Shiraz Univ Dent J 2011; 12(4): 358-366* **مقاله‌ی پژوهشی اصیل**

نویسنده‌ی مسوول مکاتبات: مریم‌السادات هاشمی‌پور، کرمان، بلوار جمهوری اسلامی، انتهای خیابان شفا، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، گروه بیماری‌های دهان و دندان تلفن: ۰۹۱۳۲۹۹۶۱۸۳- ۰۳۴۱۲۱۱۹۰۷۴ دورنگار: ۰۳۴۱۲۱۱۹۰۷۳ پست الکترونیک: m_s_hashemipour@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

درآمد

امروزه اندودانتیکس از پویاترین رشته‌های تخصصی دندانپزشکی در درمان به شمار می‌رود و به موازات رشد مناسب این رشته، تجهیزات، مواد و روش‌های نوین در حال پیشرفت است. ترمیم دندان‌های اندو شده و همگام بودن با اطلاعات و فناوری‌های روز و استفاده‌ی بهینه از آنها در کار درمان این دندان‌ها چالشی برای متخصصین و دندانپزشکان عمومی است [۱]. پژوهشگران همواره در صدد ارایه‌ی درمان‌ها و انتقال مناسب نیروهای فانکشنال به همراه تامین زیبایی و استحکام دندان هستند [۲]. به طور معمول در صورتی که میزان تاج از دست رفته به اندازه‌ای باشد که گیر کافی برای ترمیم نداشته باشد، وجود پست لازم است تا جایگزینی برای ساختار از دست رفته‌ی دندان و گیر ترمیم باشد. در ترمیم دندان‌های اندو شده با پست‌های دندانی، دو گونه پست ریختگی و پیش‌ساخته برای درمان استفاده می‌گردد. پست‌های ریختگی بر پایه‌ی قالب گرفته شده از درون محفظه‌ی کانال از زمان‌های قدیم توسط دندانپزشکان استفاده می‌شده است. این پست‌ها به واسطه‌ی قالب گرفته شده از محفظه‌ی کانال به خوبی محفظه‌ی کانال را پوشش می‌دهد، هر چند که استفاده از این پست‌ها معمولا وقت‌گیر و گران است. به تازگی پست‌های پیش‌ساخته با انواع گوناگون از لحاظ ابعاد، جنس و شکل به جامعه‌ی دندانپزشکی معرفی شده‌اند. به طور کلی پست‌ها از نظر طرح به موازی، مخروطی و کالبدی تقسیم‌بندی می‌شوند. طرح موازی و مخروطی در پست‌های پیش‌ساخته و شکل کالبدی تنها با پست ریختگی امکان‌پذیر است [۳]. پست باید به گونه‌ای انتخاب شود که با نیازهای دندان همخوانی داشته باشد. به بیانی، نبایستی دندان و ترمیم را با پست منطبق کرد بلکه سیستم و الگوی آماده‌سازی باید بر پایه‌ی موقعیت و به گونه‌ی مناسب انتخاب شود. هنگام نیاز به آماده سازی پست برای تامین گیر کور، فضای پست باید در کمترین مقدار (از لحاظ طول، قطر و تقارب) و با توجه به نیاز آماده شود. برداشتن میزان زیاد عاج، ریشه را به گونه‌ی جدی ضعیف و آن را مستعد به شکستن می‌نماید. در ضمن، آماده‌سازی فضای پست بیشتر از حد و یا گسترش آماده‌سازی به ورای قسمت مستقیم کانال سبب سوراخ شدن ریشه‌ی دندان می‌شود [۳].

مقاومت به شکست دندان‌های ترمیم شده با پست یک موضوع برای بررسی‌های متعدد In vitro و In vivo و پژوهش‌های نظری شده است. در خصوص اینکه چه پست و یا روشی برای ترمیم، مناسب‌ترین انتخاب است دیدگاه‌های متفاوت و ناهمخوانی در پژوهش‌ها یافت می‌شود. یکی از دلایل این ناهمخوانی تغییرات گسترده در نتایج و یا به بیانی همانند نبودن نتایج با یکدیگر در پژوهش‌های In vitro است. شمار بررسی‌ها بر روی دندان‌های درمان شده با پست به کمک واکاوی اجزای محدود رو به افزایش است. این روش به گونه‌ی معمول به دو صورت الگوهای دو بعدی (2Dimention) و سه‌بعدی (3Dimention) انجام می‌شود که نتایج الگوهای سه‌بعدی نسبت به دوبعدی دقیق‌تر ولی در عوض وقت-گیرتر و گران‌تر است. نتایج واکاوی اجزای محدود به گونه‌ی توزیع تنش در ساختار الگو نشان داده می‌شود. این تنش‌ها ممکن است تنش‌های کششی، فشاری، برشی و یا تنش معادل ون‌مایزز (Vonmises) باشد. به گونه‌ی معمول در مکانیک، تنش‌های کششی و فشاری بسیار بالا برای مواد ترد و تنش‌های ون‌مایزز و برشی بسیار بالا برای مواد نرم مبنای مقایسه قرار می‌گیرد. همچنین، از تنش‌های برشی بسیار بالا در سطح‌های تماسی برای بررسی اثر، دی‌باندینگ استفاده می‌شود که نیازمند شناخت کاملی از گونه‌ی تماس و خواص المان‌های تماسی است [۴].

