تحقیقی

مجله دندانپزشکی جامعه اسلامی دندانپزشکان/ دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۳۸۴، ۹۰-۹۷

بررسی توزیع تنش در دندانهای بازسازی شده با پست و کور بعد از درمان ریشه به روش اجزای محدود

دکتر حمید کرمانشاه* – دکتر منصوره میرزایی* – دکتر لادن رنجبر عمرانی**

*– استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران.

**– متخصص دندانپزشکی ترمیمی.

چکیده

زمینه و هدف: *ترمیم مناسب دندانهای درمان ریشه شده موضوعی است که بسیار مورد بحث می‌باشد. چنین دندانهایی اکثراً به خاطر پوسیدگیها و ترمیمهای وسیع، از دست رفتن مارجینال ریج‌ها و حفره دسترسی، گیر مناسب جهت قسمت تاج را از دست داده و نیاز به گسترش داخل کانال ریشه (Post) جهت گیر دارند، در چنین مواردی ارزیابی توزیع تنش برای این دندانها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.*

روش بررسی: *در این مطالعه برای تحلیل تنش از روش اجزای محدود (Finite element) سه بُعدی استفاده شده است. دندان پرمولر فک پایین مدل سازی شده و توسط پست و کراون ریختگی و روکش طلا (Precious) بازسازی شد. نمونه تحت نیروی سیصد نیوتن با زاویه نود و ۴۵ درجه قرار گرفت و نتایج به صورت گرافیکی و به شکل تنشهای Vonmises کششی و فشاری نشان داده شد.*

یافته‌ها: *بیشترین میزان تنش در ناحیه یک سوم سرویکال بود. میزان تنش تحت نیروی مایل ۱۱۰/۵ مگاپاسکال و تحت نیروی عمودی ۳۸ مگاپاسکال بود.*

نتیجه‌گیری: *بیشترین میزان تنش در ناحیه سرویکال دندان ایجاد شد و تنشها تحت نیروی مایل بیش از نیروی عمودی بود و به نظر می‌رسد با اثر فرول در روکش می‌توان میزان تنشها را در ناحیه سرویکال کاهش داد.*

کلید واژه‌ها: *روش اجزای محدود ـ توزیع تنش ـ پست و کور*

وصول مقاله: ۸۳/۴/۱۰ اصلاح نهایی: ۸۳/۱۰/۲۲ پذیرش مقاله: ۸۳/۱۱/۲۹

نویسنده مسئول: گروه ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران kermanshahhamid@yahoo.com

مقدمه

روش اجزای محدود (Finite element) یک روش عددی برای حل معادلات دیفرانسیل است. به طور کلی برای حل مسائل فیزیکی دو روش وجود دارد. یکی حل دقیق (Exact solution) و دیگری حل عددی (Numerical solution).

در روش حل دقیق، سعی در بدست آوردن جواب تحلیلی معادلات دیفرانسیل حاکم بر میدانهای فیزیکی است، در حالی که در روش عددی به حل تقریبی این مسائل می‌پردازد.

از جمله مزایای حل عددی به‌خصوص روش اجزای محدود نسبت به حل دقیق به شرح زیر است.

۱- روش حل دقیق غالباً از تحلیل مدل‌های با هندسه پیچیده ناتوان است و تنها روشهای عددی بخصوص اجزای محدود در این زمینه کارساز است.

۲- در حل معادلات دیفرانسیل در پاره‌ای موارد با شرایط مرزی که دارای پیچیدگی نیز می‌باشد روش حل دقیق ممکن نمی‌باشد و تنها روش عددی در حل این مسائل به کار می‌رود. در روش اجزای محدود ناحیه محل پیچیده دوبعدی و یا سه بُعدی پس از ترمیم به اجزای کوچکتری به نام (Element) با خصوصیات فیزیکی مخصوص به خود تقسیم می‌شود.

بازسازی مناسب دندانهای درمان ریشه شده موضوعی است که همواره مورد بحث و ارزیابی قرار می‌گیرد.

