

Comparison of Push-Out Bond Strength of Fiber Post after Root Canal Preparation with Different Irrigation Methods

Tayyebah Sadat Baghai¹, Abdolrahim Davari², Negar Etminan^{3*}

¹Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

²Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

³Post graduate Student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 13 June 2026, Accepted: 8 September 2026

Background: Fiber posts are widely used in the restoration of endodontically treated teeth due to their favorable mechanical properties and modulus of elasticity similar to dentin. The success of these restorations largely depends on the bond strength between the post and root canal dentin, which may be influenced by the irrigation protocol used during post-space preparation. This study evaluated the effects of four irrigation protocols including EDTA + sodium hypochlorite, EDTA alone, chlorhexidine alone, and sodium hypochlorite alone on the push-out bond strength of fiber posts to the root canal wall.

Methods and Materials: A total of 48 human single-canal premolar teeth were randomly divided into 4 equal groups (n=12 each). After root canal and post-space preparation, the groups were irrigated with 17% EDTA + 5.25% NaOCl, 17% EDTA, 2% chlorhexidine, and 5.25% NaOCl alone. Fiber posts were cemented using a self-adhesive resin cement (TheraCem, BISCO, Inc., Schaumburg, IL, USA) and bond strength was measured using universal testing machine (ZwickRoell GmbH & Co. KG, Ulm, Germany). Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc test.

Results: A significant difference in bond strength was observed among the study groups ($p=0.001$). The EDTA+NaOCl group showed significantly higher bond strength compared to the chlorhexidine group ($p=0.02$) and the NaOCl alone group ($p=0.001$), but no significant differences were found in other pairwise comparisons. The highest bond strength values were reported in the EDTA+NaOCl group (17.01 ± 2.29 MPa) and the lowest in the NaOCl-only group (11.24 ± 3.59 MPa).

Conclusion: The sequential use of 5.25% sodium hypochlorite followed by 17% EDTA improved the push-out bond strength of fiber posts to the root canal wall compared to chlorhexidine or each agent alone. Therefore, post-space irrigation with 5.25% NaOCl followed by 17% EDTA is recommended as the protocol of choice for achieving maximum bond strength.

Keywords: Push-out bond strength, fiber post, EDTA, sodium hypochlorite, chlorhexidine

***Corresponding Author:** netminan60@yahoo.com

➤ **Please cite this paper as:** Baghai TS, Davari A, Etminan N. Comparison of push-out bond strength of fiber post after root canal preparation with different irrigation methods. *J Mashhad Dent Sch* 2026; 50(3):168-178.

➤ **DOI:** [10.22038/jmds.2026.28360](https://doi.org/10.22038/jmds.2026.28360)



مقایسه استحکام باند Push-Out فایرپست پس از آماده‌سازی کانال ریشه با روش‌های مختلف

شستشو

طیبه السادات بقایی^۱، عبدالرحیم داوری^۲، نگار اطمینان^{۳*}

^۱استادیار، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران
^۲استاد، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران
^۳آدستیار تخصصی، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۵/۰۳/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۷

چکیده

مقدمه: فایر پست‌ها به دلیل خواص مکانیکی مناسب و تطابق مدول الاستیک با عاج، کاربرد گسترده‌ای در ترمیم دندان‌های درمان ریشه شده دارند. موفقیت این ترمیم‌ها به استحکام باند بین پست و عاج کانال ریشه بستگی دارد که تحت تأثیر ماده شستشوی فضای پست قرار می‌گیرد. تحقیق حاضر، با هدف تعیین اثر چهار پروتکل شستشو شامل EDTA و هیپوکلریت سدیم، EDTA به تنهایی، کلرهگزیدین به تنهایی و هیپوکلریت سدیم به تنهایی بر استحکام باند push-out پست فایر به دیواره کانال ریشه انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۴۸ دندان پرمولر تک‌کانال انسانی به طور تصادفی در ۴ گروه مساوی (هر گروه ۱۲ عدد) تقسیم شدند. پس از آماده‌سازی کانال و فضای پست، گروه‌ها با محلول‌های ۱۷٪ EDTA + ۵٪ NaOCl، ۱۷٪ EDTA، ۵٪ NaOCl و ۲٪ کلرهگزیدین به تنهایی شستشو داده شدند. پست‌های فایر با سمان رزینی سلف-آدهزیو (TheraCem, BISCO, Inc., Schaumburg, IL, USA) سمان شده و استحکام باند در دستگاه تست یونیورسال (ZwickRoell GmbH & Co. KG, Ulm, Germany) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و تعقیبی Tukey تحلیل شدند. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری از نظر استحکام باند در گروه‌های مورد مطالعه ثبت گردید ($p = ۰/۰۰۱$). گروه EDTA+NaOCl استحکام باند بیشتری در مقایسه با گروه کلرهگزیدین ($p = ۰/۰۲$) و گروه NaOCl ($p = ۰/۰۰۱$) داشت، ولی در سایر مقایسات دو به دو تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بیشترین مقادیر استحکام باند در گروه EDTA+NaOCl ($۲/۲۹ \pm ۱۷/۰۱$ مگاپاسکال) و کمترین آن در گروه NaOCl ($۳/۵۹ \pm$ مگاپاسکال) گزارش شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از توالی هیپوکلریت سدیم ۵٪ و EDTA ۱۷٪ در مقایسه با کاربرد هر یک از این مواد به تنهایی یا کلرهگزیدین، استحکام باند پست فایر به دیواره کانال ریشه را ارتقا داده بود. لذا شستشوی فضای پست با NaOCl ۵٪ و سپس EDTA ۱۷٪ به عنوان پروتکل انتخابی برای دستیابی به حداکثر مقادیر استحکام باند توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: استحکام باند push-out، فایرپست، EDTA، هیپوکلریت سدیم، کلرهگزیدین