پژوهش‌های کمی به اثر قطر پست بر روی مقاومت به شکست دندان پرداخته‌اند. آسموسن (Asmussen) و همکاران [۵]، به‌کمک FEM به بررسی ترمیم دندان‌های اندو شده پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پست‌های موازی باند شده (Bonded) نسبت به پست‌های مخروطی باند نشده (non-bonded) تنش‌های کمتری را تولید می‌کنند. تنش در ریشه با افزایش قطر پست‌ها کاهش یافته و کاهش طول پست‌ها موجب افزایش تنش در ریشه می‌شود، گرچه محل تنش حداکثر در موقعیت اپیکال پست گزارش گردید. همچنین نتایج پژوهش آنها نشان داد که جنس پست‌های پیش‌ساخته اثر کمی بر روی توزیع تنش‌ها دارد و با افزایش مدول الاستیسیته، تنش در ریشه کمی کاهش می‌یابد. زارون (Zarone) و همکاران [۶]، به کمک FEM ، ترمیم‌های گوناگون روی دندان-های اندو شده‌ی پیشین مرکزی بالا را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در دندان سالم توزیع تنش‌ها تقریبا یکنواخت است، با این وجود تنش‌های کمی در ناحیه‌ی سرویکال متمرکز شده و مواد با مدلوس الاستیسیته‌ی بالا همچون آلومینا موجب مقاومت در مقابل تغییر شکل دندان و در نتیجه تمرکز تنش در اینترفیس پست و عاج می‌شوند. همچنین، مواد با مدلوس

Archive of SID

www.SID.ir

الاستیسیته‌ی کم همچون مواد کامپوزیتی، تنش‌های کمی در دندان‌های ترمیم شده تولید می‌کنند. بنابراین، استفاده از مواد با مدلوس الاستیسیته‌ی نزدیک به عاج، توزیع تنشی همانند دندان سالم از خود نشان می‌دهد. همچنین این پژوهشگران نشان دادند که ترمیم با کرون آلومینا با مدلوس الاستیسیته‌ی بالا نسبت به سرامیک فلدسپات با مدلوس الاستیسیته‌ی پایین‌تر سبب تنش بیشتری در ناحیه‌ی سرویکال می‌شود. یودانوادیکر (Uddanwadiker) و همکاران [۷]، به کمک FEM به بررسی توزیع تنش در دندان‌های اندو و ترمیم شده پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که تنش با افزایش مدلوس الاستیسیته‌ی پست کاهش می‌یابد و استفاده از پست‌های پیچی موجب تمرکز تنش زیادی در پست و ریشه می‌شود. پست‌های مخروطی نیز، نسبت به پست‌های موازی تنش‌های کمتری را ایجاد می‌کنند و پست‌های پیش‌ساخته‌ی مخروطی با کور کامپوزیتی از نظر استحکام و انعطاف‌پذیری مطلوب‌تر بوده و ابعاد پست می‌تواند در جهت کاهش تنش و کاهش خطر شکست ریشه و پست موثر باشد.

هدف از پژوهش کنونی، بررسی اثر ابعاد و هندسه‌ی پست و جنس کرون بر روی توزیع تنش در دندان‌های مولر اندو و ترمیم شده با پست- کور و کرون به کمک روش واکاوی اجزای محدود سه‌بعدی بود. در این بررسی، از یک الگوی تقریبا دقیق برای دندان مولر جهت واکاوی استفاده گردید و در ترمیم‌های انجام شده فرض گردید که دندان ساختار تاجی خود را به گونه‌ی کامل از دست داده است. پژوهش‌های همانند نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که تاکنون واکاوی دقیقی به منظور شناسایی رفتار مکانیکی دندان مولر تحت نیروهای فانکشنال انجام نشده و در بیشتر پژوهش‌ها به دلیل هندسه‌ی پیچیده‌ی دندان، الگوی هندسی ساده و بیشتر دو بعدی و یا دندان تک ریشه جهت همانند سازی دندان استفاده شده است. بنابراین، با توجه به ضرورت نگهداری دندان‌های مولر به نظر می‌رسد انجام پژوهشی که نشان‌دهنده‌ی اثر گونه‌ی پست و کرون بر روی میزان فشارهای اکلوزالی باشد ضروری است.

