

Comparison of Restorative Treatment Methods in Teeth Without Ferrule

Shayan Ghasemi¹ 

Shayan Golkar² 

Mehdi Ebrahimi³ 

Amir Ghorani⁴ 

1. **Corresponding Author:** Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, Dental Implants Research Center, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Email: Shayan7495@gmail.com

2. Post Graduate Student, Department of Endodontics, Dental Research Center, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3. Post Graduate Student, Dental Student Research Committee, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

4. Post Graduate Student, Dental Student Research Committee, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Abstract

Introduction: Severely damaged teeth are those that have lost a significant portion of their coronal structure due to factors such as crown-root fractures, extensive carious lesions, cervical root resorption, or other causes, which makes their restoration challenging. Studies have shown that utilizing a ferrule effect with 1.5 to 2 millimeters of supragingival tooth structure can be beneficial to increase fracture resistance.

Article Description: When deciding to retain a severely damaged tooth, methods such as crown lengthening surgery, orthodontic extrusion, surgical extrusion, or more conservative techniques like Deep Margin Elevation (DME) can be employed to create additional coronal structure and utilize the ferrule effect. Crown lengthening surgery can be used to enhance aesthetics, expose and access subgingival carious lesions or fractures, or a combination of these. Orthodontic extrusion with fibrotomy can be an alternative for revealing tooth structure in some clinical situations. However, if the tooth is ankylosed or has hypercementosis, vertical root fractures, proximity to adjacent tooth roots, severe internal or external root resorption, short root length, untreated periodontitis, or periapical disease, this method may not be applicable. Surgical extrusion is relatively fast compared to alternative treatments and causes minimal discomfort for the patient. However, there is no universal protocol, and there is a risk of ankylosis and root resorption due to periodontal fiber trauma with this method. DME is a conservative approach to increase the ferrule length and can reduce the difficulty of subsequent impression techniques and cementation processes for indirect restorations.

Conclusion: According to existing studies, there are various techniques to achieve sufficient ferrule in severely damaged teeth, where either the tooth is moved outside the alveolus, the surrounding structures are moved apically, or additional tooth structure is added to provide a suitable margin for restoration.

Key words: Endodontically treated tooth; Fracture resistance; Crown lengthening; Orthodontic extrusion.

Received: 06.11.2024

Revised: 05.02.2025

Accepted: 11.03.2025

How to cite: Ghasemi Gh, Golkar Sh, Ebrahimi M, Ghorani A. Comparison of Restorative Treatment Methods in Teeth Without Ferrule. J Isfahan Dent Sch 2025; 21(1): 63- 76.

مقایسه‌ی روش‌های درمان ترمیمی دندان‌های بدون فرول

۱. نویسنده مسؤول: دستیار تخصصی، بخش پروتزهای دندانی، مرکز تحقیقات ایمپلنت‌های دندانی، مرکز تحقیقات دندانی، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. Email: Shayan7495@gmail.com

۲. دستیار تخصصی، بخش درمان ریشه، گروه اندودانتیکس، مرکز تحقیقات دندانی، موسسه تحقیقات دندانی، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. دستیار تخصصی، بخش ارتودانتیکس، کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، بخش تخصصی ارتودانتیکس، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴. دستیار تخصصی، بخش جراحی دهان، فک و صورت، کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، گروه جراحی دهان، فک و صورت، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

شایان قاسمی^۱ IDشایان گلکار^۲ IDمهدی ابراهیمی^۳ IDامیر قرآنی^۴ ID

چکیده

مقدمه: دندان‌های شدیداً آسیب‌دیده، دندان‌هایی هستند که بخش اعظمی از ساختار تاجی خود را تحت تأثیر عواملی نظیر شکستگی تاج-ریشه، ضایعات پوسیدگی گسترده، تحلیل ناحیه سرویکال ریشه یا سایر علل از دست داده‌اند و همین امر بازسازی مجدد آن‌ها را با چالش‌های متعددی همراه کرده است. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از اثر فرول با وجود ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر بافت دندانی فوق‌التهای به منظور افزایش مقاومت به شکست دندان می‌تواند مفید باشد.

شرح مقاله: در صورت تصمیم برای حفظ دندان شدیداً تخریب شده، برای ایجاد ساختار تاجی بیشتر و استفاده از اثر فرول می‌توان از روش‌هایی مانند جراحی افزایش طول تاج (Crown Lengthening)، رویش اجباری به کمک ارتودنسی (Orthodontic Extrusion) یا به کمک جراحی (Surgical Extrusion) و استفاده از تکنیک‌های محافظه‌کارانه‌تر نظیر DME (Deep margin elevation) اشاره کرد. جراحی افزایش طول تاج می‌تواند به منظور افزایش زیبایی، در معرض دید و دسترسی قرار دادن پوسیدگی یا شکستگی زیرلثه یا ترکیبی از این موارد استفاده شود. اکستروژن ارتودنسی به همراه فیبروتومی می‌تواند گزینه‌ی دیگری برای آشکارسازی ساختار دندان در برخی شرایط بالینی باشد. اما در صورتی که دندان مورد نظر انکیلوز یا هایپرسمنتوز باشد، یا دچار شکستگی عمودی ریشه، نزدیکی به ریشه دندان‌های مجاور، تحلیل شدید داخلی یا خارجی ریشه، طول کوتاه ریشه، پرپودنتیت درمان نشده یا بیماری پری‌اپیکال باشد نمی‌توان از این روش استفاده نمود. اکستروژن جراحی در مقایسه با گزینه‌های درمانی جایگزین، سریع است و کم‌ترین ناراحتی را برای بیمار به همراه دارد. اما یک پروتکل واحد جهانی برای آن وجود نداشته و امکان ایجاد انکیلوز و تحلیل ریشه در اثر ترومای الیاف پرپودنتال در این روش وجود دارد. DME یک روش محافظه‌کارانه به منظور افزایش طول فرول بوده و می‌تواند دشواری تکنیک‌های قالب‌گیری بعدی و فرایندهای سمان‌سازی برای ترمیم‌های غیر مستقیم را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به مطالعات موجود تکنیک‌های متنوعی برای به دست آوردن فرول کافی در دندان‌هایی که به شدت تخریب شده‌اند وجود دارد که در آنها یا دندان به خارج از الوتول هدایت می‌شود و یا ساختارهای اطراف دندان به سمت اپیکال هدایت می‌شوند و یا با افزودن به ساختار دندان بستر مناسبی برای قرار گرفتن مارژین ترمیم ایجاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: دندان اندوشده؛ استحکام شکست؛ افزایش طول تاج؛ اکستروژن ارتودنسی.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۱/۱۷

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۸/۱۶

استناد به مقاله: قاسمی شایان، گلکار شایان، ابراهیمی مهدی، قرآنی امیر. مقایسه‌ی روش‌های درمان ترمیمی دندان‌های بدون فرول. مجله دانشکده دندان پزشکی اصفهان. ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۱): ۶۳-۷۶.

مقدمه

دندان‌های شدیداً آسیب‌دیده دندان‌هایی هستند که بخش اعظمی از ساختار تاجی خود را تحت تأثیر عواملی نظیر شکستگی تاج-ریشه، ضایعات پوسیدگی گسترده، تحلیل ناحیه سرویکال ریشه یا سایر علل از دست داده‌اند و همین امر بازسازی مجدد آن‌ها را با چالش‌های متعددی همراه کرده است (۱، ۲). به همین علت بسیاری از پزشکان در دوره‌ی معاصر، اغلب این دندان‌ها را کشیده و با وجود امکان انجام گزینه‌های کم‌تر تهاجمی، آن‌ها را با ایمپلنت‌های دندان‌ی جایگزین می‌کنند (۳). این درحالی است که کاشت ایمپلنت‌های دندان‌ی عاری از عوارض احتمالی حین و بعد از عمل نظیر پرفوریشن سینوس یا آسیب عصبی نیست و ممکن است در نهایت مشکلاتی را برای بیمار به همراه داشته باشند (۲).

