تأثیر Ferrule effect روی ثبات بیومکانیکی دندان‌های بازسازی شده با پست و کور و کراون: مروری بر مقالات

دکتر سارا کوشا[۱†]- دکتر عزت اله جلالیان[۲]

۱- استادیار گروه آموزشی پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه آموزشی پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران

Ferrule effect and the biomechanical stability of teeth restored with cores, posts and crowns: Literature Review

Sara Koosha[1†], Ezatolah Jalalian[2]

1†- Assistant Professor, Department of Prosthodontic, School of Dentistry, Islamic Azad University, Tehran, Iran (koosha_sa2003@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Prosthodontic, School of Dentistry, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Background and Aims: Preserving intact coronal and radicular tooth structure is considered to be crucial for the optimal biomechanical behavior of restored teeth .The ferrule effect has been extensively studied and still remains controversial from many perspectives. The purpose of this study was to summarize the results of different issues related to the ferrule effect and published in journals listed in Pub Med.

Materials and Methods: The search was conducted from 1985-2014 from Pub Med and scientific dentistry internal journals using the following key words: Ferrule, Ferrule effect, Literature review, Fracture resistance, Fatigue, Finite element analysis.

Results: The finding showed that the presence of 1.5-2 mm high and 1mm thickness ferrule had a positive effect on the fracture resistance of endodontically treated teeth.

Conclusion: The presence of ferrule effect is essential for successful endodontic treatment. If a ferrule can performed, the teeth will have poor prognosis for survival.

Key Words: Endodontically treated teeth, Post and core, Review

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2015;28(3):254-65

† مولف مسوول: نشانی: تهران- پاسداران- نیستان دهم- دانشکده دندانپزشکی- دانشگاه آزاد اسلامی تهران- گروه آموزشی پروتزهای دندانی
تلفن: ۲۲۵۶۴۵۷۱ نشانی الکترونیک: koosha_sa2003@yahoo.com

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

چکیده

زمینه و هدف: حفظ نسج تاج دندانی در ناحیه سرویکال، جهت تأمین Ferrule effect به منظور بهبود خصوصیات بیومکانیک دندان اندو شده، اهمیت بالایی دارد. Ferrule effect موضوعی است که مطالعات زیادی درمورد آن صورت گرفته و مطالب ضد و نقیضی ارایه شده است. هدف این مطالعه جمع‌آوری نتایج تحقیقات مختلف در مورد Ferrule effect بر اساس مقالات موجود در Pub Med بود.

روش بررسی: این تحقیق روی مقالات جمع‌آوری شده از Pub Med از سال ۲۰۱۴-۱۹۸۵ و مجلات علمی- پژوهشی داخل کشور صورت گرفت و از کلمات کلیدی Finite element analysis, Fatigue, Fracture resistance, Literature review, Ferrule effect, Ferrule استفاده گردید.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد ارتفاع ۲-۱/۵ میلی‌متر و ضخامت ۱میلی‌متر Ferrule، در افزایش مقاومت به شکست دندان‌های اندو شده، تأثیر مهمی دارد.

نتیجه‌گیری: وجود Ferrule effect برای موفقیت درمان دندان‌های اندو شده ضروری است و اگر تأمین آن امکان‌پذیر نباشد، دندان مورد نظر از نظر کلینیکی پیش آگهی ضعیفی خواهد داشت.

کلید واژه‌ها: دندان‌های اندو شده، پست و کور، مرور

وصول:۹۳/۱۲/۲۵ اصلاح نهایی:۹۴/۰۷/۲۹ تأیید چاپ:۹۴/۰۸/۰۳

مقدمه

بازسازی تاج دندان اندو شده، به شیوه‌های مختلف صورت می‌گیرد و در این مورد بین کلینیسن‌ها، اختلاف نظر وجود دارد. این که دندان اندو شده نیاز به پست و کور دارد یا خیر، به میزان نسج تاجی باقیمانده و معیارهای فانکشنال بستگی دارد (۱).

در اکثر موارد، میزان نسج تاج دندان، کافی نبوده و از پست جهت فراهم کردن گیر کور استفاده می‌شود (۳-۱). سیستم پست و کور ریختگی روشی است که از مدت‌ها قبل به عنوان روش استاندارد، به کار گرفته شده است. با افزایش تقاضا برای تأمین زیبایی و سهولت کار، استفاده از پست‌های پیش ساخته وارد بازار شده‌اند. این پست‌ها ابتدا فلزی بودند ولی در سال‌های اخیر، نوع سرامیکی و پست‌های کامپوزیتی تقویت شده با فایبر (FRC)، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱،۴،۵). در دندان‌های اندو شده موفق، اولاً باید درمان ریشه موفقیت‌آمیز باشد (تأمین سیل آپیکالی مناسب) و ثانیاً متعاقب آن رستوریشن با تطابق خوب روی دندان قرار داده شود (ایجاد سیل کرونالی مناسب) (۶).

حفظ نسج تاجی در ناحیه سرویکال دور تا دور دندان که ایجاد Ferrule effect می‌کند، از نظر بیومکانیک نقش مهمی در موفقیت درمان دارد. Ferrule عبارت است از حلقه (Ring) یا کلاه (Cap) برای ایجاد استحکام. کلمه Ferrule احتمالاً از ترکیب دو لغت یونانی آهن (Ferrum) و دستبند یا بازوبند (Virola) گرفته شده است (۷). Ferrule effect در دندانپزشکی عبارت است از نوار یا حلقه فلزی از کراون که دیواره‌های موازی نسج تاجی دندان تا ناحیه شولدر تراش را احاطه می‌کند. Ferrule effect به عنوان نقش محافظتی در برابر استرس‌هایی نظیر نیروهای اهرمی فانکشنال مقاومت می‌کند. همچنین طی جایگذاری پست‌های مخروطی داخل کانال، نیروهای طرفی به سمت خارج اعمال می‌شوند و پدیده Ferrule، این نیروها را خنثی می‌کند (۸). تا کنون طرح‌های مختلفی از فرول توسط مقالات مختلف پیشنهاد شده است، ولی این که از یک طرح مشخص، بیش از بقیه حمایت شود، مطالعات کمی صورت گرفته است. اکثر مقالات، ضرورت ارتفاع فرول را بررسی نموده‌اند. اما در زمینه سایر خصوصیات دیگر نظیر ضخامت دیواره عاجی باقیمانده، محل و موقعیت قرارگیری دیواره‌های نسجی باقیمانده و میزان نیروهایی که رستوریشن باید تحمل کند، مطالعات کمی صورت گرفته است.

هدف این مطالعه، بررسی نتایج مقالات مختلف در زمینه خصوصیات مربوط به فرول شامل میزان ارتفاع، طراحی و محل قرارگیری نسوج دندانی باقیمانده و میزان ضخامت نسوج باقیمانده عاجی، روی ثبات بیومکانیکی دندان‌های باز سازی شده با پست و کور بود. این مقاله به صورت مروری بر مقالات مرتبط با Ferrule بوده و به بررسی و جمع‌بندی نتایج آن‌ها پرداخته است.