مواد و روش

در این پژوهش، از یک دندان مولر دوم فک پایین جهت الگوسازی استفاده شد. دندان مورد استفاده دارای دو ریشه، اندازه و شکل طبیعی بود و از نظر شکل، طول تاج، ریشه و شکل ریشه‌ها با الگوی یاد شده در کالبد شناسی آش (Ash) [۸] همخوانی داشت. برای تهیه‌ی الگوی سه بعدی دندان، در آغاز دندان در یک رزین اکریلی به گونه‌ای که محور طولی استوانه و دندان در یک راستا قرار گیرد، مانت گردید. سپس مقطع عرضی استوانه با دستگاه الکتروپولیش ساییده و نگاره فراهم شد. نگاره‌های گرفته شده پس از کالیبره شدن و ویرایش، وارد محیط نرم افزار Solidworks گردید و با اتصال کانتورهای به دست آمده از مقاطع گوناگون دندان الگوهای مینا، عاج و پالپ هر یک به گونه‌ی جداگانه همانند سازی شد. پس از میان بردن حجم عاج از مینا و حجم پالپ از عاج، مینا و عاج به گونه‌ی تقریبا دقیقی الگوسازی گردیدند. با طراحی و الگوسازی مینا و عاج، الگوی سه بعدی دندان مولر ساخته شد. در المان‌بندی، از المان‌های ۱۰ گره‌ای با اندازه‌ی کلی ۰/۸ میلی‌متر استفاده گردید، که به گونه‌ی متوسط منجر به ۱۶۹۰۰۰ المان شد (نگاره‌ی ۱).

نگاره‌ی ۱ *المان بندی دندان مولر*

با اتمام الگوسازی، دندان همانند سازی شده از ناحیه‌ی سرویکال قطع و ترمیم پست- کور و کرون برای آن در نظر گرفته شد که در همه‌ی آنها، پست بزرگتر با طول ۱۱/۵ میلی‌متر در کانال دیستال به عنوان پست اصلی فرونشانده شد که از این مقدار، ۷ میلی‌متر آن برابر دو سوم طول ریشه در حفره‌ی پالپ و بقیه‌ی آن (۴ میلی‌متر) در زیر کور در نظر گرفته شد. پست کوچکتر نیز، به طول ۵/۷۵ میلی‌متر در کانال مزیال به عنوان پست کمکی فرونشانده شد که از این مقدار ۳/۷۵ میلی‌متر آن معادل یک سوم طول ریشه در حفره‌ی پالپ (درون پالپ) و بقیه‌ی آن (۲ میلی‌متر) در زیر کور در نظر گرفته شد. از آنجا که پست‌های پیش‌ساخته به خوبی فضای کانال ریشه و محفظه‌ی پالپ را پوشش نمی‌دهند از

Archive of SID

www.SID.ir

سمان زینک فسفات به عنوان ماده‌ی پرکننده‌ی این فضا و ماده‌ی سمان کننده‌ی پست و عاج استفاده گردید (نگاره‌ی ۲).

نگاره‌ی ۲ *بخش‌های گوناگون دندان درمان ریشه شده با پست- کور و کرون و استخوان پیرامون آن*

در این بررسی سه گروه در نظر گرفته شدند:

در گروه الف، برای بررسی قطر پست‌های موازی، الگوهای زیر در نظر گرفته شد که در همه‌ی آنها از پست تیتانیومی پیش‌ساخته و کور کامپوزیتی و کرون سرامیکی استفاده شده است.

۱) دندان اندو و ترمیم شده با پست موازی به قطر ۱/۴ میلی‌متر (D۱/۴) به عنوان پست اصلی و موازی به قطر ۱ میلی‌متر (D۱) به عنوان پست کمکی.

۲) دندان اندو و ترمیم شده با پست موازی به قطر ۱/۸ میلی‌متر (D۱/۸) به عنوان پست اصلی و پست موازی به قطر ۱ میلی‌متر (D۱) به عنوان پست کمکی.

۳) دندان اندو و ترمیم شده با پست موازی به قطر ۲/۲ میلی‌متر (D۲/۲) به عنوان پست اصلی و پست موازی به قطر ۱ میلی‌متر (D۱) به عنوان پست کمکی.

کانال‌های دندان‌ها برای گروه‌ها یکسان آماده‌سازی شدند و فضای اضافه برای قطرهای کوچکتر با سیمان پر شد که به علت مقدار فضای کم اشغال شده از این مقدار صرف نظر گردید.

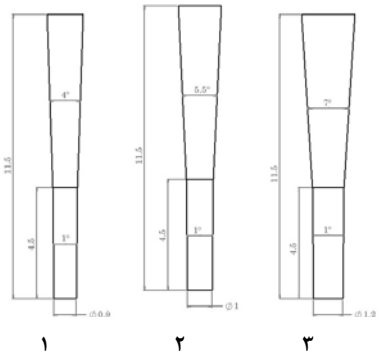
در گروه ب، برای بررسی ابعاد پست‌های مخروطی، الگوهای زیر در نظر گرفته شد، که در همه‌ی آنها از پست تیتانیومی پیش‌ساخته، کور کامپوزیتی و کرون سرامیکی استفاده گردید.

۱) دندان اندو و ترمیم شده با پست دوبل تیپر (Tapper) شماره‌ی یک به عنوان پست اصلی و کمکی.

۲) دندان اندو و ترمیم شده با پست دوبل تیپر شماره‌ی ۲ به عنوان پست اصلی و پست شماره‌ی ۱ به عنوان پست کمکی.

۳) دندان اندو و ترمیم شده با پست شماره‌ی ۳ به‌عنوان پست اصلی و پست شماره‌ی ۱ به عنوان پست کمکی.