با توجه به موفقیت بالای ۹۵٪ درمان اندو، علت اصلی شکست و عدم موفقیت درمان این دندانها مربوط به ترمیم و بازسازی نامناسب تاج دندانهای درمان ریشه شده می‌باشد, لذا بازسازی مناسب چنین دندانهایی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.(۱)، این دندانهای درمان ریشه شده به دلیل از بین رفتن مکانیسم (Feed-back) حسی- عصبی ناشی از برداشت بافت پالپ ممکن است تحت نیروی جونده بیشتری قرار گیرند(۲) و از طرفی در اکثر دندانهای درمان ریشه شده به خاطر پوسیدگی و ترمیمهای وسیع قبلی و از دست رفتن مارجینال ریج‌ها و تهیه حفره دسترسی جهت درمان ریشه، نسج زیادی از تاج دندان از دست رفته، لذا جهت گیر قسمت کور نیاز به گسترش در داخل کانال ریشه یا همان قرار دادن پُست می‌باشد.(۳)

علاوه بر نقش اصلی گیر قسمت کور توسط پُست، در گذشته آن را عامل تقویت‌کننده دندان درمان ریشه شده می‌دانستند. به همین دلیل به طور رایج در این دندانها مورد استفاده قرار می‌گرفت ولی مطالعات اخیر این مسئله را مورد تردید قرار داده و نتایج متفاوتی در مورد اثرات پست در نحوه توزیع تنش در دندانها بدست‌آمده است.(۴ـ۶)، در تحقیق Ko و همکارانش(۷)روش تحلیل اجزای محدود دوبُعدی برای بررسی اثر پست در کاهش تنش در دندانهای بدون عصب عنوان شده است. پست اثر نیروهای مایل را تنها ۳٪ـ۸٪ کاهش می‌دهد در حالی که اثر نیروهای عمودی را ۲۰٪ کاهش می‌دهد و با توجه به این که دندانهای قدامی به طور طبیعی تحت نیروی عمودی نمی‌باشند اثر تقویت‌کنندگی پست را در آنها مورد تردید قرار داده است. اگرچه بعضی مطالعات لابراتواری عنوان می‌کنند که پست دندانهای قدامی درمان ریشه شده را تقویت می‌کند(۸-۹) ولی اکثر مطالعات بیان می‌کنند که مقاومت به شکست با قراردادن پُست نه تنها افزایش نمی‌یابد بلکه تا حدودی کاهش می‌یابد.(۱۰)

در مطالعه‌ای که توسط Holmes و همکاران در سال ۱۹۹۴ انجام شد اثر پست در توزیع فشار در عاج را به دو روش اجزای محدود (FE) سه بُعدی بررسی و بیان کردند که پُست سبب تقویت دندان نمی‌گردد و ترمیم با پست در مقایسه با مدل‌های بدون پُست در کاهش فشار عاجی در دندانهای تک ریشه تاثیر بسزایی ندارد.(۱۱)

در مطالعه دیگر که توسط Assif و همکاران وی در سال ۱۹۸۹ در مورد انتقال تنش در دندانهای درمان ریشه شده به بافتهای نگهدارنده به وسیله مواد فتوالاستیک انجام گرفت، مشخص شد که تحت نیروهای جانبی، پُست‌های مخروطی فشارهای بیشتری را در CEJ نسبت به آپکس ایجاد می‌کنند. (۱۲)

Caillerteaue و همکارانش در سال ۱۹۹۲ از روش تحلیل اجزای محدود (FE) دو بُعدی در توزیع فشار در دندانهای درمان ریشه شده را بررسی و بیان کردند که با قراردادن پُست حداکثر فشار به انتهای آپیکال پست منتقل می‌شود.(۱۳)

در سال ۱۹۹۴ در تحقیقی که Holmes و همکارانش در مورد تاثیر ابعاد پُست بر روی توزیع تنش در عاج به روش تحلیل اجزای محدود (FE) سه بُعدی انجام دادند، مشخص کردند که بیشترین میزان تنش فشاری و کششی در عاج سمت لینگوال در سطح ریشه و در قسمت $\frac{1}{3}$ کرونالی آن و در نزدیکی کرست استخوان می‌باشد که این تنش در سمت لینگوال به صورت فشاری و در سمت باکال به صورت کششی می‌باشد.(۱۱)

با توجه به اطلاعات متفاوتی که در مورد توزیع تنش در پست‌های ریشه ذکر گردید و از طرفی امکان انجام تحلیل

اجزای محدود سه بُعدی که به تازگی در ایران فراهم شده است، در این مقاله سعی شد با تحلیل اجزای محدود سه بُعدی نحوه توزیع تنش در دندانهای درمان ریشه شده‌ای که به طریق پست و کراون بازسازی شده‌اند را بررسی و ارزیابی نماید.