روش بررسی

برای انجام این تحقیق، مقالات مروری از Pub Med و مجلات علمی- پژوهشی دانشگاه‌های داخل کشور استفاده شدند. برای این

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

منظور از کلمات کلیدی Ferrule، Ferrule effect، Literature review (به صورت جداگانه و ترکیبی)، Fracture resistance، Fatigue، Finite element analysis استفاده گردید. مقالات Pub Med از نوع انگلیسی و در فاصله بین سال‌های ۱۹۸۵ الی ۲۰۱۴ انتخاب شدند. مقالاتی که یافته‌هایشان در قسمت خلاصه با موضوع مطالعه مورد نظر، مرتبط نبود، حذف گردیدند. آن‌هایی که موضوعشان مرتبط با بحث مورد نظر بود، انتخاب گردیده و نتایج آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین Website مجلات داخل کشور مورد استفاده قرار گرفتند. از ۱۰۵ مقاله، در مجموع ۶۰ مقاله (۹ مورد مقاله مروری و ۵۱ مورد مقاله اصیل) مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از این مقالات به دو گروه ۱- مطالعات لابراتواری (in vitro) (۴۴ مورد) و ۲- مطالعات آنالیز اجزاء محدود (Finite element analysis) (۷ مورد) تقسیم شدند. اکثر مقالات مورد بررسی از گروه مطالعات لابراتواری (in vitro) بودند، زیرا شرایط پیچیده محیط دهان، امکان بررسی نتایج به صورت in vivo را فراهم نمی‌کند. در اکثر مطالعات لابراتواری (in vitro)، جهت اعمال نیرو روی دندان‌ها، از روش Static استفاده شده بود (که در شرایط کلینیکی این نیرو به صورت تروما یا در نتیجه عادات پارافانکشن اتفاق می‌افتد). در تعداد محدودی از آن‌ها، به منظور شبیه‌سازی با شرایط محیط دهان، از روش Cyclic loading استفاده شده بود. در همه مقالات، دندان‌های تک ریشه‌ای انسان یا دندان گاو مورد استفاده قرار گرفته بودند و نیرو به طور پیوسته با زاویه‌ای نسبت به محور طولی دندان وارد شده بود تا شکست در نمونه‌ها صورت گیرد. حداکثر نیرویی که منجر به شکست نمونه‌ها شده بود و همین طور الگوی شکست نمونه‌ها، بررسی و با هم مقایسه شدند.

بحث و نتیجه‌گیری

عواملی که روی فرول تأثیر دارند به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌گردند. عوامل مستقیم شامل: ۱- ارتفاع فرول ۲- طرح فرول (تعداد دیواره‌های باقیمانده و محل قرارگیری آن‌ها) ۳- نوع دندان و جهت اعمال نیروهای طرفی روی آن ۴- پهنای فرول و عوامل غیرمستقیم شامل ۱- نوع سیستم پست و کور و ۲- نوع سمان می‌باشند.

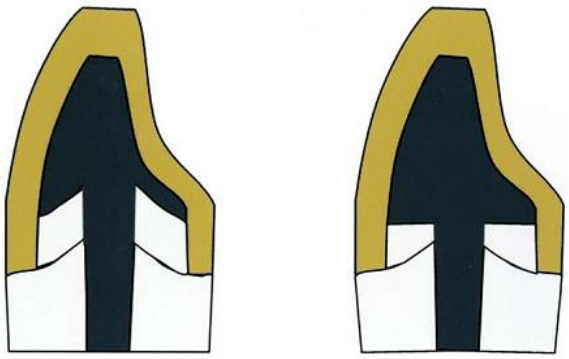
عوامل مستقیم:

۱- ارتفاع فرول (Ferrule height) در زمینه میزان ارتفاع فرول، بررسی‌های متعددی صورت گرفته است: مطالعه Ma و همکاران (۹) روی دندان‌های گاو نشان داد، در حالتی که میزان ارتفاع فرول به ترتیب ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌متر باشند، گروه‌هایی که ارتفاع آن‌ها ۰-۰/۵ و ۱ میلی‌متر بودند، با هم تفاوت معنی‌دار نداشته و تنها گروهی که ۲ میلی‌متر ارتفاع نسجی داشت، مقاومت بالاتری در برابر شکست (Fracture to resistance) نشان می‌دادند. مطالعه Libman و Nichollas (۱۰) نیز نشان داد که دندان‌های با ارتفاع نسج دندانی ۰/۵ و ۱ میلی‌متر، نسبت به گروهی که ارتفاع ۱/۵ و ۲ میلی‌متر داشته و تحت Cyclic loading قرار گرفته بودند، راحت‌تر دچار شکستگی شدند. به عبارتی نسبت به گروهی که ۲ میلی‌متر فرول داشتند، طی جویدن نیروی کمتری برای شکست آن‌ها لازم بود. مطالعه Naser mostofi و همکاران (۱۱) نیز نشان داد، افزایش ارتفاع فرول، مقاومت به شکست دندان‌های بازسازی شده با پست کوارتز فایبر را افزایش می‌دهد. اکثر مطالعات داشتن ارتفاع مناسب نسج دندانی برای مقاومت کراون در برابر نیروهای طرفی را ضروری می‌دانند. داشتن ارتفاع فرول ۱ میلی‌متر نسبت به حالتی که بدون فرول باشد، مقاومت در برابر نیروهای طرفی را تا دو برابر افزایش می‌دهد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که ارتفاع مورد نیاز فرول که بتواند به طور قابل توجهی در برابر نیروهای فانکشنال مقاومت کند، ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر است (۱۴-۱۰). به عبارتی کراون باید ۲ میلی‌متر ورای محل اتصال کور- دندان، گسترش یابد تا پدیده فرول به خوبی اعمال شود. حتی برخی مطالعات این میزان را تا ۳ میلی‌متر عنوان کرده‌اند (۱۵). هرقدر میزان ارتفاع نسج باقیمانده حد فاصل مارژین تراش تا محل اتصال کور- دندان بیشتر باشد، مقاومت در برابر نیروهای طرفی بیشتر خواهد بود. الگو و نوع شکست هم در ارتفاع‌های مختلف فرول، متفاوت است. آن‌هایی که ارتفاع فرول آن‌ها ۱ میلی‌متر است، شکست در مجموعه سیستم پست/کور/کراون در لایه سمان صورت می‌گیرد، در حالی که آن‌هایی که ۲ میلی‌متر هستند، شکست به صورت مایل در نسج دندانی اتفاق می‌افتد (۱۶).

۲- طرح فرول (تعداد دیواره‌های باقیمانده و محل قرارگیری آن‌ها): عامل دیگری که در مؤثر بودن فرول تأثیر دارد، وجود نسج

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

دندانی به صورت حلقوی دور تا دور دندان است. در بسیاری از مواقع، دیواره‌ها به علل مختلف نظیر پوسیدگی (که بیشتر در نواحی پروگزیمال اتفاق می‌افتد) و سایش‌ها (که عمدتاً سبب از دست رفتن دیواره باکالی می‌شوند)، از دست می‌روند. حتی گاهی اوقات حین تراش دندان، برای تأمین زیبایی رستوریشن، از دیواره باکال بیش از حد تراشیده شده و نازک می‌شود و عملاً دیواره باکالی مناسب باقی نمی‌ماند. در این حالت، فرول به صورت یک حلقه کامل نخواهد بود و بصورت فرول غیر یکنواخت (or incomplete ferrule partial Ferrule) در می‌آید که وجود آن بهتر از حالت بدون فرول است (۱۹-۱۷). مطالعه Tan و همکاران (۱۷) روی دندان‌های قدام فک بالا تأثیر طرح فرول یکنواخت و غیر یکنواخت روی مقاومت به شکست نیروها را نشان می‌دهد، به این صورت که گروهی از دندان‌ها، ۲ میلی‌متر نسج دندانی به طور یکنواخت دور تا دور دندان داشته و گروه دیگر در باکال و لینگوال ۲ میلی‌متر و در نواحی پروگزیمال ۰/۵ میلی‌متر نسج دندانی داشتند و ملاحظه شد، گروه اول مقاومت به شکست بالاتری نسبت به گروه دیگر دارند (شکل ۱).