ابعاد به‌کار برده شده برای پست‌های مخروطی به گونه‌ای انتخاب گردید تا تقریبی از نشان تجاری RTD باشد (Euro-Post Anthogyr S.A., Sallanches, France) که این ابعاد در نگاره‌ی ۳ نشان داده شده‌است.



نگاره‌ی ۳ *ابعاد پست های مخروطی به کار برده شده (۱) پست شماره‌ی ۱، (۲) پست شماره‌ی ۲، (۳) پست شماره‌ی ۳*

در گروه ج، به بررسی اثر کرون بر روی توزیع تنش دندان‌های اندو و ترمیم شده با پست – کور کرون پرداخته شد. برای این منظور، یک دندان اندو و ترمیم شده با پست موازی D۲/۲ به عنوان پست اصلی و پست موازی D۱ به عنوان پست کمکی و هر دو از جنس تیتانیوم الگوسازی گردیده و سپس سرامیک، آلیاژ نیکل- کروم و آلومینا برای کرون در نظر و مورد واکاوی قرار گرفت. در همه‌ی الگوها، شکل کور به گونه‌ای طراحی شد که از شکل کرونال عاج پیروی نماید، همچنین سطح اکلوزال کرون همچون سطح اکلوزال مینا همانندسازی شد. لیگامان پریودنتال (PDL) یک بافت نرم برای دندان در استخوان آلوئل است که دندان را طی عمل جویدن تقویت کرده و از شکست استخوان آلوئل و ریشه به علت پایین بودن مدلوس الاستیسیته‌ی آن جلوگیری می‌نماید بنابراین، نقش موثری در توزیع تنش‌ها بازی می‌کند. این بافت و استخوان پیرامون آن، همچون استخوان کورتیکال و اسفنجی نیز الگو شدند که در الگوی آنها از ابعاد کالبدی استفاده گردید (نگاره‌ی ۲).

پژوهش‌های زیادی تنها به بررسی نیروهای عمودی روی دندان پرداخته‌اند، در حالی که زاویه‌ی اعمال نیروهای اکلوزال در حالت طبیعی خیلی پیچیده‌تر است، ولی با توجه به چرخش فک طی جویدن به نظر می‌آید نیروهای مایل شرایط اعمال بار را دقیق‌تر الگوسازی می‌نمایند [۹ و ۱۰]. بنابراین در این پژوهش نیرویی با گستره‌ی برابر ۲۴۰ نیوتن تحت زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت

Archive of SID
www.SID.ir

به محور طولی دندان و در جهت باکال روی کاسپ‌های فانکشنال برای همانندسازی نیروهای فانکشن در نظر گرفته شد و جا به جایی‌های سطوح عرضی استخوان کورتیکال و اسفنجی در همه‌ی جهات ثابت گرفته شد. هر چند مینا و عاج به واسطه‌ی طبیعت پیچیده‌شان غیرهمگن هستند، ولی غیرهمگنی آنها محدود به دیدگاه میکروسکوپی است، بنابراین در این بررسی این مواد همگن ضروری بودند [۱۱]. در جدول ۱ خواص این مواد آورده شده است.

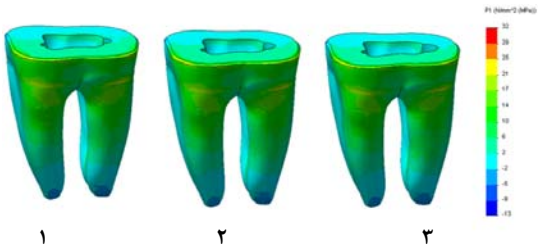
جدول ۱ *خواص مواد دندانی*

مواد دندانی	مدلوس الاستیسیته (گیگاپاسکال)	ضریب پواسون
مینا	۷۲/۷	۰/۳۳
عاج	۱۸/۶	۰/۳۱
استخوان کورتیکال	۱۳/۷	۰/۳
استخوان اسفنجی	۱/۳۷	۰/۳
پریودنتال لیگامان	۰/۰۶۸۹	۰/۴۵
کامپوزیت	۱۲	۰/۳
زینگ فسفات	۲۲/۴	۰/۲۵
تیتانیوم	۱۲۰	۰/۳
کروم کبالت	۲۰۰	۰/۳۳
آلومینا	۳۸۰	۰/۲۵
سرامیک	۶۹	۰/۲۸

با در نظر گرفتن المان چهار وجهی ۱۰ گره‌ای با توابع شکل درجه‌ی ۲، الگوها المان‌بندی و واکاوی حساسیت به مش انجام گردید و سپس واکاوی اجزای محدود به‌کار گرفته شد. همچنین، در همه‌ی الگوها از یک المان‌بندی سازگار با در نظر گرفتن تماس باند شده در سطح‌های تماسی و واکاوی حساسیت به مش استفاده گردید. المان مورد استفاده، المان چهار وجهی ۱۰ گره‌ای با توابع شکل مرتبه‌ی ۳ است. پس از پایان مرحله‌ی پیش پردازش، الگوها وارد مرحله‌ی پردازش در محیط نرم افزار تحلیلی Cosmos گردیدند و پس از حل، نتایج مربوط به توزیع تنش‌ها مد نظر قرار گرفته شد. در این پژوهش از نرم افزار Solid Works Premium ۲۰۰۹ SP ۴/۰ × ۸۶ × ۶۴ (محصول شرکت SRAC-USA) برای الگوسازی نمونه و از نرم افزار Cosmos Works (محصول شرکت SRAC-USA) برای واکاوی استفاده گردید.