روش بررسی

در این مطالعه از روش اجزای محدود برای بررسی نحوه توزیع تنش استفاده شد که هندسه جسم مورد آنالیز را مدل‌سازی می‌نماید و جسم را به اجزای کوچکتری به نام اِلمان تقسیم می‌کند که تحلیل براساس عناصر قرار گرفته بر روی مدل انجام می‌شود.

هر عنصر خود از گره‌هایی تشکیل شده که مقادیر ورودی و خروجی به آنها اختصاص داده می‌شود. برای تهیه مدل نیاز به نقاط کلیدی است که در تعیین شکل اصلی جسم دخالت دارند. برای رسیدن به این هدف ابتدا از جسم مقاطع عرضی تهیه می‌گردد که در این مطالعه از تصاویر سی‌تی – اسکن استفاده شد که از یک دندان پرمولر دوم سالم فک پایین بدون ضایعه با ابعاد و فرم آناتومیک طبیعی برشهایی با فاصله عرضی ۰/۵ میلی‌متر تهیه شد.

به علاوه از تصاویر سی‌تی ـ اسکن از مقاطع طولی دندان برای بدست آوردن موقعیت فضایی نقاط استفاده شد. سپس نقاط کلیدی بدست آمده در مقاطع وارد Autocad گردید و با یک نرم‌افزار حد واسط وارد نرم افزار Ansys روایت ۵/۴ شد. پس از آن در Ansys از روی نقاط خطوط و سطوح ایجاد شده و از سطوح حجم تهیه شد. هر کدام از این نقاط دارای مختصات Z، Y و X در فضای سه‌بُعدی می‌باشند و در مناطقی که جزئیات بیشتری دارند باید از نقاط بیشتری استفاده کرد.

در این مطالعه دندان پرمولر درمان ریشه شده با پست و کور و روکش ریختگی طلا بازسازی شد. میزان ساختمان باقی مانده در قسمت تاج سه میلی‌متر بالای CEJ در نظر گرفته شد.

کانال دندان به صورت مخروطی تهیه گردید به طوری که قطر قسمت آپیکال آن ۰/۳۵ میلی‌متر (به اندازه قطر فایل ۳۵) به فاصله ۰/۵ میلی‌متر از آپکس دندان و قسمت مدخل کانال قطری معادل Gate gliden شماره شش یعنی ۱/۴ میلی‌متر را داشت. چهار میلی‌متر انتهای کانال گوتاپرکا و نُه میلی‌متر باقی مانده برای پُست در نظر گرفته شد. روکشی با ضخامت دو میلی‌متر برای کاسپ فانکشنال و بقیه نواحی با ضخامت ۱/۵ میلی متر را با مارجین چمفر مدل شد. بقیه ساختمان باقی مانده تاجی به عنوان کور در نظر گرفته شد.

در این مدل سمان چسباننده روکش با توجه به اینکه به دلیل نازک بودن در مدل سه بُعدی می‌تواند خطاهای ژئومتری ایجاد نماید مدل نشده و سمان چسباننده پست و سمان پوشاننده ریشه هم به دلیل نازک بودن و داشتن ضریب الاستیسیته نزدیک به عاج مدل نشده و جز عاج محسوب گردید.

پس از مدل‌سازی، شبکه‌بندی با عناصر آجری هشت گرهی انجام شد. Solid 45 یک عنصر بلوکی سه‌بُعدی است که برای سازه‌های جامداتی ایزوتوپ به کار می‌رود که دارای هشت گره می‌باشد. تعداد عناصر ۱۰۲۶۴۹ و تعداد گره‌ها ۲۰۷۲۴ عدد می‌باشد. سپس خواص فیزیکی شامل ضریب پوآسون و مدلوس الاستیسیته قسمتهای مختلف مشخص گردید (جدول ۱).

در این مطالعه کلیه مواد ایزوتوپ، خطی و همگن فرض شدند.