شکل ۱- نمای شماتیک از دو نوع طرح فرول:فرول با ارتفاع یکنواخت (چپ) و ارتفاع غیر یکنواخت (راست)

در مطالعه مشابهی توسط Naumann و همکاران (۱۹)، تفاوت در مقاومت به شکست پس از Thermomechanical loading روی دندان‌های سانترال قدام بالا صورت گرفت و ملاحظه گردید.آن‌هایی که فرول با ارتفاع ۲ میلی‌متر دور تا دور دندان داشتند، در مقایسه با گروهی که فقط در باکال و لینگوال ۲ میلی‌متر فرول داشتند، مقاومت به شکست بیشتری دارند.

دو مطالعه جداگانه نیز نشان داد که تفاوتی در مقاومت به شکست بین فرول یکنواخت و غیر یکنواخت وجود ندارد (۱۸،۲۰). در این مطالعات از سمان رزینی برای سمان کردن پست FRC استفاده شده بود و کور از جنس کامپوزیت بود. احتمالاً نوع سمان، در این مورد نقش مؤثری داشته و توانسته است اثرات مثبت فرول را تحت تأثیر قرار دهد.

Aahadni و Gutteridge (۲۱) به بررسی تأثیر فرول غیریکنواخت (Partial ferrule) در مقایسه با حالت بدون فرول روی دندان‌های قدام بالا پرداختند. در گروه Partial ferrule نسج دندانی در سمت باکال به ارتفاع ۳ میلی‌متر باقیمانده بود و سه دیواره دیگر فاقد نسج عاجی بودند. نتیجه مطالعه آنان این بود که این گروه در مقایسه با گروه بدون فرول، مقاومت به شکست بالاتری در برابر نیروهای طرفی داشته و همچنین افزایش ارتفاع نسجی بیشتر از ۳ میلی‌متر، تأثیر معنی‌داری روی افزایش مقاومت در برابر نیروهای طرفی ندارد.

Ng و همکاران (۲۲) نیز عنوان کردند محل و موقعیت قرارگیری نسج سالم عاجی نسبت به وجود نسج عاجی دایره‌وار (۳۶۰ درجه دور تا دور دندان) مؤثرتر است. آن‌ها دندان سانترال بالا را مورد بررسی قرار داده و عنوان کردند، داشتن نسج کافی دندانی در سمت پالاتال به همان اندازه وجود نسج سالم حلقوی دور دندان، می‌تواند در برابر نیروها مقاومت کند. همچنین اگر دندان قدام بالا، تنها دیواره پالاتال را نداشته ولی سه دیواره دیگر را داشته باشد، مقاومت به شکست آن مشابه حالتی است که تنها دیوارهای باکال و لینگوال را داشته و سطوح مزیال و دیستال را ندارد. علت این است که بر اثر از دست دادن دیواره پالاتال، نیروهایی که به سینگولوم دندان وارد می‌شوند، می‌توانند در محل تماس پست/کور/ریشه وارد شده و شکست پروتز یا دندان اتفاق می‌افتد، ولی اگر دیواره پالاتال باقی مانده باشد، در برابر این نیروها مقاومت می‌کند.

از موارد دیگر که در طراحی فرول (Ferrule design) می‌توان به آن اشاره کرد، ایجاد بول در لبه نسج دندانی (محل اتصال کور به دندان) است. در این زمینه نیز مطالعات زیادی صورت گرفته و نتایج ضد و نقیضی حاصل شده است: Rosen و Partida-Rivera (۲۳) روی دندان‌های لترال بالاکه دارای ارتفاع فرول ۲ میلی‌متر بوده، مطالعه‌ای انجام دادند، در یک گروه در محل اتصال نسج دندانی /کور، بول به پهنای ۰/۲۵ میلی‌متر با زاویه تقارب ۶ درجه و گروه دیگر به

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

صورت Buttjoint و بدون بول آماده شدند. سپس یک پست پیچ شونده به همراه کور فلزی روی آن‌ها قرار داده شد. نهایتاً پست آنقدر داخل کانال پیچانده شده و محکم گردید تا ریشه یا پست دچار شکستگی شدند. آن‌ها نتیجه گرفتند که وجود Collar فلزی کور، که روی بول دندان را پوشانده، نقش عمده‌ای در کاهش شکستگی ریشه دارد. ولی باید در نظر داشت که به کارگیری نیروهای پیوسته و پیچ شونده در داخل ریشه عملاً در دهان اتفاق نمی‌افتد و حرکات مستقل و جداگانه‌ای روی پست و Collar ایجاد می‌شود. در مطالعه Barkhordar و همکاران (۲۴)، ۱ میلی‌متر نسج فرول و بول اصلاح شده (Modified bevel) به پهنای ۲ میلی‌متر با زاویه تقارب ۳ درجه در هر دیواره (که در مجموع برای دو دیواره مقابل ۶ درجه بود) و گروه دیگر ۱ میلی‌متر نسج فرول و به صورت Buttjoint بود، درنظر گرفته شد و مشخص گردید در گروهی که دارای بول و متعاقباً Collar فلزی بودند، مقاومت به شکست به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. همچنین الگوی شکست در این گروه‌ها متفاوت بود. آن‌هایی که Collar داشتند دچار شکست افقی (Horizontal fracture) بودند و آن‌هایی که بدون collar بودند، الگوی شکست عمودی را نشان می‌دادند. در مطالعه Joseph و Ramachandran (۲۵) نیز عنوان شد که Collar ریختگی به پهنای ۲ میلی‌متر، در افزایش مقاومت به شکست مؤثر است. اما برخی مطالعات هم عنوان کردند که Collar فلزی، مقاومت به شکست ریشه را افزایش نمی‌دهد (۷،۲۵،۲۶). در مطالعه Kutesa-Mutebi و Osman (۲۷) که روی دندان‌های سانترال، لترال و کانین بالا بررسی شده بود، دندان‌ها دارای پست FRC بوده و با کور کامپوزیتی بازسازی شده بودند و با سمان رزینی سمان شدند. یک گروه دارای بول به پهنای ۱ میلی‌متر و گروه دیگر به صورت Buttjoint بودند. نتایج حاصل نشان داد که ایجاد بول تأثیری روی مقاومت به شکست (Fracture resistance) ندارد. آنچه حائز اهمیت است این است که Collar به عنوان حلقه‌ای دور تا دور نسج دندانی را در بر می‌گیرد. پهنای Collar، جنس کور و نوع سمان به کار رفته، تأثیر Collar به عنوان فرول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هر قدر پهنای بول بیشتر باشد، نقش Collar به صورت Ferrule effect بیشتر آشکار می‌شود. همچنین کور فلزی این اثر را بیشتر از کورهای کامپوزیتی نشان می‌دهد (۲۸).