از طرف دیگر استفاده از پروتزهای دندان‌ی پارسیل نیز می‌تواند به عنوان جایگزینی برای دندان‌های شدیداً تخریب شده باشد، اما این امر نیازمند ایجاد تغییرات و آسیب به بافت دندان‌های مجاور برای تامین گیر پروتز است (۴). به همین دلیل نگهداری و بازسازی دندان آسیب‌دیده هم‌چنان مؤثرترین نوع درمان به نظر می‌رسد (۲). دندان‌های شدیداً آسیب‌دیده معمولاً تحت درمان ریشه قرار گرفته و ارتفاع تاجی کافی ندارند، بنابراین ایجاد دوام و بقای بیشتر ترمیم آن‌ها به همراه مراحل کاری و هزینه کم‌تر از اهداف اصلی دندان‌پزشکان محسوب می‌شود (۱). دستیابی به این امر وابسته به عوامل بالینی متعددی نظیر میزان ساختار تاجی باقی‌مانده، نوع شکستگی موجود، وجود تماس‌های پروگزیمالی، نوع و موقعیت دندان مورد ترمیم و ارتباط آن با آنتاگونیست است (۸-۵).

مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از اثر فرول و وجود ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر بافت دندان‌ی فوق‌لثه‌ای به منظور افزایش مقاومت به شکست دندان در برابر فشارهای اکلوژالی، راه‌حل قابل توجهی است (۹-۱۲). در واژه‌نامه‌ی اصطلاحات دندان‌پزشکی، Journal of Prosthetic Dentistry 2005 فرول یک نوار یا حلقه‌ی فلزی است که به منظور تثبیت موقعیت تاج یا ریشه ایجاد شده است (۱۳).

Engelman و Sorensen تعریف دیگری ارائه کردند به این صورت که فرول یقه فلزی ۳۶۰ درجه‌ای از تاج است که دیواره‌های موازی عاج را احاطه کرده و از کروئالی‌ترین ناحیه تاج باقی‌مانده تا خط خاتمه تراش آماده سازی امتداد یافته است (۱۴). یک مطالعه‌ی متاآنالیز توسط Skupien و همکاران بیان کرده است که افزایش ارتفاع فرول، مقاومت به شکست دندان را افزایش می‌دهد اما سایر عوامل بالینی نیز باید مورد بررسی قرار بگیرند (۱۵). عاج باقیمانده می‌تواند عملکرد بیومکانیکی بهتر و در نتیجه طول عمر بیشتری را در ترمیم این دندان‌ها باعث شود (۱۶). اما ایجاد فرول باید با احترام به بافت نرم و حفظ یک فاصله کافی بین حاشیه تاجی دندان و کرسست استخوان آلوئول باشد تا لثه سوپراکرسستال در امان مانده و عرض بیولوژیک حفظ شود (۹، ۱۷). حفظ عرض بیولوژیک، لازمه‌ی سلامت بافت‌های پیوندتال بوده و هرگونه نقض در یکپارچگی آن می‌تواند منجر به التهاب لثه و از دست رفتن چسبندگی کلینیکی و در نهایت تحلیل استخوان شود (۱۷، ۱۸). از طرف دیگر، با وجود مزایای چشمگیر استفاده از اثر فرول، ایجاد آن ممکن است منجر به نامطلوب شدن نسبت تاج به ریشه شده و در نهایت ضعیف شدن دندان را در پی داشته باشد (۲۱-۱۹).

در صورت تصمیم برای حفظ دندان شدیداً تخریب شده، برای ایجاد ساختار تاجی بیشتر و استفاده از اثر فرول می‌توان از روش‌هایی مانند جراحی افزایش طول تاج (Crown Lengthening)، رویش اجباری به کمک ارتودنسی (Orthodontic Extrusion) یا به کمک جراحی (Extrusion Surgical) و استفاده از تکنیک‌های محافظه‌کارانه‌تر نظیر DME (Deep margin elevation) اشاره کرد (۱، ۲، ۱۹، ۲۲، ۲۳). جراحی CL یک راه‌حل مناسب در ترمیم دندان‌های تخریب شده‌است، اما می‌تواند بر زیبایی فرد تأثیر نامطلوبی گذاشته و منجر به عوارضی مانند به خطر افتادن نسبت تاج به ریشه و آسیب به دندان‌های مجاور، کاهش عرض لثه چسبنده و حساسیت دندان شود. اکستروژن ارتودنسی ممکن است گزینه دیگری برای نمایاندن ساختار دندان در برخی شرایط

CL (Crown lengthening surgery)

جراحی افزایش طول تاج، یک گزینه‌ی مناسب برای تسهیل درمان ترمیمی یا بهبود زیبایی فرد است. هنگام برنامه‌ریزی برای افزایش طول تاج، دندان‌پزشک باید وضعیت کامل پرپودنتال بیمار را ارزیابی کرده و تمام گزینه‌های درمانی ممکن را برای بیمار توضیح دهد. در مواردی که احتمال یک نتیجه نامناسب از نظر زیبایی یا فانکشن وجود داشته باشد، باید از درمان‌های دیگری نظیر کشیدن و ایمپلنت یا پروتز معمولی کمک گرفت (۱۹). در جراحی افزایش طول تاج در یک دندان با حداقل ساختار دندانی فوق‌لثه‌ای، دندان‌پزشک هم بر بافت‌های نرم و هم بافت‌های سخت تأثیر می‌گذارد تا دستیابی به عرض بیولوژیکی و طول فرول مناسب را تسهیل کند (۲۸). به عنوان یک قاعده‌ی کلی، لازم است مقداری از استخوان برداشته شود تا حداقل ۴ میلی‌متر از بافت سالم دندان در معرض دید قرار گیرد. سپس بافت سالم دندانی اکسپوز شده، با بافت لثه‌ای به میزان ۲ تا ۳ میلی‌متر پوشیده می‌شود (۲۹). به این منظور، دندان‌پزشک بافت‌های نرم را برش داده یا اپیکالی‌تر قرار می‌دهد و با برداشتن استخوان نقش مهمی در محل نهایی مارژین آزاد لثه و ترمیم نهایی زخم ایفا می‌کند (۱۹). این روش می‌تواند پزشک را قادر سازد که عرض بیولوژیکی و طول فرول را تعیین کند (۳۰، ۳۱). تکنیک جراحی نیاز به یک برش با بول داخلی دارد که فاصله‌ی آن از لبه‌ی لثه به عمق پاکت و عرض لثه کراتینیزه بستگی دارد. و می‌توان دو برش آزاد کننده نیز اضافه کرد (۲۹). یک فلیپ با ضخامت کامل برای نمایان شدن استخوان انجام می‌شود. با استفاده از فرزهای فیشور و/یا چیزل‌های استخوانی، استخوان روی دندان آسیب‌دیده مجدداً کانتور داده می‌شود و به دندان‌های مجاور کشیده می‌شود تا مورفولوژی لثه هماهنگ شود. در نهایت، فلیپ در سطح کرسٹ استخوان قرار گرفته و بخیه می‌شود (۲۹). موقعیت نهایی لبه آزاد لثه می‌تواند در سه ماه پس از جراحی مشخص شود، با این وجود گزارش شده‌است که ممکن است حد نهایی تا شش ماه پس از جراحی مشخص

بالینی باشد (۲۰). این درمان با حرکت دادن دندان از طریق نیروهای ارتودنسی وارد به تاج انجام می‌شود که به منظور تغییر موقعیت دندان یا ایجاد تغییرات درمانی در استخوان آلوئول اطراف و بافت نرم انجام می‌شود (۲۴). انجام این درمان ممکن است دوره درمانی طولانی‌تری با هزینه‌های بیشتری را شامل شود و هم‌چنان بیمار را با خطر کاهش نسبت تاج به ریشه تهدید کند (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۶). اما تکنیک‌های اکستروژن دیگری نیز معرفی شده‌اند که کم‌ترین آسیب را به سطح ریشه و لیگامان‌های پرپودنتال وارد کرده و هم‌چنین تغییر شکل ساکت دندانی کم‌تری را همراه داشته باشند. اکستروژن جراحی یک درمان فوری شامل هر دو بافت سخت و نرم بوده اما ممکن است با عوارضی نظیر تحلیل ریشه همراه باشد که شیوع آن تا ۳۰ درصد نیز گزارش شده است (۲۷). هدف از این مطالعه‌ی مروری بر روش‌های فوق و ارزیابی مزایا و معایب هر کدام در ترمیم دندان‌های فاقد فرول است.