یافته‌ها

نگاره‌ی ۴، نشان‌دهنده‌ی توزیع تنش‌های کششی در دندان‌های ترمیم شده با پست‌های موازی با قطرهای گوناگون است. همان گونه که در نگاره دیده می‌شود، در همه‌ی الگوها بیشترین تنش کششی در ناحیه‌ی سرویکال و در سمت مزیولینگوال رخ داده است. در ضمن، تنش‌های کششی با تغییر قطر پست، کمی تغییر می‌کنند.



نگاره‌ی ۴ *توزیع تنش‌های کششی در دندان‌های ترمیم شده با پست‌های موازی با قطرهای گوناگون (۱) دندان ترمیم شده با پست D ۱/۴ (۲) دندان ترمیم شده با پست D ۱/۸ (۳) دندان ترمیم شده با D ۲/۲ که در هر سه الگو از پست D ۱ به‌عنوان پست کمکی استفاده شده‌است. رنگ قرمز بیانگر تنش‌های زیاد و رنگ آبی بیانگر تنش‌های کم است.*

تغییرات تنش‌های کششی و فشاری در دندان‌های ترمیم شده با انواع پست‌های موازی و مخروطی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ *جدول تغییرات تنش‌های کششی و فشاری در دندان‌های ترمیم شده با انواع پست‌های موازی و مخروطی*

نوع پست / مقادیر تنش		حداکثر تنش فشاری (مگاپاسکال)	حداکثر تنش کششی (مگاپاسکال)
پست موازی	D۱/۴	۳۲/۳	۴۸/۷
	D ۱/۸	۳۰/۶	۴۸/۳
	D ۲/۲	۲۷/۷	۴۸/۳
پست مخروطی	شماره‌ی ۱	۲۶/۷	۴۶/۷
	شماره‌ی ۲	۲۹/۳	۴۷/۱
	شماره‌ی ۳	۲۸/۱	۴۶/۱

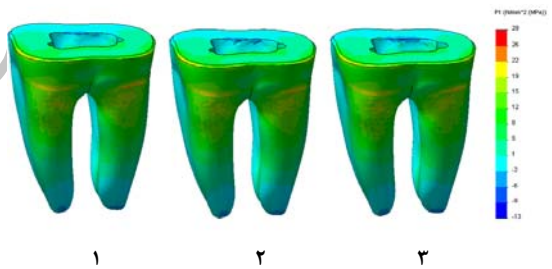
پست موازی با قطر ۱/۴ میلی‌متر نسبت به دیگر پست‌ها بیشترین تنش کششی را ایجاد کرده و افزایش قطر از ۱/۴ میلی‌متر موجب کاهش تنش کششی در ناحیه‌ی سرویکال می‌شود. تغییرات تنش‌های فشاری با قطر پست‌ها به شدت تنش‌های کششی ارتباطی نداشته، هر چند تنش‌های فشاری در این پست‌ها با افزایش مدلوس الاستیسیته به گونه‌ی نامحسوسی کاهش می‌یابند. البته میان پست‌هایی با قطر ۱/۸ و ۲/۲ میلی‌متر از نظر شدت تنش‌های فشاری تفاوتی وجود ندارد و در همه‌ی نمونه‌ها بیشترین تنش فشاری در ناحیه‌ی سرویکال و در سمت

Archive of SID

www.SID.ir

مزیوباکال ایجاد شد.

تمرکز تنش‌های کششی در همه‌ی ترمیم‌های انجام شده با پست‌های مخروطی نیز در ناحیه‌ی سرویکال و در سمت مزیوباکال گزارش گردید (نگاره‌ی ۵). از نظر شدت تنش نیز، همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، قاعده‌ی خاصی در روند افزایش و یا کاهش تنش‌ها با تغییر ابعاد پست‌های مخروطی دیده نمی‌شود، ولی آنچه قابل توجه است، دندان ترمیم شده با پست شماره‌ی ۲ بیشترین تنش را در ناحیه‌ی سرویکال متمرکز می‌کند. البته از نظر شدت تنش تفاوت چشمگیری میان ترمیم با پست شماره‌ی ۲ و ۳ دیده نمی‌شود و تنها پست شماره‌ی ۱ است که اختلاف به نسبت چشمگیری از نظر شدت تنش با پست‌های شماره‌ی ۲ و ۳ دارد. از نظر تنش فشاری بسیار بالا، میان پست‌های مخروطی گوناگون تفاوت چشمگیری وجود ندارد، ولی همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، بیشترین تنش فشاری همچون تنش کششی در پست شماره‌ی ۲ است و تنش‌های فشاری در پست‌های شماره‌ی ۱ و ۳ تفاوت کمی با پست شماره‌ی ۲ دارند.