۳- نوع دندان و جهت نیروهای طرفی وارد شده به دندان: جهت اعمال نیرو در نواحی مختلف دهان متفاوت است. طی فانکشن نرمال، در دندان‌های خلفی نیرو در امتداد محور طولی آن‌ها وارد می‌شود و در قدامی‌ها بیشتر نیروهای لترالی به آن‌ها وارد می‌شود. Torbjorner و Fransson (۲۹) عنوان کردند که طرح اکلوزالی مناسب و تنظیم تماس‌های صحیح اکلوزالی نسبت به نوع سیستم پست و کور، نقش بسیار مؤثری در پروگنوز درمان دارد. در دندان‌های خلفی، چگونگی جهت اعمال نیرو روی آن‌ها و شکل سطح اکلوزالی (مانند افزایش ارتفاع کاسپ‌ها)، در بقاء رستوریشن مؤثر است. در صورتی که اکلوژن از نوع Group function بوده و ارتفاع کاسپ باکال بلند باشد، نیروهای لترالی بیشتری به دندان‌ها اعمال می‌شود (۳۰). همچنین وجود Facetهای وسیع روی سطح دندان‌ها، نشانه نیروهای اکلوزالی سنگین است. بنابراین هنگام ساخت رستوریشن، باید عواملی نظیر الگوی اکلوزالی و نیروهای پارافانکشنال، مورد توجه قرارگیرد، چرا که این عوامل نقش به سزایی در موقعیت رستوریشن خواهند داشت.

در دندان‌های مولر نیروها بیشتر به طور عمودی و در امتداد محور طولی دندان اعمال می‌شوند. در بسیار ی مواقع مشاهده می‌شود سطوح پروگزیمال از دست رفته و دیواره‌های باکال و لینگوال باقی مانده‌اند. در نتیجه کور تا نواحی پروگزیمال گسترش می‌یابد. ولی باید مراقب بود بیش از حد زیر لثه نرفته و به Biologic width آسیب نرساند. اگر حین گذاشتن کراون، ملاحظه شود ضخامت دیواره‌های باکال و لینگوال پس از تراش، به کمتر از ۱ میلی‌متر می‌رسد، بهتر است از طرح درمان Onlay به جای کراون کامل، استفاده شود.

در پرمولرها جهت اعمال نیرو هم به صورت عمودی و هم مایل خواهد بود. در پرمولرهای پایین، از آن جایی که کاسپ لینگوال کوتاه است، حین تراش، میزان زیادی از دیواره لینگوال از دست می‌رود. بنابراین می‌توان حداقل تراش را در این قسمت داد و از آنجایی که در محدوده زیبایی نیست، این ناحیه را فلز نمود. در پرمولرهای بالا، کاسپ باکالی آن‌ها معمولاً بلند بوده، امکان نیروهای طرفی روی آن‌ها زیاد است. بنابراین داشتن فرول باکولینگوالی برای آن‌ها ضروری است. از آن جا که این دندان‌ها در ناحیه Esthetic zone قرار دارند، لازم است تا از سمت باکال تراش دندان به حد کافی صورت گیرد.

در دندان‌های قدامی، جهت اعمال نیرو روی آن‌ها بیشتر به صورت

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

مایل است. به خاطر ملاحظات زیبایی، تراش از سمت باکال به میزان بیشتری انجام می‌شود، ولی در سمت پالاتال برای حفظ نسج بیشتر می‌توان آن را فلز نمود. این امر به ویژه در بیماران Deep bite اهمیت زیادی دارد (۳۱).

۴- ضخامت فرول (Ferrule thickness): گرچه اکثر مقالات در مورد ارتفاع فرول در حد ۲ میلی‌متر، اتفاق نظر دارند، ولی در مورد تأثیر ضخامت نسج عاج باقیمانده، مقالات کمی وجود دارد. همه آن‌ها معتقدند که ضخامت عاجی کمتر از ۱ میلی‌متر، مستعد شکست در برابر نیروهای طرفی خواهد بود. Tjan و Whang (۲۶) سه گروه ضخامت عاجی در سمت باکال با ارتفاع یکسان را در دندان سانترال بالا مورد بررسی قرار دادند: ضخامت‌های فرول ۱، ۲ و ۳ میلی‌متر بودند. مطالعه آن‌ها نشان داد که افزایش ضخامت دیواره عاجی باکال، تأثیری در افزایش مقاومت به شکست ندارد. Joseph و Ramachadran (۲۵) نیز در مطالعه جداگانه‌ای، به همین نتیجه رسیدند و اظهار کردند که وجود Collar اصلاح شده به پهنای ۲ میلی‌متر در محل کور/نسج دندانی، روی مقاومت به شکست تأثیر دارد، ولی میزان ضخامت نسج دندانی، تأثیر ندارد (جدول ۱).

جدول ۱- لیست مطالعات لابراتواری عوامل مستقیم که روی پدیده فرول تأثیر دارند

نوع عامل	نویسنده وسال آن	یافته مهم
	Ma 2009 (9) و همکاران	وجود حداقل ۲میلی‌متر برای مقاومت به شکست ضروری بوده و کمتر از آن تأثیری ندارد.
	Libman 1994 (10) و Nichols	نیروی لازم برای شکست دندان‌های با ارتفاع فرول ۰/۵ و ۱ میلی‌متر خیلی کمتر از گروه با ارتفاع ۱/۵ و ۲ میلی‌متر می‌باشد.
ارتفاع فرول	Akkayan 2004(13)	برای دندان‌های بازسازی شده با پست‌های زیرکونیا و پست‌های باند شونده به دندان، ارتفاع فرول حداقل ۲ میلی‌متر توصیه شده است.
	Pereira 2006 (15) و همکاران	ارتفاع ۳ میلی‌متر برای پست‌های پیش ساخته، توصیه شده است.
	Schmitter 2010 (16) و همکاران	محل شکست در دندان‌های با ارتفاع فرول ۱میلی‌متر در لایه سمان و برای ارتفاع ۲ میلی‌متر روی نسج دندانی به صورت مایل ایجاد می‌شود.
طرح فرول	Tan 2005 (17) و همکاران	مقاومت به شکست دندان‌ها برای مواردی که فرول بصورت حلقه کامل وجود دارد، بالاتر از حالت فرول غیر یکنواخت است.
	Sherfudhin 2011 (20) و همکاران	تفاوتی در مقاومت به شکست بین دو حالت فرول یکنواخت و غیر یکنواخت مشاهده نگردید.
	Al-Wahadni 2002 (21) و Gutteridge	داشتن فرول غیر یکنواخت بهتر از حالت بدون فرول است. ارتفاع فرول بیش از ۳ میلی‌متر تأثیری در افزایش مقاومت به شکست ندارد.
	Ng 2006 (22) و همکاران	در دندان‌های قدام بالا محل قرارگیری فرول در سمت پالاتال اهمیت بیشتری از سایر نواحی دیگر دارد.
	Rosen 1996 (23) و Partida Rivera	ایجاد بول در محل حد فاصل کور/نسج دندانی و قرار گرفتن Collar روی آن مقاومت دندان در برابر شکست را افزایش می‌دهد.
	Mutebi-Matabi 2004 Osman و (27)	وجود Collar در کور فلزی بیشتر از کور کامپوزیتی به صورت Ferrule effect خود را نشان می‌دهد.
نوع دندان ونیروهای طرفی	Torbjorner 2004 (29) و Fransson	ایجاد طرح اکلوزالی و تنظیم تماس‌های اکلوزالی نسبت به نوع پست و کور، نقش مؤثرتری در پروگنوز دندان دارد.
پهنای فرول	Tjan1 1985 (26) و Whang	افزایش ضخامت فرول بیش از ۱ میلی‌متر، تأثیری روی مقاومت به شکست دندان ندارد.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