در مطالعه حاضر کلیه نقاط گره سطح خارجی ریشه یک میلی متر پایینتر از CEJ که درون استخوان کورتیکال قرار

دارند ثابت شد و اجازه حرکت در هیچ جهتی داده نشد. این عمل از نظر کیفی تاثیری در نتایج ندارد بلکه تاثیر پریودنتال لیگامنت به صورت کمیّ است که باعث کاهش تنشهای ایجاد شده می‌گردد.

جدول ۱: ضریب پواسون و مدلوس الاستیسیته موادمختلف

ضریب پواسون	یانگ مدلوس MN/m^2	ماده	رفرنس
۰/۳۲	۱۸/۶۰۰/۰	عاج	۱۲
۰/۳۰	۴۱/۴۰۰/۰	مینا	۱۲
۰/۴۵	۰/۶۹	گوتاپرکا	۱۲
۰/۳۳	۷۷/۲۰۰/۰	طلای ریختگی	۱۲

بارهای اعمال شده به صورت:

۱ – بارگذاری عمودی در سه نقطه (نوک کاسپ باکال و مارجینال ریج‌ها) که با توجه به متوسط نیروی وارد شده بر دندانهای پرمولر در حین جویدن مجموعاً سیصد نیوتن بار اعمال شد.(۱۴)

۲ – بارگذاری با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور طولی که بر روی کاسپ باکال معادل سیصد نیوتن بار اعمال شد. (۱۴)

پس از آن مسئله حل شد و نتایج به صورت تنشهای معادل (Von misses) و تنشهای کششی و برشی ارائه گردید.

حل مسئله در این مطالعه آنالیز استاتیک است. زمان حل مسئله به تعداد گره‌ها و عناصر، RAM کامپیوتر و CPU بستگی دارد و در نهایت نتایج به صورت کانتورهای تنش، در نمودار مشخص می‌گردد.

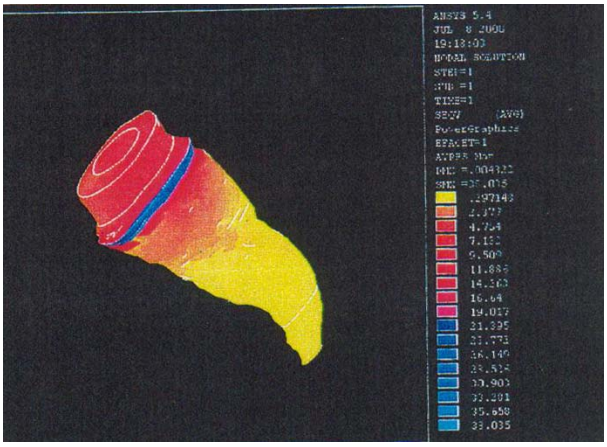
یافته‌ها

۱ – *توزیع تنش تحت نیروی عمودی(Mod v)*

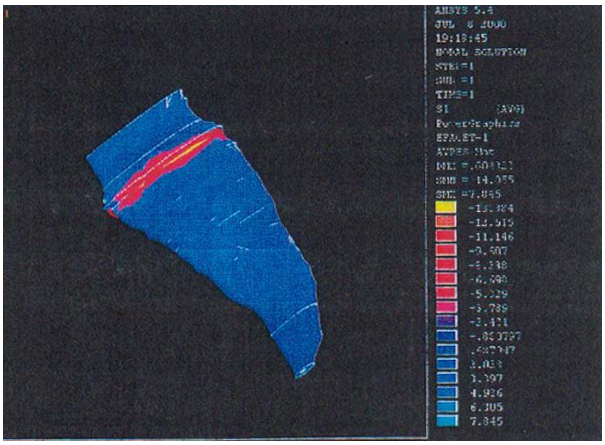
بیشترین میزان تنش ایجاد شده در عاج ریشه (SEQV) در محل تماس روکش فلزی با عاج دندان می‌باشد.

به طور کلی بیشترین تنش کششی در $\frac{1}{3}$ سرویکال ریشه و در حدود ۳۱ مگاپاسکال بود که میزان تنش به سمت اپیکال کاهش می‌یافت.