شرح مقاله

این مطالعه‌ی مروری با جست‌وجو در منابع الکترونیکی ISI، Scopus، PubMed، Google Scholar و با استفاده از واژگان ferrule، Without-ferrule، Orthodontic extrusion، Surgical extrusion، Crown-lengthening Surgery، Deep margin elevation به عنوان کلیدواژه انجام شده است. در این مطالعه تمرکز بر استفاده از مطالعات منتشر شده پس از سال ۲۰۱۲ بوده که به زبان انگلیسی در نمایه‌های فوق منتشر گردیده‌اند. تمامی انواع مقالات از جمله مروری، مطالعات آزمایشگاهی و بالینی جهت بررسی در این پژوهش استفاده شدند. نتایج جست‌وجو ابتدا بر اساس عنوان و سپس بررسی خلاصه مقالات انتخاب شدند. مطالعاتی که پس از بررسی خلاصه‌ی آن‌ها و سپس متن کامل مقاله، اطلاعات کافی را جهت انجام این مطالعه در اختیار نویسندگان قرار نمی‌دادند و یا با معیارهای ورود ذکر شده مغایرت داشتند، حذف گردیدند. راه‌حل‌های مورد بررسی استخراج شده از مطالعات به منظور درمان دندان‌های بدون فرول به شرح زیر بود.

جراحی افزایش طول تاج

است مثلث سیاه ایجاد شود (۳۴).

رویش اجباری دندان در ارتودنسی

:(Orthodontic forced eruption)

اکستروژن با ارتودنسی، می‌تواند گزینه‌ی دیگری برای آشکار سازی ساختار دندان در برخی شرایط بالینی باشد (۲۰). اکستروژن با ارتودنسی که همچنین به عنوان اکستروژن اجباری به وسیله‌ی ارتودنسی یا رویش اجباری با ارتودنسی شناخته می‌شود، حرکت دندانی ناشی از نیروهای ارتودنسی تحت هدایت تاج تعریف می‌شود و به هدف تغییر در موقعیت دندان و ایجاد تغییرات درمانی در استخوان آلوئول و بافت نرم اطراف انجام می‌گیرد (۲۴). وارد شدن نیرو به بافت‌های اطراف دندان می‌تواند فعالیت استئوبلاستیک و رسوب استخوان مارژینال را تحریک کند (۲). از این روش می‌توان هنگامی که نیاز به اصلاح نقایص زاویه‌ای استخوان (۲۴، ۳۸-۳۵)، عرض بیولوژیک (۳۵) و ساختار لثه (۲۴، ۳۹، ۴۰) داریم، استفاده نمود. همچنین نشان داده شده است که اکستروژن ارتودنسی ممکن است برای دندان‌های آسیب‌دیده‌ی قدامی با شکستگی‌های افقی مناسب‌تر باشد (۴۱).

از آنجایی که گزینه‌ی درمان ایمپلنت از نظر در دسترس بودن و میزان موفقیت در حال رشد است، اکستروژن ارتودنسی دندان‌های شکسته ممکن است طرفداران خود را از دست بدهد (۴۲).

Bruhnke و همکاران بیان کردند که اکستروژن اجباری ارتودنسی، امکان ترمیم دندان‌های قدامی و پرمولری که به دلیل اندازه‌ی نقص خود غیرقابل ترمیم تلقی می‌شوند را فراهم می‌کند. نگه داشتن دندان‌هایی که به شدت آسیب دیده‌اند و استفاده از آن‌ها به عنوان اباتمنت برای ترمیم‌های تک روکش توصیه شده است (۴۳). در واقع اگر هدف اصلاح نقایص استخوان قبل از درمان ایمپلنت به صورت افزایش بافت سخت و حجم برآمدگی آلوئولی است، روش اکستروژن ارتودنسی سودمند خواهد بود و با افزایش بافت کراتینیزه به زیبایی ترمیم نهایی یا پروتز کمک می‌کند (۳۵، ۳۹، ۴۴، ۴۵) از طرف دیگر از این روش در نواحی زیبایی

شود. به همین منظور برای نواحی تحت درمان در ناحیه‌ی زیبایی، یک دوره انتظار شش ماهه توصیه می‌شود (۱۹). اما تلاش برای ایجاد فرول با رزکسیون اضافی خالی از اشکال نیست (۲۸). این آشکار سازی بیشتر ساختار دندان می‌تواند به تشکیل فرول کمک کند و اجازه دهد تمرکز تنش‌های نیروهای اکلوزالی به جای پست و کور بیلدآپ، روی الیاف پرپودنتال پراکنده شوند که خود می‌تواند احتمال شکست دندان یا ترمیم آن را افزایش دهد (۱۹). همچنین تلاش برای ایجاد یک فرول کافی از طریق روش افزایش طول تاج ممکن است منجر به به خطر افتادن دندان و اهرم بیومکانیکی آن شود. جابجایی اپیکالی بیشتر مارژین تاجی پس از انجام مراحل افزایش طول تاج منجر به آماده‌سازی با مقطع نازک‌تر می‌شود. این کاهش همراه با تغییر نسبت تاج به ریشه می‌تواند در نهایت منجر به ضعیف شدن دندان شود (۲۰). بنابراین، این تکنیک در مواجهه با ضایعات زیر لثه‌ای تک دندان، به ویژه در نواحی زیبایی، کنترا اندیکاسیون دارد (۲۹).

اندیکاسیون‌های جراحی افزایش طول تاج شامل افزایش زیبایی، قرار گرفتن در معرض پوسیدگی زیر لثه، قرار گرفتن در معرض شکستگی یا ترکیبی از این موارد است. جراحی افزایش طول تاج به عنوان زیبایی یا فانکشنال طبقه‌بندی شده است. اصطلاح «فانکشنال» به قرار گرفتن در معرض پوسیدگی زیر لثه، قرار گرفتن در معرض شکستگی یا هر دو مربوط می‌شود (۳۲، ۳۳).

نکته‌ای که دندان‌پزشک باید در مورد افزایش طول تاج در نواحی دندانی قابل مشاهده در هنگام لبخند زدن به آن توجه کند، احتمال به خطر افتادن زیبایی ناشی از چارچوب لثه است. در یک ناحیه‌ی زیبایی که در آن حاشیه آزاد لثه ممکن است به طور قابل توجهی در کرونال اتصالات دندان قرار گیرد، برداشتن این بافت‌های اضافی ممکن است خطر بالایی برای ایجاد یک وضعیت مشکل ساز نداشته باشد. اگر پس از برداشتن استخوان فاصله بین ناحیه کانتکت و کرسٹ استخوان آلوئول بین دندانی بیش از ۵ میلی‌متر باشد، ممکن

برای تسهیل ترمیم دندان‌های با نقایص زیرلثه یا زیراستخوان و یا ایجاد فرول مناسب می‌توان استفاده نمود (۲۴، ۳۵، ۴۶). برای حل مشکل مهاجرت کرونا لثه، از فیروتومی محیطی استفاده می‌شود. در این روش الیاف لثه‌ای سوپراکریستال با استفاده از تیغه‌ی تیز چاقوی جراحی که در شیار لثه قرار داده شده است به صورت ۳۶۰ درجه، دورتادور دندان قطع می‌شوند (۳۵، ۴۲).