نگاره‌ی ۵ *توزیع تنش‌های کششی در دندان‌های ترمیم شده با پست‌های مخروطی با ابعاد گوناگون (۱) دندان ترمیم شده با پست شماره‌ی ۱ ، (۲) دندان ترمیم شده با پست شماره‌ی ۲ ، (۳) دندان ترمیم شده با پست شماره‌ی ۳ که در هر سه الگو از پست شماره‌ی ۱ به عنوان پست کمکی استفاده شده‌است. رنگ قرمز بیانگر تنش‌های زیاد و رنگ آبی بیانگر تنش‌های کم است .*

در مقایسه‌ی میان پست‌های موازی و مخروطی همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، پست‌های مخروطی به گونه‌ی متوسط نسبت به پست‌های موازی، تنش‌های کمتری در ناحیه‌ی سرویکال ایجاد می‌کنند و تنش‌های فشاری در همه‌ی نمونه‌های ترمیمی با پست‌های مخروطی کمتر از پست‌های موازی بوده و تنش‌های کششی در پست شماره‌ی ۱ نیز نسبت به دیگر پست‌ها در کمترین اندازه است. بنابراین، تنها زمانی پست‌های موازی نسبت به پست‌های شماره‌ی ۲ و ۳ از لحاظ تنش کششی بسیار بالا، برتر هستند که در ترمیم از پستی با قطر ۲/۲ میلی‌متر استفاده شده باشد. البته استفاده از پست‌های با قطر بزرگتر نیازمند برداشت زیاد بافت عاج در فرآیند آماده سازی کانال ریشه هستند و خطر سوراخ شدن ریشه در استفاده از این پست‌ها بالاست.

در بررسی جنس کرون دندان‌های اندو و ترمیم شده با پست پیش‌ساخته، در همه‌ی ترمیم‌ها تنش‌های کششی بسیار بالا در ناحیه‌ی سرویکال و در سمت مزیولینگوال جمع می‌شوند. همچنین تفاوت چشمگیری میان توزیع تنش‌های کششی در این ترمیم‌ها دیده نمی‌شود و تنها تنش کششی از کرون سرامیکی به کرون نیکل- کرومی کمی افزایش می‌یابد و میان کرون نیکل- کرومی و آلومینایی تفاوت چشمگیری وجود ندارد. همچنین، از نظر تنش فشاری در همه‌ی نمونه‌ها، تنش‌ها در ناحیه‌ی سرویکال و در سمت مزیوباکال متمرکز شده‌اند. همان گونه که در جدول ۳ نیز دیده می‌شود با افزایش مدلوس الاستیسیته، تنش‌های فشاری بسیار بالا نیز افزایش می‌یابد. این افزایش از کرون سرامیکی به نیکل- کرومی محسوس و از کرون نیکل- کرومی به آلومینایی نامحسوس است. این پژوهش همچون دیگر بررسی‌های همانند نیاز به واکاوی آماری نداشته و تنها با استفاده از ارزیابی‌های مکانیکی و برنامه‌ی Cosmos و ANSYS اطلاعات پردازش می‌شوند.

جدول ۳ *حداکثر تنش‌های کششی و فشاری با تغییر مدلوس الاستیسته‌ی کرون در دندان‌های اندو و ترمیم شده با پست‌های پیش‌ساخته*

مقادیر تنش / مدلوس الاستیسیته	حداکثر تنش فشاری (مگاپاسکال)	حداکثر تنش کششی (مگاپاسکال)
۱۰۰	۶۹/۵	۶۹/۳
۲۰۰	۲۰۰/۵	۲۰۰/۳
۳۰۰	۳۸۰/۵	۳۸۰/۳

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کرون‌های با مدلوس الاستیسته‌ی پایین تنش‌های فشاری کمتری را نسبت به کرون‌های با مدلوس الاستیسیته‌ی بالا تولید می‌کنند، که این افزایش چندان زیاد نیست بنابراین، جنس کرون به واسطه‌ی اثر کم آن عامل مهمی برای مهار تنش‌های مخرب نیست.

بحث

از آنجا که در ترمیم دندان‌های اندو شده، شکسته شدن

Archive of SID
www.SID.ir

ریشه پدیده‌ای نامطلوب برای بیمار و دندانپزشک است بنابراین، در این پژوهش تنش در ریشه بررسی شد. همچنین به علت ترد بودن عاج، تنش‌های کششی و فشاری بسیار بالا مبنای مقایسه قرار گرفتند.