بیشترین میزان تنش کششی (S_1) حدود ۶/۴ مگاپاسکال و بیشترین میزان تنش فشاری در حدود ۴۰/۵ مگاپاسکال بود. (اشکال ۱ و ۲) که محل تنشها در $\frac{1}{3}$ سرویکال می‌باشد.

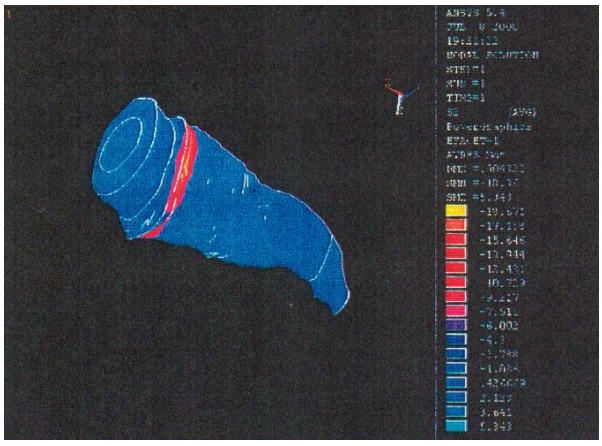


الف

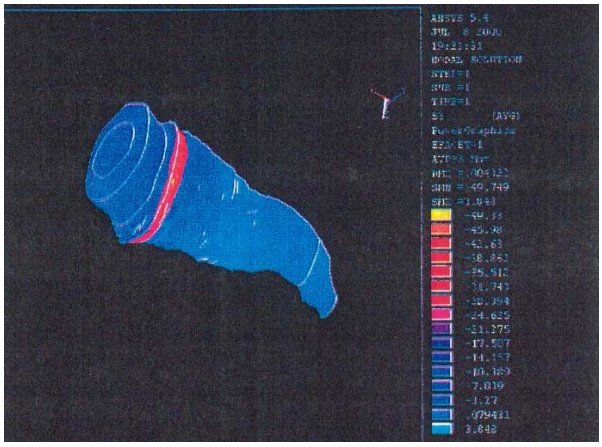


ب

شکل ۱: میزان تنشهای Von mises و S1 در مدل اول تحت نیروی عمودی

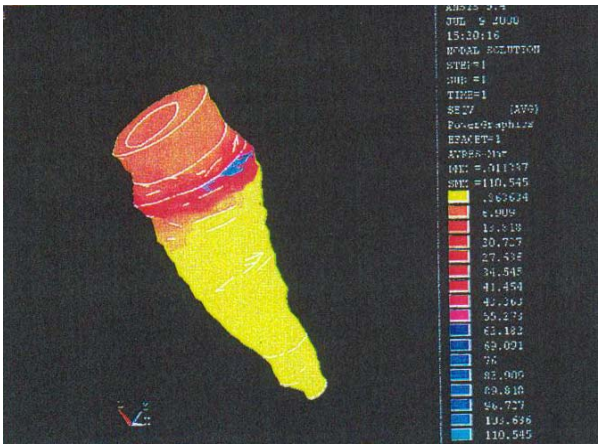


الف

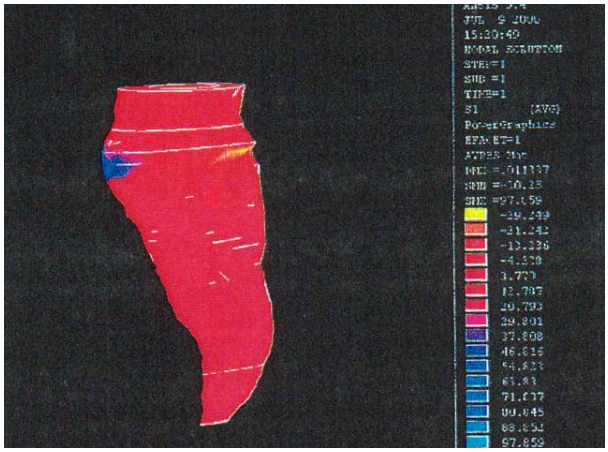


ب

شکل۲: میزان تنشهای S2 و S3 در مدل اول تحت نیروی عمودی

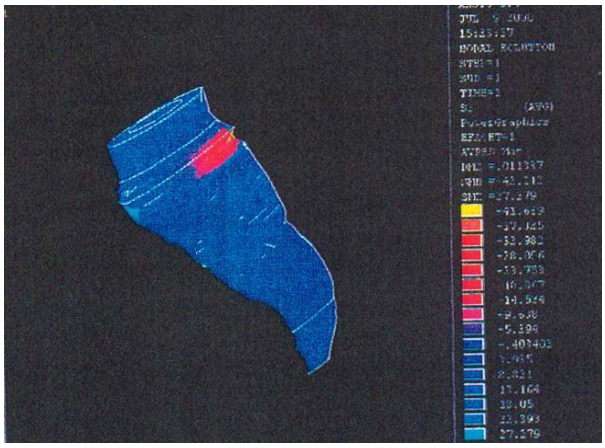


الف

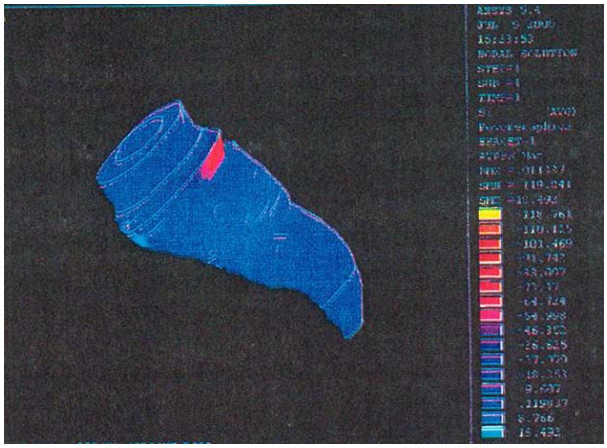


ب

شکل ۳ : میزان تنشهای Von mises و S1 در مدل اول تحت نیروی مایل



الف



ب

شکل ۴: میزان تنشهای S2 و S3 در مدل اول تحت نیروی مایل

۲ – توزیع تنش تحت نیروی مایل (Mod_10)

بیشترین میزان تنش (SEQV) در ناحیه $\frac{1}{3}$ سرویکال ریشه در محل تماس روکش فلزی با عاج دندان در سمت باکال و لینگوال دندان و در حدود ۸۳ مگاپاسکال بود و بیشترین میزان تنش کششی (S_1) حدود۸۵ مگاپاسکال در سمت باکال (سمت وارد شدن نیرو) و بیشترین میزان