اکستروژن ارتودنسی، یک درمان ایمن، کم‌تهاجمی و بسیار قابل پیش‌بینی است که به ندرت با عوارض همراه است (۲۴، ۳۵، ۴۹-۴۷). ترکیب اکستروژن ارتودنسی و فیروتومی می‌تواند به ویژه در مناطقی که از نظر زیبایی‌شناسی حائز اهمیت هستند، مفید باشد. در واقع در محلی که جراحی افزایش طول تاج روی یک دندان می‌تواند منجر به نتیجه زیبایی رضایت‌بخش شود، اما در مقابل، در صورتی که دندان مورد نظر انکیلوز یا هایپرسمتوز باشد، یا دچار شکستگی عمودی ریشه، نزدیکی به ریشه دندان‌های مجاور، تحلیل شدید داخلی یا خارجی ریشه، طول کوتاه ریشه، پریدونتیت درمان نشده یا بیماری پری‌اپیکال باشد نمی‌توان از این روش استفاده نمود (۲۴، ۳۵، ۵۱).

مشکل اصلی اکستروژن ارتودنسی زمان درمان با میانگین ۴ تا ۶ هفته است (۳۵). علاوه بر این، بسته به هدف درمان، ممکن است از ۴ هفته تا ۶ ماه ریتشن لازم باشد (۳۵). به همین دلیل، پزشکان و بیماران ممکن است اکستروژن ارتودنسی را به عنوان اولین گزینه درمانی انتخاب نکنند (۳۵). علاوه بر این، اگر فیروتومی به صورت هفتگی انجام شود، همکاری بالایی از بیمار با نیاز احتمالی به جراحی پریدونتال در پایان درمان درخواست می‌شود (۳۵). این روش مانند همه‌ی دستگاه‌های ارتودنسی، می‌تواند باعث بدتر شدن بهداشت دهان و مشکلات زیبایی شود (۳۵). حرکات ارتودنسی، به ویژه اگر روی دندان‌های آسیب‌دیده یا از طریق اعمال نیروهای سنگین انجام شود، می‌تواند باعث تحلیل ریشه شود (۲۴). با این حال، می‌توان آن را یک رویداد نادر در هنگام انجام حرکت اکستروژن در نظر گرفت (۲۴، ۴۲، ۴۷). در

صورت اعمال نیروهای سنگین، به دلیل صدمه‌ی وارد شده به لیگامان پریدونتال، خطر ایجاد اینتروژن دندان‌های انکور و انکیلوز دندان‌ی که اکستروژن می‌شود، افزایش می‌یابد (۳۵، ۴۲، ۵۲، ۵۳). فیروتومی، صرف نظر از اینکه قبل یا بعد از حرکت ارتودنسی انجام شده باشد، و یک دوره‌ی ماندگاری حداقل ۳ تا ۴ هفته، به کاهش این اثر نامطلوب کمک می‌کند (۲۴، ۳۷، ۴۲، ۴۷، ۵۰، ۵۴، ۵۵). هنگام برنامه‌ریزی برای درمان اکستروژن ارتودنسی، توجه به موقعیت نهایی دندان‌هایی که اکستروژن می‌شوند، موقعیت بعدی مارژین لثه، فراهم کردن انکور ریج مناسب، نیروهای ارتودنسی، پیشگیری از عوارض بعد از عمل، ضروری است (۴۲).

اکستروژن جراحی (Surgical extrusion):

اکستروژن جراحی که به عنوان پیوند داخل آلوئولی نیز شناخته می‌شود، روشی است که در آن ساختار باقیمانده‌ی دندان به طور عمودی به موقعیت کرونا لثه‌ای در ساکت دندان‌ی همان دندان جایگزین می‌شود (۵۸-۵۶). اساس بیولوژیکی برای اکستروژن جراحی توسط Lindhe و همکاران در مطالعات حیوانی نشان داده شده است (۶۱-۵۹). این تکنیک به عنوان جایگزینی برای کشیدن، اکستروژن ارتودنسی و جراحی افزایش طول تاج برای توانبخشی دندان‌های به شدت آسیب‌دیده توصیه می‌شود. این امکان جابجایی ضایعه‌ی زیر لثه یا حاشیه‌ی دندان را به صورت کرونا لثه‌ی تر فراهم می‌کند تا آن را ترمیم کند، فرول کافی ایجاد کرده و فضای عرض بیولوژیکی را رعایت می‌کند (۲۷، ۵۶، ۵۷، ۶۲). در واقع در این روش به منظور بازبازی اثر فرول، ریشه توسط عمل جراحی کرونا لثه‌ی شده و ناحیه آسیب‌دیده دندان به صورت کرونا لثه‌ی به موقعیت مارژین لثه تغییر مکان می‌دهد (۶۵-۶۳).

به این ترتیب، فرایندهای ترمیمی با بازبازی اثر فرول و بازبازی عرض بیولوژیکی تسهیل می‌شوند (۶۶). پیش‌آگهی ترمیم به داشتن ساختار کافی دندان برای اطمینان از ماندگاری و مقاومت مناسب پروتز ثابت بستگی دارد (۶۷). اکستروژن جراحی را می‌توان با یا بدون خارج کردن کامل دندان از

ساکت آلئوئول انجام داد. در واقع دندان را می‌توان فقط به صورت کروئالی حرکت داد یا می‌توان آن را از استخوان آلئوئول خارج کرد و مجدداً به صورت کروئالی کاشت (۲). از اکستروژن جراحی می‌توان در مواقع وجود شکستگی تاج-ریشه، پوسیدگی وسیع، آماده‌سازی گسترده دندان که به عرض بیولوژیک تجاوز می‌کند، تحلیل سرویکالی ریشه و جایی که بافت دندان در ناحیه‌ی عرض بیولوژیک از بین رفته است، استفاده نمود (۶۵).

دندان باید دارای یک ریشه منفرد و نسبتاً مستقیم باشد که جابه‌جایی کروئالی آن یک فرول مناسب برای درمان ترمیمی را تضمین کند (۲۷، ۶۲، ۶۸). نسبت تاج به ریشه پس از اکستروژن و ترمیم باید حداکثر ۱:۱ باشد (۶۵). این مقدار ممکن است بسته به نوع دندان و نیروهای جانبی مورد انتظار روی دندان متفاوت باشد (۶۸). وجود ضایعات پری‌اپیکال این روش را منع نمی‌کند. با این حال، پاتولوژی داخل ریشه باید قبل یا بعد از اکستروژن و تثبیت دندان مورد توجه قرار گیرد (۵۷). تحریک عملکردی بدون اسپلینت اضافی برای هدایت و سازمان‌دهی مجدد الیاف پرپودنتال و کاهش خطر تحلیل یا انکیلوز پیشنهاد شده است (۶۹، ۷۰). رسوب استخوان در ناحیه پری‌اپیکال ۲ ماه پس از اکستروژن جراحی مشاهده شد (۷۱). انجام اکستروژن جراحی نسبتاً ساده است و بسیار قابل پیش‌بینی است. در مقایسه با گزینه‌های درمانی جایگزین، سریع است و کم‌ترین ناراحتی را برای بیمار به همراه دارد (۶۷). اما یک پروتکل واحد جهانی برای آن وجود نداشته و امکان ایجاد انکیلوز و تحلیل ریشه در اثر ترومای الیاف پرپودنتال در این روش وجود دارد (۲).