دندانپزشکان زیادی از پست‌های پیش‌ساخته به واسطه‌ی مقرون به صرفه بودن آنها از لحاظ زمان و هزینه برای ترمیم دندان‌های اندو شده استفاده می‌کنند. با توجه به تنوع موجود در این پست‌ها از لحاظ جنس و شکل و اهمیتی که دندانپزشکان به استحکام و پایداری ترمیم می‌دهند، بررسی معیار شکل برای پست‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. همان‌گونه که از نتایج موجود در این پژوهش آشکار می‌شود در استفاده از پست‌های پیش‌ساخته تنش‌های زیادی در ناحیه‌ی سرویکال جمع می‌گردد و افزایش قطر پست‌های موازی موجب کاهش تنش‌ها در ریشه می‌شود و پست‌های مخروطی به واسطه‌ی همخوانی خوبی که با شکل کانال دارند، به نسبت تنش‌های کمتری را در ریشه تولید می‌کنند. همچنین، جنس کرون اثر کمی بر روی توزیع تنش‌ها در ناحیه‌ی سرویکال دارد و با افزایش مدلوس الاستیسیته، تنش‌ها کمی افزایش می‌یابند.

پگورتی (Pegoretti) و همکاران [۹]، در پژوهشی که بر روی دندان‌های پیشین مرکزی بالا و ترمیم شده با پست‌های پیش ساخته‌ی کامپوزیتی داشتند، نشان دادند که پست‌های پیش‌ساخته موجب تمرکز تنش زیادی در ناحیه‌ی سرویکال می‌شوند. اکادا (Okada) و همکاران [۱۰] نیز، با وارد کردن نیرو و الگو سازی دندان تک ریشه به نتیجه‌ای همانند پگورتی رسیدند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. همچنین، بررسی‌های انجام شده توسط کینی (Kinney) و همکاران، آسموسن و همکاران، جانسون (Johnson) و همکاران، دروموند (Drummond) و همکاران تایید کننده‌ی همین موضوع است [۵ و ۱۳-۱۱]. آسموسن و همکاران [۵]، در پژوهش خود به کمک FEM به اثر قطر و شکل پست‌ها پرداختند. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که پست‌های موازی نسبت به پست‌های مخروطی تنش‌های کمتری در ریشه ایجاد می‌کنند که نتایج آنها با پژوهش کنونی ناهمخوانی دارد و این می‌تواند به علت در نظر گرفتن شکل معمول و هماهنگ با پست برای پالپ باشد. در ضمن، این پژوهشگران بر روی دندان پیشین مرکزی و تک ریشه بررسی خود را انجام دادند و این در حالی است که بررسی کنونی بر روی دندان مولر و چند ریشه انجام پذیرفته است. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که تنش در ریشه با افزایش قطر پست‌ها کاهش می‌یابد که نتایج این بررسی هم راستا با این نتیجه است. ماکری (Maceri) و همکاران [۱۴]، در پژوهش خود که به بررسی تاثیر قطر و شمار پست‌ها در سیستم ترمیمی خود پرداخته بودند به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح مقطع پست‌ها، تنش‌ها در ریشه کاهش می‌یابد. همچنین اکاماتو (Okamato) و همکاران [۱۵]، در پژوهش خود که قطر پست‌های کامپوزیتی را روی توزیع تنش‌ها در دندان پیشین مرکزی بالا بررسی کردند به این نتیجه رسیدند که با افزایش قطر پست‌ها تنش‌ها اندکی کاهش می‌یابند. بررسی‌های انجام شده توسط دیگر پژوهشگران نیز نشان دهنده‌ی همین مطلب است [۱۸-۱۶]. نتایج این بررسی نشان داد که پست های مخروطی، تنش‌های کمتری را نسبت به پست‌های موازی ایجاد می‌کنند که نتایج بررسی‌های یودانوادیکر و همکاران [۷]، نیز این موضوع را تایید می‌کند. از دیگر نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، بررسی رفتار جنس کرون بود. در این پژوهش آشکار شد که جنس کرون معیاری مهم برای مهار تنش‌ها نیست و با افزایش مدلوس الاستیسیته‌ی کرون، تنش‌ها در ناحیه‌ی سرویکال اندکی افزایش می‌یابند.

جنووس (Genovese) و همکاران [۱۹]، که در پژوهش خود به بررسی اثر جنس کرون نیز پرداخته بودند به این نتیجه رسیدند، که کرون‌های سفت‌تر نسبت به کرون‌های انعطاف پذیرتر تنش‌های بیشتری را در ناحیه‌ی سرویکال تولید می‌کنند. همچنین زارون و همکاران [۶]، با بررسی دو جنس آلومینا با مدلوس الاستیسیته‌ی بالا و سرامیک فلدسپات با مدلوس الاستیسیته‌ی پایین برای دو ترمیم با پست‌هایی با مدلوس‌های متفاوت و انجام آزمون FEM به این نتیجه رسید که آلومینا تنش بیشتری را نسبت به سرامیک در ناحیه‌ی سرویکال ایجاد می‌کند. نتایج این پژوهش به خوبی این نتایج را تایید می‌کند و با دیگر بررسی‌ها همانند است [۲۱-۲۰].