تنش فشاری ۹۳ مگاپاسکال در سمت لینگوال بود. در این حالت تنشهای ایجاد شده در ناحیه سرویکال دندان تحت نیروی مایل ۶۳/۷٪ بیش از تنشهای ایجاد شده تحت نیروی عمودی بود. (اشکال ۳-۴)

بحث

امروزه با پیشرفتهای زیادی که در زمینه علوم مختلف مخصوصاً کامپیوتر صورت گرفته است، افقهای تازه‌ای جهت بررسی و شناخت رفتار بیومکانیکی اعضا و اندامهای مختلف بدن گشوده شده است. در موردی که امکان آزمایش به صورت زنده (In –Vivo) برروی سیستم‌های فیزیولوژی وجود ندارد خصوصاً زمانی که شرایط آزمایش بحرانی و تخریب‌کننده باشد، علم کامپیوتر و نرم‌افزارهای مربوطه توانسته‌اند مدلی فراهم آورند که شرایط آزمایشهای لازم را تقلید نمایند، هرچند نتایج این مدل‌ها باید در یک محیط بیولوژیکی و کلینیکی مناسب بررسی شوند. در واقع این مدل‌های ریاضی با بهره‌وری از نتایج حاصل از آزمایشهای تایید شده کلینیکی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

آنچه در این مطالعه مشخص شد بیشترین میزان تنش در ناحیه سرویکال دندان و محل رسیدن دندان به استخوان (تکیه‌گاه) بود. تکیه‌گاه در واقع محل قرارگرفتن استخوان آلوئول است.