DME (Deep Margin Elevation):

پیشرفت‌ها در علم مواد، سیستم‌های ادهزیو و ایزولیشن، استفاده بالینی و کاربردهای مواد ترمیمی کامپوزیت را تا حد زیادی گسترش داده‌اند. با کمک این تکنیک‌ها و مزیت کم‌تر تهاجمی آن‌ها، حتی عیوب گسترده و تضعیف‌کننده را می‌توان ترمیم کرد. در نتیجه ساختار سالم دندان حفظ شده و ماندگاری طولانی‌مدت برای دندان فراهم می‌شود. علاوه بر

این، ترمیم‌های کامپوزیت مستقیم اغلب به‌عنوان پایه‌ای عمل می‌کنند که مارژین ترمیم‌های غیرمستقیم بر روی آن قرار می‌گیرند (۷۲). DME (Deep Margin elevation)، یک تکنیک محافظه‌کارانه برای جابه‌جایی سرویکالی نواحی پروگزیمالی به صورت فوق‌لثه‌ای با استفاده از سیستم ادهزیو است (۷۳، ۷۴). این تکنیک با نام‌های جابه‌جایی سرویکالی (CMR)، افزایش ارتفاع باکس پروگزیمال (PBE) یا بالا آوردن مارژین عمیق (DME) نیز شناخته می‌شود که ابتدا در سال ۱۹۹۷ توسط Dietschi و Spreafico معرفی شد (۷۳). این تکنیک استفاده از یک ماده‌ی مناسب مانند رزین کامپوزیت را در عمیق‌ترین قسمت‌های نواحی پروگزیمال پیشنهاد می‌کند تا حاشیه‌ی سرویکالی به صورت فوق‌لثه‌ای با به کار بردن رابردم و نوار ماتریکس جابه‌جا شود (۷۳، ۷۴). در واقع در این روش پیشنهاد شده است که به جای افزایش طول جراحی یا اکستروژن کردن دندان که می‌تواند هم‌زمان بر و هم‌تهاجمی باشد، با استفاده از یک لایه کافی از کامپوزیت همراه با یک ایزولیشن مناسب، حاشیه پروگزیمال موجود را از حفره‌ی زیر لثه‌ای به سطح فوق لثه‌ای بالاتر ببرید. این لایه ممکن است در ترمیم مستقیم گنجانده شود یا ممکن است به عنوان پایه‌ای باشد که می‌توان روی آن ترمیم‌های کامپوزیت یا سرامیکی غیرمستقیم ساخت (۷۳). این روش می‌تواند دشواری تکنیک‌های قالب‌گیری بعدی و فرایندهای سمان‌سازی برای ترمیم‌های غیرمستقیم را کاهش دهد (۷۲). DME در مواردی که ایزولیشن مناسب با رابردم امکان‌پذیر نیست، نوار تافلمایر قادر به کنار زدن بافت لثه نیست و پوسیدگی زیر لثه‌ای عمیق تا نزدیکی کرسر آلئوئول نفوذ کرده است استفاده از این تکنیک کنتراندیکاسیون دارد (۷۵). امروزه می‌توان DME را با سیلینگ فوری عاج (IDS (Immediate Dentin Sealing) برای بهبود باند و سیل مارژینال ترمیم‌های ادهزیو غیرمستقیم ترکیب کرد. به طوری که باید به طور مستقیم بعد از IDS انجام شود (۷۴) DME زمان کافی را برای سیستم باندینگ عاج ایجاد کرده تا یک لایه‌ی هیبریدی بالغ ایجاد شده و بهتر بتواند در برابر

هرگونه تنش انقباضی مرتبط با سمان‌های رزینی یا لایه‌های کامپوزیتی بعدی مقاومت کند. بنابراین، با به تأخیر انداختن یا جداسازی باند بین لایه‌ی هیبرید عاج و لایه‌های ترمیمی بعدی برای مدتی، می‌توان به حداکثر استحکام باند کمپلکس ترمیم- دندان دست یافت. انجام چنین کاری این مزیت را دارد که با مشکل سلسله‌مراتب باندپذیری دیواره‌ها مقابله خواهد شد. همچنین باعث می‌شود که این تفاوت در چسبندگی دیواره‌های مختلف نتواند تأثیر خاصی در نتایج نهایی داشته باشد که خود باعث افزایش استحکام و سیل خواهد شد (۵، ۷۶).

تکنیک DME را می‌توان در طیف وسیعی از ضایعات عمقی پروگزیمال چه در ترمیم‌های مستقیم و چه غیرمستقیم به کار برد. در صورتی که محیط کار کاملاً ایزوله بوده، مارژین‌ها با ماتریس به طور دقیق ایزوله و سیل شده باشند و نقایص زیرلثه‌ای محدود به جانکشنال اپی‌تلیوم بوده و به اتصالات بافت همبند و عرض بیولوژیک تهاجم نکرده باشد. یعنی مارژین لثه‌ای ترمیم بعدی باید از نظر بالینی حداقل در فاصله‌ی ۱ تا ۵/۱ میلی‌متری از کرسٹ آلوئولی تخمین زده شود (۷۲، ۷۴، ۷۷، ۷۸). به طور کلی از مزایای این تکنیک می‌توان به غیر تهاجمی بودن، نتیجه‌ی فوری، استفاده از مزایای IDS و قابل استفاده بودن برای ترمیم‌های مستقیم و غیر مستقیم اشاره کرد (۷۵). از معایب DME می‌توان حساسیت به تکنیک را نام برد به طوری که در جایی که ایزولیشن مناسب امکان‌پذیر نباشد استفاده از این تکنیک امکان‌پذیر نیست همچنین نتایج بالینی در این تکنیک همیشه رضایت‌بخش نیست (۷۵).

بحث

مطالعه‌ی حاضر به بررسی راه‌حل‌های مؤثر در ترمیم دندان‌های بدون فرول پرداخته است. طبق مطالعات گذشته، اثر فرول یک موضوع بحث‌برانگیز بوده و بسیاری از مطالعات میزان ساختار باقیمانده دندان را مهم‌ترین عامل در مقاومت به شکست دندان‌های درمان ریشه در نظر گرفته‌اند (۸۳-۷۹).

برخی محققان گزارش کرده‌اند که حداقل فرول مورد نیاز برای افزایش مقاومت دندان در برابر شکست ۱ میلی‌متر است. علاوه بر این، دندان‌های با فرول ۱ میلی‌متری عملکرد ضعیف‌تری نسبت به دندان‌های با فرول ۲ میلی‌متری از خود نشان داده‌اند (۸۴). البته Batista و همکاران، اذعان داشته‌اند که به نظر نمی‌رسد فرول و ساختار دندانی بیشتر، عامل اصلی پیشگیری از شکست باشد (۸۳). اما Mosharaf و همکاران بیان کرده‌اند که از آنجایی که حداکثر نیرو به ناحیه سرویکال دندان اعمال می‌شود، هر چه ارتفاع فرول بیشتر باشد، نیروی وارده به دندان کمتر خواهد بود. علاوه بر این، زمانی که هر چهار دیوار در ارتفاع مناسبی باشند، حداکثر مقاومت در برابر شکست نیز رخ خواهد داد (۸۵).

طبق مطالعات گذشته (۸۶، ۸۷)، مقاومت به شکست دندان‌های قدیمی بالا که دیواره‌ی لیالی عاج تخریب شده بود و دارای فرول لینگوال ۲ میلی‌متری بودند، بهتر از دندان‌هایی بود که دیواره‌ی عاجی لینگوالی آن‌ها تخریب شده بود و دارای فرول لیال ۲ میلی‌متری بودند. کمترین مقاومت به شکست در ریشه‌های باقیمانده بدون فرول یا دارای فقط یک فرول لیالی مشاهده شد (۸).

به منظور افزایش فرول موجود در ضایعات زیرلثه یا نقایصی که به عرض بیولوژیک حمله می‌کنند، می‌توان از روش‌های جراحی افزایش طول تاج، اکستروژن با ارتودنسی، اکستروژن با جراحی و همچنین رویکرد محافظه‌کارانه‌تری مانند DME استفاده کرد (۲، ۷۲، ۸۸). اما اغلب تکنیک‌های سنتی، باعث از بین رفتن بیشتر اتصالات و قرار گرفتن ریشه در معرض محیط دهان، حساسیت بیش از حد عاج و نسبت نامطلوب تاج به ریشه و به خطر افتادن زیبایی می‌شوند. همچنین این رویکردها ممکن است در نهایت تحویل ترمیم نهایی را به تأخیر بیندازند (۹۰-۸۸). تکنیک CL ممکن است عوارضی مانند زیبایی و عفونت را به همراه داشته باشد.

Gegauff که در مطالعه‌ی خود به بررسی تأثیر ایجاد فرول توسط جراحی لثه بر استحکام شکست دندان‌های به شدت تخریب شده‌ی پرمولر دوم پائین پرداخت، بیان کرد که

به صورت آهسته و غیرفعال یا فعال با سرعت ۲ میلی‌متر در ماه به لیگامان پریودنتال و استخوان آلوئول اجازه ترمیم و بازسازی می‌دهد (۹۵، ۹۶).