عوامل غیرمستقیم یا ثانویه که روی فرول تأثیر دارند شامل ۱- نوع سیستم پست و کور و ۲- نوع سمان می‌باشند:

۱- تأثیر نوع سیستم پست و کور: مطالعات متعددی به بررسی انواع سیستم‌های پست و کور و تأثیر آن‌ها روی مقاومت به شکست در برابر نیروهای طرفی پرداخته‌اند. از جمع‌بندی مقالات این طور به نظر می‌رسد که نوع سیستم پست و کور، نسبت به میزان نسج تاجی، روی مقاومت به شکست دندان، تأثیر کمتری دارد (۳۷-۳۲). مطالعه Massa و همکاران (۳۸) روی دندان‌های پرمولر پایین نشان داد که در شرایط فرول یکسان، هنگامی که از پست پیش ساخته تیتانیومی و کور کامپوزیتی استفاده شود، نسبت به پست و کور ریختگی و پست کوارتز فایبر، مقاومت به شکست بالاتری ایجاد می‌شود. همچنین توصیه شده است زمانی که میزان فرول کمتر از ۲ میلی‌متر است، استفاده از پست و کور ریختگی، نسبت به سایر پست‌ها، ارجح است (۳۹،۴۰). مطالعه Akkayan (۱۳) روی دندان‌های با ارتفاع فرول یکسان، نشان داد که به کارگیری پست کوارتز فایبر، نسبت به پست‌های گلاس فایبر و زیرکونیا، مقاومت به شکست بالاتری فراهم می‌کند. برخی مطالعات هم تفاوتی بین انواع پست‌ها نشان نمی‌دهند. Xibile و همکاران (۳۲) روی دندان‌های با فرول یکسان، پست‌های FRC، تیتانیومی و زیرکونیا را بررسی نموده و عنوان کردند تفاوتی از نظر مقاومت به شکست بین آن‌ها وجود ندارد. برخی مطالعات نیز عنوان کردند که در شرایط یکسان، بین انواع پست‌های FRC، تفاوتی وجود ندارد (۱۳). Butz و همکاران (۳۵) اظهار نمودند زمانی که پست سرامیکی به همراه کور کامپوزیتی استفاده شود، مقاومت دندان در برابر نیروهای طرفی بسیار پایین می‌آید و به کارگیری آن در کارهای کلینیکی را توصیه نمی‌کند. همچنین در مورد نوع شکست‌ها (Fracture) نیز اختلاف نظر زیادی ملاحظه می‌شود. Pereira و همکاران (۱۵) در مطالعه خود عنوان کرد، هنگامی که دندان‌ها با پست پیش ساخته فلزی و کور کامپوزیتی بازسازی شوند، در شرایطی که ارتفاع فرول آن‌ها ۱ تا ۳ میلی‌متر متفاوت باشد، نوع شکست آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود. آن‌هایی که ارتفاع فرول بیشتری دارند، شکست در ناحیه سمان و آن‌هایی که ارتفاع فرول ۱ میلی‌متر دارند، شکست در کور کامپوزیتی ایجاد می‌شود. در حالی که در مطالعه دیگری که دندان‌ها با پست کوارتز فایبر بازسازی شده بودند، ملاحظه گردید که در گروه بدون فرول شکست در سمان و در گروه دارای فرول، شکست در ریشه (Root fracture) اتفاق می‌افتد (۴۰). تعدادی از مطالعات نیز عنوان کرده‌اند که در صورت داشتن فرول مناسب، گذاشتن پست، تأثیری در افزایش مقاومت به شکست ندارد (۲،۱۵،۲۷،۳۷،۴۱،۴۲،۴۳). de Oliveria و همکاران در سال ۲۰۰۸ (۴۲) نشان داد، دندان‌های با پست FRC و کور کامپوزیتی که ارتفاع فرول آن‌ها از صفر تا ۳ میلی‌متر بود، تفاوتی در مقاومت به شکست آن‌ها مشاهده نمی‌شود.

مطالعه da silva و همکاران (۴۴) تأثیر نوع کور و کراون را مورد بررسی قرار داد و عنوان کرد بین سه نوع کور ریختگی،کامپوزیتی و کامپوزیت تقویت شده با فایبر تفاوتی مشاهده نمی‌شود. به عبارتی نوع کور در مقاومت به شکست تأثیری ندارد. همچنین این مطالعه نشان داد که در صورت نداشتن فرول کافی، استفاده از کراون سرامیکی به کراون فلزی ارجح است و برای دندان‌های قدامی اندو شده، استفاده از پست FRC به همراه کراون سرامیکی را به عنوان درمان انتخابی توصیه می‌کند.

با این حال پست‌های باند شونده به دندان، سبب افزایش استحکام اولیه ریشه می‌شوند که با گذشت زمان به تدریج کم می‌شود (۴۷-۴۵). علت این امر می‌تواند به علت تأثیر نفوذ مایعات از آپیکال فورامن و کانال‌های فرعی باشد. به علاوه قدرت باندینگ به عاج داخل کانال نسبت به عاج ناحیه تاجی کمتر است (۴۶،۴۸). بنابراین این که پست‌های باند شونده بتوانند سبب استحکام دندان شوند، جای سوال دارد. پست‌های باند شونده علی رغم این که تحمل آن‌ها در برابر نیروها کمتر است، ولی عملکرد مطلوبی داشته‌اند. الگوی شکست در آن‌ها به گونه‌ای است که پست در ناحیه سرویکالی می‌شکند، در حالی که در پست‌های فلزی، شکست دندان در ۱/۳ آپیکالی ریشه اتفاق می‌افتد. در مواردی که ارتفاع فرول کمتر از ۲ میلی‌متر باشد، استفاده از پست‌های ریختگی توصیه شده است، ولی به طور کلی دستورالعمل مشخصی مبنی بر این که کدام نوع پست نسبت به بقیه مطلوب‌تر است، وجود ندارد (۴۸).

۲- تأثیر نوع سمان: در دو مطالعه عنوان شده است، زمانی که پست و کور با سمان رزینی، سمان شود، وجود یا عدم وجود فرول در مقاومت به شکست تأثیر ندارد (۳۸،۴۶). البته در این دو گروه نوع

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

شکست متفاوت بود. دندان‌های دارای فرول، دچار شکستگی مایل دندانی (oblique fracture) و دندان‌های بدون فرول، دچار شکستگی عمودی ریشه (Vertical root fracture) شده بودند (۳۶). همچنین در صورتی که پست و کور ریختگی با سمان زینک فسفات، سمان شود، وجود فرول مقاومت به شکست را نسبت به حالت بدون فرول، به طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد (۴۶). در مطالعه Goto و همکاران (۴۷) عنوان شده که در دندان‌های با ارتفاع فرول یکسان، استفاده از پست FRC و سمان رزینی، مقاومت به شکست دندان را نسبت به زمانی که از پست ریختگی و سمان زینک فسفات استفاده شود، افزایش می‌دهد. به عبارتی یک همبستگی و یکپارچگی بین اجزاء سیستم پست و کور FRC، عاج ریشه و سمان رزینی برقرار شده و سبب افزایش مقاومت به شکست می‌شود (۴۸). همچنین می‌توان به پست‌های ریختگی یک لایه اوپک اضافه نمود و با سمان رزینی آن‌ها را سمان کرد. با این کار باند قوی‌تری برقرار شده و مقاومت به شکست افزایش می‌یابد و تا حدی جبران کمبود فرول را می‌کند (۴۹) (جدول ۲).