این نحوه توزیع تنش مشابه بسیاری از تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌باشد.(۱۵،۱۳،۱۱)

در مطالعه Piersnard و همکارانش که یک دندان قدامی را درون استخوان اسفنجی به صورت سه‌بُعدی مدل کرده بودند و بیشترین اثر پُست بر روی تنش در بافتهای نگهدارنده در ناحیه سرویکال بود.(۱۶)

تحقیق Assif و همکارانش هم از نظر نحوه توزیع تنش مشابه این مطالعه می‌باشد.(۱۲)

تحقیق Cailleteaue اثر پُست بر دندان را به روش اجزای محدود دوبُعدی انجام داد، برخلاف یافته مطالعه حاضر می‌باشد و بیشترین محل تمرکز تنش را در محل انتهای پُست عنوان کرده است.(۱۳)

به نظر می‌رسد این تفاوت به دلیل نحوه مدل کردن دندان در مطالعه Cailleteaue می‌باشد. مدل به صورت دندان سالم با حفره دسترسی پرشده با آمالگام بود، که پست درون کانال دندان قرار گرفته بود.

با توجه به این نکته که یک جسم با مدلوس الاستیسیته بالاتر درون جسمی با مدلوس الاستیسیته پایینتر قرار گرفته باعث ایجاد این نحوه توزیع تنش گردیده است.

Ko و همکارانش اثر پُست بدون روکش را بررسی و عنوان کردند که پُست اثر نیروهای مایل را کاهش نمی‌دهد ولی در کاهش نیروهای عمودی به میزان حدود ۲۰٪ موثر است.(۷)

Holmes و همکارانش هم اثر پُست و روکش و اثر روکش به تنهایی را بررسی و عنوان کردند که پُست‌های فلزی فشارها را در ناحیه سرویکال به میزان حدود ۱۰٪-۱۴٪ کاهش می‌دهند.(۱۱)

Assif و همکارانش تنشهای منتقل شده از دندان درمان ریشه شده به بافتهای نگهدارنده اطراف را با استفاده از روش فتوالاستیک بررسی کردند بیشترین میزان تنش در انتهای

آپیکال مشاهده شد و پس از آن ناحیه سرویکال بود و تنش آپیکال در پست‌های موازی بیشتر بود.

استفاده از روکش باعث تجمع تنش در ناحیه سرویکال دندان گردید و اثر پست را از بین برد. میزان تنش در ناحیه سرویکال مشابه زمانی بود که روکش تنها استفاده شده بود. (۱۲)

تحقیق Pierrsnart و همکارانش که انواع ترمیمهای کرونالی را در یک مطالعه اجزای محدود سه بُعدی مقایسه کرده‌اند تایید شده است و عنوان کرده‌اند که دندانها بدون توجه به نوع ترمیم در ناحیه سرویکال تحت تنش بالایی می‌باشند و عدم وجود فرول سبب افزایش تنش در ناحیه سرویکال می‌گردد. فرول محیطی اثر مکانیکی انواع پست و مواد کراون در توزیع فشار را از بین برده است هرچند وجود پُست نسبت به زمانی که از آن استفاده نشده تنش را به میزان کمی در ناحیه سرویکال کاهش داده است.(۱۶)

Yaman و همکارانش این موضوع را با مطالعه Finite element نیز تایید کرده‌اند.(۱۵)

با توجه به این بررسی و مطالعات قبلی چنین به نظر می‌رسد که پُست سبب توزیع یکنواخت تنش در امتداد ریشه نمی‌شود و قرار دادن روکش بر روی آن نقش پُست و نوع پُست به کار رفته را کمرنگ می‌سازد و سبب تجمع تنش در ناحیه سرویکال دندان اطراف مارجین روکش می‌گردد. علت این تجمع تنش:

۱– فشار ایجاد شده به وسیله روکش در مارجین‌های چمفر

۲– انتقال از مواد سخت به مواد با سختی کمتر (عاج) می‌باشد.

بنابراین به استناد تحقیقات انجام شده و نتایج این مطالعه مشخص می‌گردد با توجه به اینکه کور توسط روکش با حدود ۱/۵–۲ میلی‌متر مارجین بر روی ساختمان سالم دندان پرشده حمایت می‌شود و این در برگرفتن دو میلی متر اثر فرول ایجاد می‌نماید، از شکستن ریشه دندان در مارجین‌های سرویکال جلوگیری می‌کند. روکش نیروها را به میزان بیشتری جذب کرده و آنها را به عاج ریشه با سختی کمتر منتقل می‌نماید و توزیع نیروها در امتداد ریشه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، در نتیجه سیستم پُست اهمیت خود را از دست می‌هد و طرح پُست اثر محدودی در مقاومت دندان به شکستن دارد. بنابراین هنگام نیاز به استفاده از پُست بهتر است از طرحهایی استفاده شود که ساختمان عاجی بیشتری را حفظ می‌نمایند.