شماری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پست موازی بهتر بوده و تنش کمتری ایجاد می‌کند. در ضمن، با افزایش قطر پست فشار زیاد می‌شود و پست‌های تیپر فشار بیشتری ایجاد می‌کنند، که دلایل این اختلاف می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد. این بررسی بر روی دندان مولر با دو ریشه انجام گردیده است در حالی که شماری از بررسی‌های یاد شده بر روی دندان‌های تک ریشه

Archive of SID

www.SID.ir

انجام شده‌اند. این امکان وجود دارد که پست‌های موازی برای دندان‌های تک ریشه و پست‌های مخروطی برای دندان‌های چند ریشه پست‌هایی مطلوب باشند، چون هندسه‌های آنها با هم تفاوت زیادی دارند و توزیع تنش، بسیار به هندسه بستگی دارد. بیان این‌که پست‌های مخروطی اثر گوه‌ای دارند یک درک فیزیکی برای مسایل معین است و نمی‌توان با قاطعیت راجع به مسایل نامعین چنین قضاوتی کرد. درست است که با افزایش قطر پست‌ها ریشه ضعیف‌تر می‌شود ولی این افزایش قطر به افزایش سطح تماس و در نتیجه کاهش تنش می‌انجامد. بنابراین در افزایش و یا کاهش قطر پست‌ها و یا تغییر شکل آنها دو پرسش وجود دارد: ۱- ابعاد پست تا چه اندازه کوچک انتخاب شود تا کمترین برداشت از عاج به دست آید؟ ۲- ابعاد تا چه اندازه بزرگ انتخاب گردد تا بیشترین سطح تماس را داشته باشیم؟ در راستای یافتن این دو پرسش ممکن است به ابعاد و هندسه‌ای دست یافت که افزایش و یا کاهش ابعاد آن شرایط نامناسبی را ایجاد نماید.

نتیجه‌گیری

- پست‌های پیش‌ساخته باعث تمرکز تنش‌های زیادی در ناحیه‌ی سرویکال می‌شوند.
- با افزایش قطر پست، تنش‌های بسیار بالا در ریشه کاهش می‌یابند.
- پست‌های مخروطی نسبت به پست‌های موازی تنش‌های کمتری را در ناحیه‌ی سرویکال تولید می‌کنند.
- جنس کرون اثر کمی روی توزیع تنش‌ها خواهد داشت.

سپاسگزاری

این پژوهش با پشتیبانی مالی و معنوی معاونت تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام پذیرفته است که به این وسیله مراتب سپاسگزاری از این معاونت اعلام می‌گردد.

*****

References

1. Nazarimoghaddam K, Asadian H. Endodontics: Principles and Practice. 2th ed. Tehran; Tehran University: 2004. p. 4-5.
2. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. Dent Mater 2008; 24: 1405-1411.
3. Torabinejad M, Walton RE. Endodontics: Principles and Practice. 4th ed. Washington; Saunders: 2009. p. 24-29.
4. Dieter G.E. Mechanical Metallurgy. 2nd ed., St. Louis, McGraw-HILL Book Company: New York; 1976: p. 190.
5. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. J Prosthet Dent 2005; 94: 321-329.
6. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R, et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis. Dent Mater 2006; 22: 1035-1044.
7. Uddanwadiker RV, Padole PM, Arya H. Effect of variation of root post in different layers of tooth: linear vs nonlinear finite element stress analysis. J Biosci Bioeng 2007; 104: 363-370.
8. Ash MM, Nelson S. Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. 8th ed. Philadelphia; W.B.Saunders Co: 2003. p. 221.
9. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. Biomaterials 2002; 23: 2667-2682.
10. Okada D, Miura H, Suzuki C, Komada W, Shin C, Yamamoto M, et al. Stress distribution in roots restored with different types of post systems with composite resin. Dent Mater J 2008; 27: 605-611.

Archive of SID

www.SID.ir

11. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. Crit Rev Oral Biol Med 2003; 14: 13-29.
12. Johnson JK, Sakumura JS. Dowel form and tensile force. J Prosthet Dent 1978; 40: 645-649.
13. Drummond JL, Toepke TR, King TJ. Thermal and cyclic loading of endodontic posts. Eur J Oral Sci 1999; 107: 220-224.
14. Maceri F, Martignoni M, Vairo G. Mechanical behaviour of endodontic restorations with multiple prefabricated posts: a finite-element approach. J Biomech 2007; 40: 2386-2398.
15. Okamoto K, Ino T, Iwase N, Shimizu E, Suzuki M, Satoh G, et al. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in composite resin cores with fiber posts of varying diameters. Dent Mater J 2008; 27: 49-55.
16. Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. J Prosthet Dent 1996; 75: 375-380.
17. Trabert KC, Caput AA, Abou-Rass M. Tooth fracture--a comparison of endodontic and restorative treatments. J Endod 1978; 4: 341-345.
18. Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. J Prosthet Dent 1996; 75: 140-147.
19. Genovese K, Lamberti L, Pappalettere C. Finite element analysis of a new customized composite post system for endodontically treated teeth. J Biomech 2005; 38: 2375-2389.
20. Toparli M. Stress analysis in a post-restored tooth utilizing the finite element method. J Oral Rehabil 2003; 30: 470-476.
21. Yaman SD, Alaçam T, Yaman Y. Analysis of stress distribution in a maxillary central incisor subjected to various post and core applications. J Endod 1998; 24: 107-111.

Archive

www.SID.ir