مطالعات نشان داده‌اند که هر دو روش‌ها می‌توانند ساختار دندان سالمی را بر روی تاج استخوانی برای آماده‌سازی کامل فرول فراهم کنند. اما روش اکستروژن ارتودنسی مقاومت به شکست بالاتری را پس از ترمیم‌های پست و کور نسبت به افزایش طول تاج جراحی از خود نشان داده است (۸۲، ۱۰). با این حال، اینکه کدام یک از این دو روش برای ریشه‌های باقی‌مانده با شکستگی مورب عملکرد بهتری دارند، هنوز مشخص نیست (۸). در واقع در برخی موارد به دلیل پوسیدگی‌های شدید دندانی، نقایص گوه‌ای شکل، ضربه یا دلایل دیگر، دندان‌ها به صورت مایل می‌شکنند. این نوع شکستگی از تاج شروع شده و به صورت طولی از طریق اتاقک پالپ تا خط سرویکالی یا ناحیه زیر لثه امتداد می‌یابد و یک یا چند دیواره عاج از بین می‌رود (۸). بار شکستگی این دندان‌های با شکستگی مورب متناسب با از بین رفتن دیواره‌های عاج کاهش می‌یابد (۵، ۸، ۹۷). علاوه بر این، موقعیت دیواره عاج از دست‌رفته همچنان بر موفقیت درازمدت ترمیم‌های مورب ریشه تأثیرگذار است (۸۶، ۸۷).

Meng و همکاران، در مطالعه‌ی خود بیان کرده‌اند که احتمالاً پیش‌آگهی طولانی‌مدت چنین ریشه‌هایی پس از ترمیم‌های پست و کور ضعیف باشد. طبق مطالعه آن‌ها مقاومت به شکست پرمولرهای درمان ریشه با شکستگی مورب لینگوال به باکال با آماده‌سازی ناقص فرول بالاترین میزان گزارش شد (۸). روش اکستروژن ارتودنسی نیاز به مدت طولانی درمان داشته و بر میزان بهداشت دهان و دندان فرد تأثیر مخربی دارد و همچنین اگر فیروتومی به صورت هفتگی انجام شود، همکاری بالایی از بیمار را می‌طلبد. این درحالی‌است که با اکستروژن جراحی می‌توان در یک زمان اکستروژن را به میزان دلخواه انجام داد و به اصلاح مشکلات ریشه و درمان نواحی غیرقابل دسترس بدون آسیب به عناصر مجاور پرداخت. این روش در مقایسه با افزایش طول تاج

به هم خوردن نسبت مطلوب تاج به ریشه توسط جراحی لثه با اپیکالی قرار دادن خط خاتمه تراش و ایجاد ۲ میلی‌متر فرول مقاومت دندان‌ها را نسبت به شکست کاهش می‌دهد (۲۰). به طوری که میانگین نیروی لازم برای شکست دندان‌ها بدون در نظر گرفتن محل اعمال نیرو، در نمونه‌های بدون فرول ۸۳/۱ و در نمونه‌های دارای فرول ۳۱/۱ کیلونیوتن بود.

این در حالی است که گوهریان و اسدزاده، اذعان داشتند که با افزایش طول تاج کلینیکی و قرار دادن ۲ میلی‌متر فرول سرویکالی و به هم خوردن طول تاج به ریشه مطلوب، مقاومت دندان‌ها افزایش می‌یابد. به نحوی که میانگین نیروی شکست دندان‌ها، بدون در نظر گرفتن محل اعمال نیرو در نمونه‌های بدون فرول ۵۸/۰ و در نمونه‌های دارای فرول ۴۶/۱ کیلونیوتن بود (۱۲). از طرف دیگر ترمیم ادهزیو غیرمستقیم ممکن است پیچیده بوده و ایزولیشن تحت تأثیر حاشیه‌های زیر لثه‌ی موضعی قرار بگیرد و مانع از دوام و چسبندگی آن با بافت‌های پریودنتال شود (۷۷، ۹۱)؛ اما به طور کلی، افزایش ارتفاع حاشیه‌ی عمیق (DME) نسبت به جراحی CL بقای بهتری را نشان داده است (۹۱). البته که مواد و تکنیک مورد استفاده در این تکنیک در موفقیت و طول عمر آن، نقش مهمی را ایفا می‌کند (۷۷).

اکستروژن ارتودنسی در مقایسه با افزایش طول تاج جراحی، توانایی حفظ ساختار دندان و بافت‌های پریودنتال را دارد. چرا که در افزایش طول تاج جراحی لازم است که برداشتن استخوان روی دندان‌های مجاور نیز به منظور هماهنگی مورفولوژی لثه گسترش یابد. همین امر باعث از دست دادن استخوان و آسیب احتمالی اتصالات پریودنتال و بدتر شدن نسبت تاج به ریشه این دندان‌ها شود. در این روش اتصالات پریودنتال در سطح اپیکال‌تری بر روی ریشه ایجاد می‌شود تا جانکشنال اپیتلیوم و اتصالات بافت همبندی در یک زمان نسبتاً کوتاه تطبیق داده شوند (۳۵، ۹۴-۹۲). برعکس، اکستروژن ارتودنسی فقط می‌تواند باعث جابجایی دندان یا حتی افزایش حجم بافت‌های پشتیبان دندان شود، که خود برای اهداف ایمپلنت مفید خواهد بود (۳۹). این روش

جراحی، از دست دادن استخوان کمتر و نگهداری بهتر پاپیلای اینترپروگزیمال را شامل می‌شود و در مقایسه با اکستروژن ارتودنسی، مزیت مهاجرت کمتر تاجی بافت‌های حمایتی و زمان بسیار کوتاه‌تر درمان را دارد. البته استفاده از این روش در صورتی امکان‌پذیر است که دندان چند ریشه با ریشه‌های متباعد نداشته و بیمار موارد منع پزشکی برای درمان‌های جراحی را نداشته باشد (۲).

شده‌اند وجود دارد که در آن‌ها یا دندان به خارج از آلونول هدایت می‌شود و یا ساختارهای اطراف دندان به سمت اپیکال هدایت می‌شوند و یا با افزودن به ساختار دندان، بستر مناسبی برای قرار گرفتن مارژین ترمیم ایجاد می‌شود. به طور مرسوم از جراحی افزایش طول تاج و اکستروژن به وسیله ارتودنسی و جراحی استفاده می‌شود ولی در صورتی که بتوان ایزولیشن مناسبی ایجاد کرد استفاده از تکنیک DME می‌تواند با تهاجم بسیار کم و همچنین با نتیجه فوری انجام شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات موجود، تکنیک‌های متنوعی برای به دست آوردن فرول کافی در دندان‌هایی که به شدت تخریب