یافته دیگر مطالعه این بود که نیروهای جانبی نسبت به نیروهای عمودی تجمع تنش بالاتری در $\frac{1}{3}$ سرویکالی ریشه ایجاد می‌نمایند، با توجه به آنکه محور چرخش دندان در ناحیه کرست استخوان آلوئول می‌باشد، تنشها در اطراف ریشه بوده در حالی که تجمع نیرو در کانال ریشه حداقل می‌باشد.(۱۷)، این روش توزیع نیرو حساسیت به شکستن دندانها را در ناحیه سرویکال زمانی که تحت نیروهای جانبی هستند توجیه می‌نماید. بنابراین همان طور که در تحقیقهای دیگر هم عنوان شده است قراردادن پست در کانال یا منطقه صفر نیروها قابل صرفنظر کردن است چون پُست نیروهای اندکی را در این موقعیت جذب می‌نماید.(۱۱و۱۷)، ولی تحت نیروی عمودی با توجه به آنکه پُست در امتداد نیروهای وارده می‌باشد به نظر می‌رسد مقداری از تنشها را جذب کرده و در خود مستهلک می‌نماید.

نتیجه‌گیری

تمرکز عمده نیروهای مضغی که از طریق پُست به ریشه دندان منتقل می‌گردد، ناحیه سرویکال دندان می‌باشد و تنشها تحت نیروی مایل بیش از نیروی عمودی است.

REFERENCES

1. Vier DE. Failure of endodontically treated teeth. Classification and evaluation. J Endod 1991;17:338-42.
2. Robbins JW. Restoration of endodnotically treated tooth. Dent Clin North Am 2002;46:367-84.
3. Gutmann JL. The dentin – root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1992;67:458-65.
4. Sorensen JA, Martinoff JL. Intracoronal reinforcement and coronal coverage. A study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1984;51:780-89.
5. Mormann WH, Binf A, Luthy H, Rathke A. Effects of preparation and luting system on all- ceramic computer – generated crowns. Int J Prosthodont 1998;11:333-39.
6. Valderhaug A, Jokstal A, Ambjonsen E, Norheim PW. Assessment of periapical and clinical states of crowned teeth over 25 years. J Dent 1985;25:97-103.
7. Ko CH, Chung K, Lee M. Effect of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth. J Prosthet Dent 1992;68: 421-7.
8. Trabert KC, Caputo AA, Abou- Rass M. Tooth fracture – a comparison of endodontic and restorative treatments. J Endod 1978;4:341-45.
9. Kantor ME, Pines MS. A comparative study of restorative techniques for pulpless teeth. J Prosthet Dent 1977;38: 405-12.
10. Guzy GE, Nichols JE. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. J Prosthet Dent 1979;42:39-44.
11. Holmes M, Lee SH, Chen H, Lee M. Three–dimensional finite element analysis of the effect of posts on stress distribution in dentin. J Prosthet Dent 1994;72:367-72.
12. Assif D, Oren E, Marshak BA, Viv. Phothoelastic analysis of stress transfer by endodontically treated teeth to supporting structuring using different restorative techniques. J Prosthet Dent 1989;61:535-43.
13. Cailleteaue JG, Rieger MRm, Akin JED. A comparison of intracanal stress in a post-restord tooth utilizing the finite element method. J Endod 1992;11:540-44.
14. Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials, 11th ed. USA:Mosby; 2002,551-556.
15. Yaman SD, Alacamt, Yaman Y. Analysis of stress distribution in maxillary central incisor subjected to various post and core application. J Endod 1998;24:107-110.
16. Pierisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono – radicullr reconstruction of pulpless teeth: A mechanical study using finite element analysis. J Prosthet Dent 2002; 88: 442-8.
17. Assif O, Gorfilc Biomechanial Considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1994;71: 585-89.