جمع‌بندی مقالات in vitro

بر اساس مطالعات مختلف، به نظر می‌رسد وجود نسج دندانی ناحیه سرویکالی مهم‌ترین فاکتور در مقاومت به شکست محسوب می‌شود و عوامل دیگر نظیر نوع سیستم پست و کور به عنوان فاکتورهای ثانویه می‌باشند. تحقیقات نشان داده است که ارتفاع نسج دندانی برای فرول در حد ۲-۱/۵ میلی‌متر نقش بسیار مهمی در جلوگیری از شکست (Fracture) دارد (۴۹). تأثیر ارتفاع فرول بیش از ۳ میلی‌متر، روی افزایش مقاومت به شکست کمتر می‌باشد، به عبارتی رابطه افزایش ارتفاع فرول بیش از ۳ میلی‌متر با افزایش مقاومت به شکست به صورت خطی نیست و روند افزایش خیلی کندتر است (۴۹،۵۰). اگر دندان را به صورت سیلندر استوانه‌ای درنظر بگیریم، دیواره‌های دندانی که به موازات دیواره آگزیال و سیلندر استوانه‌ای هستند، نقش فرول را به عهده دارند. بنابراین نواحی که موازی دیواره آگزیال نیستند، نقش فرول را ندارند نظیر:

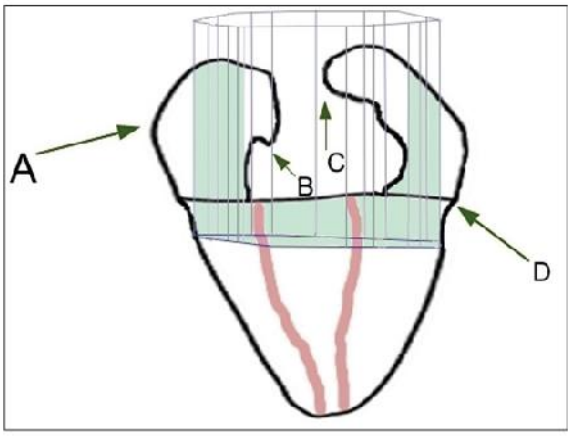
- Height of contour که وقتی به سمت آپیکال می‌رویم، باریک شده و موازی سیلندر مورد نظر نیست.

جدول ۲- لیست مطالعات لابراتواری عوامل غیرمستقیم که روی پدیده فرول تأثیر دارند

نوع سیستم پست و کور	Massa 2010 (38)	استفاده از پست پیش ساخته تیتانیومی همراه کور کامپوزیتی بیشترین مقاومت به شکست را نسبت به بقیه روش‌ها ایجاد می‌کند.
	Sendhilnathan 2008 (40)	در مواقعی که ارتفاع فرول کمتر از ۲ میلی‌متر است، پست ریختگی توصیه می‌شود.
	Xbite 2006 (32)	بین انواع پست‌های تیتانیومی، زیرکونیا و FRC تفاوتی از نظر مقاومت به شکست وجود ندارد.
	Butz 2001 (35)	استفاده از پست سرامیکی به همراه کور کامپوزیتی، پایین‌ترین میزان مقاومت به شکست را دارد.
	Olivera 2008 (42)	دندان‌هایی که با پست FRC وکور کامپوزیتی بازسازی شده‌اند، تغییر در ارتفاع فرول، روی مقاومت به شکست این دندان‌ها تأثیر نداشته است.
	Dasilva 2010 (44)	نوع کور تأثیری روی مقاومت به شکست ندارد. در صورت نبودن فرول مناسب، گذاشتن کراون سرامیکی بهتر از کراون فلزی است.
نوع سمان	Naumann 2007 (37)	هنگام استفاده از سمان رزینی برای پست و کور، وجود یا عدم وجود فرول، در مقاومت به شکست تأثیر ندارد.
	Goto 2005 (47)	مقاومت به شکست دندان‌های بازسازی شده با پست FRC سمان شده با سمان رزینی بالاتر از پست ریختگی سمان شده با سمان زینک فسفات است.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

– همین طور نسجی که بالای فضای اتاقک پالپ (Pulp chamber) به صورت منحنی به سمت مرکز دندان آمده (که اصطلاحاً به آن Soffit گفته می‌شود (Soffit به معنی زیر طاق همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود قسمتی از نسج دندانی که بالای فضای اتاقک پالپ و به صورت برجستگی به سمت فضای پالپ چمبر وارد شده است)) (۴۹،۵۰) (شکل ۲).



شکل ۲- مقطع ساژیتال از یک دندان تراش نخورده که نشان می‌دهد. پس از تراش، دیواره‌های آگزیال به صورت سیلندر استوآن‌های در می‌آیند. بخش‌هایی که به عنوان فرول محسوب نمی‌شوندشامل: A– Soffit C–B Height of contour – قسمتی از نسج دندانی در سطح اکلوزال D– CEJ که به صورت برجسته قرار گرفته است

– نسج ناحیه CEJ که کمی برجسته‌تر از سطح ریشه است.

– قسمتی از نسج دندانی که دچار پوسیدگی شده و برداشته می‌شود و با ماده ترمیمی، ترمیم می‌شود.

نواحی ذکر شده به عنوان نسج دندانی فرول (Ferrule tooth structure) محسوب نمی‌شوند (۴۹). برخی از نسوج دندانی، نیمه باکال و لینگوال دندان را بهم وصل می‌کنند مانند ریج مایل (Oblique ridge) در مولرهای بالا و مارژینال ریج‌های نواحی پروگزیمال موجب اتصال نیمه باکالی و لینگوالی دندان به یکدیگر می‌شوند و مشابه Ferrule effect عمل کرده و سبب انسجام و یکپارچگی نسج دندانی می‌شوند (۴۹). همچنین گفته شده وقتی دندان پایه را تراش می‌دهیم و خط خاتمه تراش حالت Knife edge دارد، نسج فرول ضخیم‌تری داریم و زمانی که آن را عمیق می‌کنیم و به سمت شولدر می‌رویم، در مقطع عرضی، حجم نسج دندانی کمتر می‌شود. بنابراین ضخامت نسج دندانی حداقل ۱ میلی‌متر باید باشد. در کمتر از این میزان ثبات بیومکانیکی دندان پایه کم می‌شود، ولی افزایش ضخامت بیش از ۱ میلی‌متر تأثیری روی افزایش مقاومت به شکست نخواهد داشت (۲۳،۲۴). دیواره‌های نسج دندانی بهتر است به صورت حلقه کامل (دایره‌ای) دندان را در برگرفته باشد. اگر به صورت کامل نباشد، میزان ارتفاع نسج باید کافی باشد (۵۳–۴۹).