References

1. Aykent F, Kalkan M, Yucel MT, Ozyesil AG. Effect of dentin bonding and ferrule preparation on the fracture strength of crowned teeth restored with dowels and amalgam cores. *J Prosthet Dent* 2006; 95(4): 297-301.
2. Cordaro M, Staderini E, Torsello F, Grande NM, Turchi M, Cordaro M. A16: Orthodontic Extrusion vs. Surgical Extrusion to Rehabilitate Severely Damaged Teeth: A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(18): 9530.
3. Clark D, Levin L. In the dental implant era, why do we still bother saving teeth? *Dent Traumatol* 2019; 45(12): S57-65.
4. Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, et al. Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007; 98(4): 285-311.
5. Ferrari M, Vichi A, Fadda G, Cagidiaco M, Tay F, Breschi L, et al. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res* 2012; 91(7 Suppl): S72-8.
6. Naumann M, Koelpin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. *J Endod* 2012; 38(4): 432-5.
7. Mancebo JC, Jimenez-Castellanos E, Canadas D. Effect of tooth type and ferrule on the survival of pulpless teeth restored with fiber posts: a 3-year clinical study. *Am J Dent* 2010; 23(6): 351-6.
8. Meng Q, Ma Q, Wang T, Chen Y. A20: An in vitro study evaluating the effect of ferrule design on the fracture resistance of endodontically treated mandibular premolars after simulated crown lengthening or forced eruption methods. *BMC Oral Health* 2018; 18(1): 83.
9. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38(1): 11-9.
10. Meng QF, Chen LJ, Meng J, Chen YM, Smales RJ, Yip KH. Fracture resistance after simulated crown lengthening and forced tooth eruption of endodontically-treated teeth restored with a fiber post-and-core system. *Am J Dent* 2009; 22(3): 147-50.
11. Salari MH, Jalalian E, Soleymani S. Effect of ferrule on fracture resistance in endodontically treated teeth theeth were restored with bonded posts and cores [in Persian]. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN* 2007; 19(2): 86.
12. Goharian R, Asadzadeh Aghdaee N. Evaluation of the fracture strength of the post-crowned teeth with and without ferrule [in Persian]. *J Mashhad Den Sch* 2006; 30(1, 2): 117-24.
13. Academy of Prosthodontics. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent*; 1999; 81(1): 39-110.
14. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63(5): 529-36.
15. Skupien JA, Luz MS, Pereira-Cenci T. a17: Ferrule Effect: A Meta-analysis. *JDR Clin Trans Res* 2016; 1(1): 31-9.

16. Figueiredo FED, Martins-Filho PRS, Faria-e-Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2015; 41(3): 309-16.
17. Padbury Jr A, Eber R, Wang H. Interactions between the gingiva and the margin of restorations. *J Clin Periodontol* 2003; 30(5): 379-85.
18. Gargiulo A, Krajewski J, Gargiulo M. Defining biologic width in crown lengthening. *CDS Rev* 1995; 88(5): 20-3.
19. Hempton TJ, Dominici JT. A06: Contemporary crown-lengthening therapy: a review. *J Am Dent Assoc* 2010; 141(6): 647-55.
20. Gegauff AG. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. *J Prosthet Dent* 2000; 84(2): 169-79.
21. Stankiewicz N, Wilson P. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J* 2002; 35(7): 575-81.
22. Azimi N, Azimi N, Khanmohammadi MM, Ghazanfari R. A12: restorative modalities for structurally compromised teeth with thin-walled roots: a literature review. *Eur Dent Res Biomater J* 2023; 3(1): 03-016.
23. Meng QF, Chen YM, Guang HB, Yip KHK, Smales RJ. A14: Effect of a ferrule and increased clinical crown length on the in vitro fracture resistance of premolars restored using two dowel-and-core systems. *Oper Dent* 2007; 32(6): 595-601.
24. González-Martín O, Solano-Hernandez B, Torres A, González-Martín S, Avila-Ortiz G. Orthodontic extrusion: guidelines for contemporary clinical practice. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2020; 40(5): 667-76.
25. Haralur SB, Alalyani AF, Almutiq MA, Alfaifi AA, Al-Shehri AA. Effect of Inadequate Ferrule Segment Location on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth. *Indian J Dent Res* 2018; 29(2): 206-11.
26. Yeh S, Andreana S. Crown lengthening: basic principles, indications, techniques and clinical case reports. *N Y State Dent J* 2004; 70(8): 30-6.
27. Kahnberg K. Surgical extrusion of root-fractured teeth—a follow-up study of two surgical methods. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4(2): 85-9.
28. Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed prosthodontics: current knowledge and future needs. *J Prosthet Dent* 1999; 82(6): 643-57.
29. Lindhe J, Berglundh T, Lang NP. *Parodontologia clinica e implantologia orale*. Milano, Italy: Edi.Ermes; 2024.
30. Pontoriero R, Carnevale G. Surgical crown lengthening: a 12-month clinical wound healing study. *J Periodontol* 2001; 72(7): 841-8.
31. Perez JR, Smukler H, Nunn ME. Clinical evaluation of the supraosseous gingivae before and after crown lengthening. *J Periodontol* 2007; 78(6): 1023-30.
32. Allen EP. Surgical crown lengthening for function and esthetics. *Dent Clin North Am* 1993; 37(2): 163-79.
33. McGuire MK. Periodontal plastic surgery. *Dent Clin North Am* 1998; 42(3): 411-65.
34. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol* 1992; 63(12): 995-6.
35. Bach N, Baylard JF, Voyer R. Orthodontic extrusion: periodontal considerations and applications. *J Can Dent Assoc* 2004; 70(11): 775-80.
36. Ingber JS. Forced eruption: Part I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects-rationale and case report. *J Periodontol* 1974; 45(4): 199-206.
37. Mantzikos T, Shamus I. Case report: forced eruption and implant site development. *Angle Orthod* 1998; 68(2): 179-86.
38. Ogihara S, Wang H. Periodontal regeneration with or without limited orthodontics for the treatment of 2-or 3-wall infrabony defects. *Journal of Periodontology*. 2010; 81(12): 1734-42.
39. Paolone MG, Kaitsas R. Orthodontic-periodontal interactions: Orthodontic extrusion in interdisciplinary regenerative treatments. *Int Orthod* 2018; 16(2): 217-45.
40. De Carvalho PFM, Joly JC, Da Silva RC, González-Martín O. Therapeutic alternatives for addressing pink esthetic complications in single-tooth implants: A proposal for a clinical decision tree. *J Esthet Restor Dent* 2019; 31(5): 403-14.
41. Koyuturk AE, Malkoc S. Orthodontic extrusion of subgingivally fractured incisor before restoration. A case report: 3-years follow-up. *Dent Traumatol* 2005; 21(3): 174-8.
42. Addy LD, Durning P, Thomas MB, McLaughlin WS. Orthodontic extrusion: an interdisciplinary approach to patient management. *Dent Update* 2009; 36(4): 212-8.
43. Bruhnke M, Beuer F, Böse MWH, Naumann M. Forced orthodontic extrusion to restore extensively damaged anterior and premolar teeth as abutments for single-crown restorations: Up to 5-year results from a pilot clinical study. *J Prosthet Dent* 2023; 129(1): 61-8.