در دندان‌های قدام فک بالا، نیروهای اکلوزال به سطح لینگوال وارد می‌شوند و در واقع به سینگولوم نیرو وارد می‌کنند. در این ناحیه نیروها به صورت Tensile است و در سمت لیبیال، نیروهای Compressive ایجاد می‌شود. بنابراین برای دندان‌های قدامی ماگزیلا، خیلی مهم است که بخشی از نسج دندانی در ناحیه سینگولوم حفظ شود، چون این قسمت در برابر نیروهای Tensile مقاومت می‌کند(۵۶–۵۴). اگر دندان پایه در اکلوژن نباشد، یا این که در مقابل آن‌ها دنچر قرار داشته باشد که نیروی جویدن آن‌ها ۲۵–۲۰٪ نیروی جویدن دندان‌های طبیعی است، نیاز به نسج فرول دندانی کمتری (Ferrule tooth structure) خواهد بود (۴۹). در صورتی که دندان پایه به عنوان کانتی لور استفاده شود و یا این که تماس‌های سنگین با دندان‌های طرف مقابل داشته باشد، همچنین دندان پایه‌ای که مقطع عرضی آن در ناحیه طوق باریک است (نظیر پرمولرها یا دندان‌های قدام مندیبل)، تحت نیروی Torque زیادی هستند و نسج فرول بیشتری باید داشته باشند.

پوسیدگی‌هایی که در ناحیه مارژین کراون هستند، موجب آسیب به نسج فرول دندانی می‌شوند و ثبات بیومکانیکی دندان را کاهش می‌دهند.

همچنین اگر دندانپزشک پس از درمان ریشه، گوتا یا پنبه در ناحیه پالپ چمبر باقی گذاشته و بازسازی کور روی آن انجام دهد، مجموعه Ferrule tooth/Post/Core استحکام و سختی لازم را ندارد. بنابراین داخل پالپ چمبر باید از گوتا و پنبه کاملاً خالی شده و با ماده کور بازسازی شود (۴۹).

مطالعات آنالیز اجزاء محدود (Finite element analysis)

Finite element analysis روش ارزیابی پخش استرس در یک

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

جدول ۳- تعدادی از مقالات FEA در مورد پدیده فرول

نویسنده و سال	مدل دندانی	یافته‌های مهم مقاله
Ichim و همکاران 2006(57)	سانترال بالا به همراه PDL	با افزایش ارتفاع فرول، مقاومت کراون در برابر نیروهای طرفی افزایش می‌یابد در نتیجه عدم فرول، عمدتاً شکستگی ریشه ایجاد می‌شود.
Pierisnard و همکاران 2002 (58)	دندان همراه با استخوان اطراف	بیشترین تجمع استرس در ناحیه سرویکال است فقدان فرول منجر به افزایش استرس در دندان می‌شود وجود فرول تأثیر استرس سرویکالی را کم می‌کند.
Eraslan و همکاران 2009 (59)	سانترال بالابه همراه PDL و استخوان اطراف	وقتی فرول باشد، استرس کمتری به سیستم پست وارد می‌شود میزان استرس به پستهای گلاس فایبر بسیار پایین است افزایش Modulus of elasticity ماده پست، استرس عاج را افزایش می‌دهد.
Schmitter و همکاران 2010 (16)	پرمولر	درصورت وجود فرول، طول پست تأثیر کمی در پخش نیروها دارد.

مجموعه پیچیده است. دقت نتایج بستگی به این دارد که مدل تهیه شده تا چه حد به واقعیت نزدیک باشد. پخش استرس‌های Compressive و Tensile و ترکیب این استرس‌ها تحت عنوان استرس Von misesمطرح شده است (۱۶). از آن جا که نتایج به دست آمده از مطالعات لابراتواری in vitro در مورد پدیده فرول، بسیار متنوع است، از مطالعات Finite element analysis نیز استفاده شد و نتایج زیر به دست آمد. در این مطالعات، اظهار شده علی رغم این که نوع تراش و بازسازی آن‌ها توسط کور، به چه نحوی باشد، ناحیه سرویکالی دندان در معرض بیشترین میزان تجمع استرس قرار دارد (۵۷،۵۸). وجود فرول میزان استرس‌ها را کم می‌کند. همچنین در شرایطی که پست داخل کانال دندانی گذاشته شود، میزان استرس سرویکالی کمتر از حالتی است که پست نباشد (۵۴). بین پست گلاس فایبر و زیرکونیا، این که کدام یک استرس بیشتری به عاج ریشه منتقل می‌کند، بستگی به ضریب الاستیسیته ماده پست دارد. هر قدر میزان آن نسبت به ریشه بالاتر باشد، استرس بیشتری در عاج ریشه متمرکز می‌شود و این استرس از محل حد فاصل عاج ریشه دندان/پست به خود پست منتقل می‌شود (۵۹). پست‌های فلزی که دارای ضریب الاستیسیته بالایی در مقایسه با پست‌های کربن فایبر هستند، استرس بیشتری در ناحیه سرویکالی ریشه دندان ایجاد نموده و خطر شکستگی ریشه افزایش می‌یابد (۱۶،۵۴،۵۶) (جدول ۳). همچنین Tensile stress که در ناحیه عاجی ریشه متمرکز می‌شود، منجر به ایجاد ترک خواهد شدکه جهت آن به سمت آپیکالی و مایل و از سطح داخلی کانال دندان به طرف سطح خارجی ریشه، در پالاتال دندان ایجاد خواهد شد. بنابراین ارتفاع فرول برای هر دندان باید بر اساس قطر سرویکال باکولینگوالی همان دندان مشخص شود. در دندان‌های فاقد فرول، کراون فلزی که برای آن‌ها گذاشته می‌شود، در جهت محور طولی دندان و به سمت لیبیالی دچار چرخش می‌شوند، زیرا پست در این ها به راحتی Debond شده و شل می‌شود. همچنین خطر شکستگی ریشه نیز در آن‌ها بالا هست (۶۰) ولی زمانی که فرول به ارتفاع ۱/۵ میلی‌متر وجود داشته باشد، امکان جابه‌جایی و چرخش کراون کمتر می‌شود. همچنین بررسی شده، زمانی که ارتفاع فرول کم باشد، ترجیحاً از سمان رزینی استفاده شود (۶۰). براساس مطالعات موجود، میزان ۲-۱/۵ میلی‌متر ارتفاع Ferrule و ضخامت ۱ میلی‌متر، در افزایش مقاومت به شکست دندان‌های اندو شده ضروری بوده و فاکتور اساسی در موفقیت درمان است. در صورتی که تأمین آن امکان‌پذیر نباشد، دندان موردنظر از لحاظ کلینیکی پیش آگهی ضعیفی خواهد داشت.

منابع:

1- Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. J Endod. 2004;30(5):289–301.

2- Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature Review. J Endod. 2012;38(1):11-9.

3- Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann, M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores-a review. Quintessence. Int. 2005;36(9):737-46.

4- Torbjorner A, Fransson B. A literature review on the prosthetic treatment of structurally compromised teeth. Int J Prosthodont. 2004;17:369-76.

5- Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

prosthodontics: current knowledge and future needs. J Prosthet Dent. 1999;82:643-57.

6- Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a system-atic review and meta-analysis. J Endod. 2011;37(7):895-902.

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

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

9- Ma PS, Nicholls JI, Junge T, Phillips KM. Load fatigue of teeth with different ferrule lengths, restored with fiber posts, composite resin cores, and all-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2009;102(4):229-34.

10- Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. Int J Prosthodont. 1994;8(2):155-61.

11- Nasermostofi Sh, Raghamians A, Banava S, Jalalian E, Abdolah A. Effect of ferrule preparation on fatigue resistance of teeth restored with quartz- fiberposts. J Dent Med. 2009;22(1):49-55.

12- Cho H, Michalakis KX, Kim Y, Hirayama H. Impact of interproximal groove placement and remaining coronal tooth structure on the fracture resistance of endodontically treated maxillary anterior teeth. J Prosthodont. 2009;18(1):43-8.

13- 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;92(2):155-62.

14- Mclean A. Predictably restoring endodontically treated teeth. J Can Dent Assoc. 1998;64(11):782-7.

15- Pereira JR, de Ornelas F, Conti PC, Do Valle AL. Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. J Prosthet Dent. 2006;95(1):50-4.

16- Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J, Scheuber S, Schweizerhof K, Rues S. Teeth restored using fiber-reinforced posts: in vitro fracture tests and finite element analysis. Acta Biomater. 2010;6(9): 3747-54.

17- Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG, Stanford CM, Tan SC, Johnson WT, et al. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. J Prosthet Dent. 2005;93(4):331-6.

18- Dikbas I, Tanalp J, Ozel E, Koksal T, Ersoy M. Evaluation of the effect of different ferrule designs on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors incorpo-rating fiber posts, composite cores and crown restorations. J Contemp Dent Pract. 2007;8(7):62-9.

19- 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 Odontol Scand. 2006;64(1):31-6.

20- Sherfudhin H, Hobeich J, Carvalho C, Aboushelib M, Sadig W, Salameh Z. Effect of different ferrule designs on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated teeth restored with fiber posts and all ceramic crowns. J Appl Oral Sci. 2011;19(1):28-33.

21- Al-Wahadni A, Gutteridge DL. An in vitro investigation into the effects of retained coronal dentine on the strength of a tooth restored with a cemented post and partial core restoration. Int Endod J. 2002;35(11): 913-8.

22- Ng CC, 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. 2006;95(4):290-6.

23- Rosen H, Partida-Rivera M. Iatrogenic fracture of roots reinforced with a cervical collar. Oper Dent. 1986;11(2):46-50.

24- Barkhordar RA, Radke R, Abbasi J. Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. J Prosthet Dent. 1989;61(6):676-8.

25- Joseph J, Ramachandran G. Fracture resistance of dowel channel preparation with various dentin thicknesses. J Prosthet Dent. 1990;1(1):32-5.

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

27- Kutesa-Mutebi A, Osman YI. Effect of the ferrule on fracture resistance of teeth restored with prefabricated posts and composite cores. Afr Health Sci. 2004;4(2):131-5.

28- Koosha S. Preparation for extensively damaged teeth.1st Ed.Shayannemodar;2010;Chap1:11-32.

29- Torbjorner A, Fransson B. Biomechanical aspects of prosthetic treatment of structurally compromised teeth. Int J Prosthodont. 2004;92(4):391.

30- Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. St. Louis: Mosby, Inc;2008:66-77.

31- Jotkowitz A, Samet N. Rethinking ferrule – a new approach to an old dilemma. Br Dent J. 2010;209(1):25-33.

32- Xible AA, de Jesus Tavarez RR, de Araujo Cdos R, Conti PC, Bonachella WC. Effect of cyclic loading on fracture strength of endodontically treated teeth restored with conventional and esthetic posts. J Appl Oral Sci. 2006;14(4):297-303.

33- Hu S, Osada T, Shimizu T, Warita K, Kawawa T. Resistance to cyclic fatigue and fracture of structur-ally compromised root restored with different post and core restorations. Dent Mater. 2005;24(2):22-31.

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 2002;87(4):438-45.

35- 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. 2001;14(1):58-64.

36- Sahafi A, Peutzfeldt A, Ravnholt G, Asmussen E,

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]

Gotfredsen K. Resistance to cyclic loading of teeth restored with posts. Clin Oral Investig. 2005;9(2):84-90.

37- Naumann M, Preuss A, Frankenberger R. Reinforcement effect of adhesively luted fiber reinforced composite versus titanium posts. Dent Mater. 2007;23(2):138-44.

38- Massa F, Dias C, Blos CE. Resistance to fracture of mandibular premolars restored using post-and-core systems. Quintessence Int. 2010;41(1):49-57.

39- 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.

40- Sendhilnathan D, Nayar S. The effect of post-core and ferrule on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. Indian J Dent Res. 2008;19(1):17-21.

41- Ng CC, al-Bayat MI, Dumbrigue HB, Griggs JA, Wakefield CW. Effect of no ferrule on failure of teeth restored with bonded posts and cores. Gen Dent. 2004;52(2):143-6.

42- de Oliveira J A, Pereira J R, Lins do Valle A, Zogheib LV. Fracture resistance of endodontically treated teeth with different heights of crown ferrule restored with prefabricated carbon fiber post and composite resin core by intermittent loading. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(5):e52-7.

43- Ziacri F,Van meerbeek B, Scotti R, Naert T. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated after fatigue loading. J Dent. 2013;41(3):207-15.

44- Da Silva NR, Raposo LH, Versluis A, Fernandesneto A, Soares C. The effect of post, core, and crown type and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. J Prosthet Dent. 2010;104(5):306-17.

45- Schiavetti K, Sannino G. In vitro evaluation of ferrule effect and depth of post insertion on fracture resistance of fiber posts. Comput Math Methods Med. 2012;2012:816481.

46- 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;34(4):301-6.

47- Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. J Prosthet Dent. 2005;93(1):45-50.

48- Dorriz H, Alikhasi M, Mirfazaelian A, Hooshmand T. Effect of ferrule and bonding on the compressive fracture resistance of post and core restorations. J Contemp Dent Pract. 2009;10(1):1-8.

49- Mamoun J. On the ferrule effect and the biomechanical stability of tooth restored with cores, posts and crowns. Eur J Dent. 2014;8(2):281-6.

50- Al-Omiri MK, Al-Wahadni AM. An ex-vivo study of the effects of retained coronal dentine on the strength of teeth restored with composite core and different post and core systems. Int Endod J. 2006;39(11):890-9.

51- Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. Dent Clin North Am. 2010;54(2):249-73.

52- Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, et al. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. J Dent Res. 2012;91(7 Suppl):72-8.

53- Al-Wahadni A, Gujeridge DL. An in vitro investigation into the effects of retained coronal dentine on the strength of a tooth restored with a cemented post and partial core restoration. Int Endod J. 2002;35(11):913-8.

54- Poiate IA, Vasconcellos AB, Poiate Junior E, Dias KR. Stress distribution in the cervical region of an upper central incisor in a 3D finite element model. Braz Oral Res. 2009;23(2):161-8.

55- Al-Omiri MK, Rayyan MR, Abu-Hammad O. Stress analysis of endodontically treated teeth restored with post-retained crowns: A finite element analysis study. J Am Dent Assoc. 2011;142(3):289-300.

56- Mahdavi Izadi Z, Jalalian E, Eyvaz Ziaee A, Zamani L, Javanshir B. Evaluation of the effect of different ferrule designs on fracture resistance of maxillary incisors restored with bonded posts and cores. J Dent Med. 2010;7(3):146-55.

57- Ichim I, Kuzmanovic DV, Love RM. A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within a root. Int Endod J. 2006;39(6):443-52.

58- Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. J Prosthet Dent. 2002;88(4):442-8.

59- Eraslan O, Aykent F, Yucel MT, Akman S. The finite element analysis of the effect of ferrule height on stress distribution at post-and-core-restored all-ceramic anterior crowns. Clin Oral Investig. 2009;13(2):223-7.

60- Jalalian E, Alehtaha NS, Meihami A, Sadegh M, Jalalian SH. Comparison of stress distribution on two prefabricated posts(Quartz- fiber and metal) by using finite element analysis. J Dent Sch. 2011;29(4):250-9.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2024-07-16]