44. Alves LD, Donnelly JC, Lugo A, Carter DR. Reeruption and extrusion of a traumatically intruded immature permanent incisor: case report. *J Endod* 1997; 23(4): 246-8.
45. Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993; 13(4): 312-33.
46. Zyskind K, Zyskind D, Soskolne WA, Harary D. Orthodontic forced eruption: case report of an alternative treatment for subgingivally fractured young permanent incisors. *Quintessence Int* 1992; 23(6): 393-9.
47. Malmgren O, Malmgren B, Frykholm A. Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7(2): 49-54.
48. Stevens BH, Levine RA. Forced eruption: a multidisciplinary approach for form, function, and biologic predictability. *Compend Contin Educ Dent* 1998; 19(10): 994-8.
49. Amsterdam M. Periodontal prosthesis. Twenty-five years in retrospect. *Alpha Omegan* 1974; 67(3): 8-52.
50. Carvalho CV, Bauer FPF, Romito GA, Pannuti CM, De Micheli G. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26(1): 87-93.
51. Nappen DL, Kohlan DJ. Orthodontic extrusion of premolar teeth: an improved technique. *J Prosthet Dent* 1989; 61(5): 549-54.
52. Sabri R. Crown lengthening by orthodontic extrusion. Principles and technics [in French]. *J Parodontol* 1989; 8(2): 197-204.
53. Oesterle LJ, Wood LW. Raising the root. A look at orthodontic extrusion. *J Am Dent Assoc* 1991; 122(7): 193-8.
54. Miresmaeili AF, Mollabashi V, Gholami L, Farhadian M, Rezaei-Soufi L, Javanshir B, et al. Comparison of conventional and laser-aided fiberotomy in relapse tendency of rotated tooth: A randomized controlled clinical trial. *Int Orthod* 2019; 17(1): 103-13.
55. Taner TU, Haydar B, Kavuklu I, Korkmaz A. Short-term effects of fiberotomy on relapse of anterior crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 118(6): 617-23.
56. Plotino G, Abella Sans F, Duggal M, Grande N, Krastl G, Nagendrababu V, et al. Clinical procedures and outcome of surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation—a narrative review. *Int Endod J* 2020; 53(12): 1636-52.
57. Das B, Muthu MS. Surgical extrusion as a treatment option for crown–root fracture in permanent anterior teeth: a systematic review. *Dent Traumatol* 2013; 29(6): 423-31.
58. Özer SY, Uysal İ, Bahşi E. Surgical extrusion of a complete crown fractured tooth: a case report. *Int Dent Res* 2011; 1(2): 70-4.
59. Karring T, Nyman S, Lindhe J. Healing following implantation of periodontitis affected roots into bone tissue. *J Clin Periodontol* 1980; 7(2): 96-105.
60. Karring T, Isidor F, Nyman S, Lindme J. New attachment formation on teeth with a reduced but healthy periodontal ligament. *J Clin Periodontol* 1985; 12(1): 51-60.
61. Lindhe J, Nyman S, Karring T. Connective tissue reattachment as related to presence or absence of alveolar bone. *J Clin Periodontol* 1984; 11(1): 33-40.
62. Kelly RD, Addison O, Tomson PL, Krastl G, Dietrich T. Atraumatic surgical extrusion to improve tooth restorability: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2016; 115(6): 649-53.
63. Argueta J, Orellana A, Plotino G. Surgical extrusion: A reliable technique for saving compromised teeth. A 5-years follow-up case report. *Giornale Italiano di Endodonzia* 2018; 32(1): 25-30.
64. Dietrich T, Krug R, Krastl G, Tomson PL. Restoring the unrestorable! Developing coronal tooth tissue with a minimally invasive surgical extrusion technique. *Br Dent J* 2019; 226(10): 789-93.
65. Becciani R, Faganello D, Fradeani M. Surgical extrusion: a simplified esthetic method of treating non-restorable teeth. Rationale and case report. *Int J Esthet Dent* 2018; 13(2): 240-73.
66. Castelo-Baz P, Quijada-López S, Petrelli GB, Vila RM, Pérez-Heredia M, Martín-Biedma B. Surgical extrusion with biologically oriented preparation: An alternative to extraction. *J Prosthet Dent* 2019; 121(4): 553-6.
67. Babiuc I, Păuna MR. Surgical extrusion to provide a ferrule for restoring a tooth with a compromised prognosis: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2021; 126(5): 616-21.
68. Shefter GJ, McFall Jr WT. Occlusal relations and periodontal status in human adults. *J Periodontol* 1984; 55(6): 368-74.
69. Lee JH, Yoon SM. Surgical extrusion of multiple teeth with crown-root fractures: a case report with 18-months follow up. *Dent Traumatol* 2015; 31(2): 150-5.
70. Mohan KP, Ravindra RN, Roopa D, Kishore KK. Atraumatic surgical extrusion using periotome in esthetic zone: a case series. *J Conserv Dent* 2013; 16(2): 175-9.

71. Kim CS, Choi SH, Chai JK, Kim CK, Cho KS. Surgical extrusion technique for clinical crown lengthening: report of three cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004; 24(5): 412-21.
72. Furtado S, Hegde V, Fanibunda U. Deep margin elevation: Raising the bar in adhesive restorations - A case series. *Int J Appl Dent Sci* 2021; 7(3): 387-92.
73. Dietschi D, Spreafico R. Current clinical concepts for adhesive cementation of tooth-colored posterior restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998; 10(1): 47-54.
74. Magne P, Sprea RC. Deep margin elevation: a paradigm shift. *Am J Esthet Dent* 2012; 2: 86-96.
75. Geo TD, Gupta S, Gupta SG, Rana K singh. Is Deep margin elevation a reliable tool for cervical margin relocation? – A comparative review. *J Oral Biol Craniofac Res* 2024; 14(1): 33-8.
76. Decoupling with Time | Inside Dentistry [Internet]. [cited 2024 Mar 11]. Available from: <https://cdeworld.com/courses/5303-decoupling-with-time>
77. Dablanca-Blanco AB, Blanco-Carrión J, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Bello-Castro A, Castelo-Baz P. Management of large class II lesions in molars: how to restore and when to perform surgical crown lengthening? *Restor Dent Endod* 2017; 42(3): 240-52.
78. Samartzi TK, Papalexopoulos D, Ntovas P, Rahiotis C, Blatz MB. Deep margin elevation: a literature review. *Dent J (Basel)* 2022; 10(3): 48.
79. Yang A, Lamichhane A, Xu C. Remaining coronal dentin and risk of fiber-reinforced composite post-core restoration failure: a meta-analysis. *Int J Prosthodont* 2015; 28(3): 258-64.
80. Santana F, Castro C, Simamoto-Júnior P, Soares P, Quagliatto P, Estrela C, et al. Influence of post system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behaviour of root filled molar teeth. *Int Endod J* 2011; 44(5): 386-94.
81. Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent* 2013; 41(3): 207-15.
82. Mekayarajjananonth T, Chitcharus N, Winkler S, Bogert MC. The effect of fiber dowel heights in resin composite cores on restoration failures of endodontically treated teeth. *J Oral Implantol* 2009; 35(2): 63-9.
83. Batista VE de S, Bitencourt SB, Bastos NA, Pellizzer EP, Goiato MC, dos Santos DM. Influence of the ferrule effect on the failure of fiber-reinforced composite post-and-core restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2020; 123(2): 239-45.
84. 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.
85. Mosharaf R, Abolhasani M, Fathi AH, Rajabi A. The effect of ferrule/crown ratio and post length on the applied stress and strain distribution to the endodontically treated maxillary central teeth: a finite element analysis. *Front Dent* 2023; 20: 16.
86. Ng CC, Dumbriague 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.
87. Liu S, Liu Y, Lu X, Xu Y, Xu J. Influence of incomplete ferrule on stress distribution of post and core restored maxillary premolar. *Chin J Stomatol* 2012; 47(11): 162-6.
88. Nugala B, Kumar SB, Sahitya S, Krishna MP. Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *J Conserv Dent* 2012; 15(1): 12-7.
89. Veneziani M. Adhesive restorations in the posterior area with subgingival cervical margins: new classification and differentiated treatment approach. *Eur J Esthet Dent* 2010; 5(1): 50-76.
90. Planciunas L, Purieni A, Mackeviciene G. Surgical lengthening of the clinical tooth crown. *Stomatologija* 2006; 8(3): 88-95.
91. Mugri MH, Sayed ME, Nedumgottil BM, Bhandi S, Raj AT, Testarelli L, et al. Treatment prognosis of restored teeth with crown lengthening vs. deep margin elevation: a systematic review. *Materials (Basel)* 2021; 14(21): 6733.
92. Levine DF, Handelsman M, Ravon NA. Crown lengthening surgery: a restorative-driven periodontal procedure. *J Calif Dent Assoc* 1999; 27(2): 143-51.
93. de Oliveira PS, Chiarelli F, Rodrigues JA, Shibli JA, Zizzari VL, Piattelli A, et al. Aesthetic surgical crown lengthening procedure. *Case Rep Dent* 2015; 2015: 437412.
94. Parwani SR, Parwani RN. Surgical crown lengthening: a periodontal and restorative interdisciplinary approach. *Gen Dent* 2014; 62(6): e15-9.
95. Patil PG, Nimbalkar-Patil SP, Karandikar AB. Multidisciplinary treatment approach to restore deep horizontally fractured maxillary central incisor. *J Contemp Dent Pract* 2014; 15(1): 112.
96. Rokn AR, Saffarpour A, Sadrimanesh R, Iranparvar K, Saffarpour A, Mahmoudzadeh M, et al. Implant site development by orthodontic forced eruption of nontreatable teeth: a case report. *Open Dent J* 2012; 6: 99-104.

97. Mangold JT, Kern M. Influence of glass-fiber posts on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated premolars with varying substance loss: an in vitro study. J Prosthet Dent 2011; 105(6): 387-93.