مقدمه

دندان‌های تحت درمان ریشه اغلب بخش عمده‌ای از ساختار خود را بر اثر پوسیدگی، تراش‌های وسیع یا شکستگی از دست داده و نیازمند تقویت بیشتر جهت افزایش استحکام و گیر برای ترمیم هستند.^(۱) در موقعیت‌های بالینی، دندان‌های فاقد پالپ با پست‌های ساختگی (custom-made) یا پست‌های پیش‌ساخته از جنس تیتانیوم، استینلس استیل، فایبرگلاس و زیرکونیا بازسازی می‌شوند. پست گلاس فایر بیشترین کاربردها را دارد، زیرا به آماده‌سازی داخل ریشه‌ای با تهاجم کمتری نیاز داشته و کل فرآیند آن در یک جلسه انجام می‌شود.^(۲) فایرپست با داشتن مدول الاستیسیته مشابه عاج در مقایسه با پست فلزی احتمال کمتری برای شکستگی ریشه تضعیف شده دارد.^(۳) با این حال، اتصال ناکافی بین فایر پست و کانال ریشه سبب ایجاد شکاف در ناحیه‌ی حدفاصل، سست شدن یا از دست رفتن پست شده و در نهایت ترمیم‌ها را دچار شکست می‌نماید.^(۴)

استحکام باند در عاج ریشه‌ای به دلیل وجود لایه اسمیر ثانویه، نوردی دشار و استرس پلیمریزاسیون بالا، از عاج تاجی کمتر است. آماده‌سازی معمول فضای پست همواره منجر به ایجاد یک لایه اسمیر جدید می‌شود که غنی از بقایای سیلر و گوتاپرکا بوده و بر اثر حرارت اصطکاکی دریل، پلاستی‌سایز می‌شود.^(۵) وجود لایه اسمیر ضخیم در فضای پست، اتصال مؤثر رزین‌های چسبنده به عاج ریشه را مختل می‌کند.^(۶) اتصال مناسب بر اساس تشکیل لایه هیبریدی و از طریق نفوذ مونومرهای رزینی به عاج دمنرالیزه شده صورت می‌گیرد که این امر مستلزم داشتن سطح عاجی تمیز پس از آماده‌سازی مکانیکی فضای پست و حذف مواد پرکننده کانال ریشه است.^(۷) لذا برای

جلوگیری از شکست، پاکیزگی کانال ریشه قبل از چسباندن ضرورت دارد.

هیپوکلریت سدیم، کلرهگزیدین و اتیلن‌دی‌آمین تتراسدیک اسید (EDTA) به طور گسترده و با هدف حذف بیوفيلم و لایه اسمیر در این راستا کاربرد دارند.^(۸) هیپوکلریت سدیم یک عامل ضد میکروبی بالقوه است که در تماس با اکثر باکتری‌ها کشنده بوده و در حل کردن ترکیبات آلی عاج و کلاژن و نیز بقایای پالپ موفق عمل می‌کند.^(۹) البته، NaOCl به تنهایی قادر به حذف کامل لایه اسمیر نیست، اما می‌تواند قسمت‌های آلی آن را تحت تأثیر قرار داده و امکان حذف کامل آن با سایر شوینده‌ها مانند EDTA و اسید سیتریک را فراهم کند.^(۱۰) کلرهگزیدین دی‌گلوکونات هم یک بیس‌یگوانید با خاصیت ضدباکتری وسیع است که فاقد خصوصیات نامناسب هیپوکلریت سدیم مانند مزه و بوی بد یا تحریک شدید بافت‌های پری‌اپیکال است، هرچند دارای قابلیت حل بافت نبوده و نمی‌تواند جایگزین NaOCl شود.^(۱۱) EDTA با یون‌های کلسیم در عاج واکنش داده و سبب دمنرالیزاسیون سطحی و حذف قسمت معدنی لایه اسمیر می‌شود.^(۱۲)

انواع مختلفی از سمان‌های رزینی چسبنده (توتال-اچ، سلف-اچ و سلف-ادهزیو) برای اتصال پست‌های فایر به عاج ریشه کاربرد دارند. با این حال، سمان‌های رزینی توتال-اچ به دلیل فرایندهای شستشو، خشک کردن، غلظت اسید و کنترل رطوبت هنگام استفاده، حساسیت تکنیکی بالایی دارند.^(۱۳) سمان‌های سلف-اچ، روند سمان‌گذاری را ساده کرده و هم بر روی عاج مرطوب و هم بر روی عاج خشک به کار می‌روند. در سال‌های اخیر، سمان‌های رزینی سلف-ادهزیو با ارائه‌ی کاربردهای بالینی ساده‌تر، توجه زیادی را جلب کرده‌اند، زیرا نیازی به هیچ گونه آماده‌سازی عاج ندارند.^(۱۴)

تعداد ۴۸ دندان کشیده شده، بدون پوسیدگی و تک‌ریشه‌ای با طول و قطر ریشه‌ی تقریباً مشابه مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به نتایج مطالعه‌ی مشابه^(۱۷) و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری ۰/۵، توان آزمون ۸۰٪ و اندازه‌ی اثر ۰/۹، حجم نمونه‌ی مورد نیاز برای هر گروه ۱۲ عدد برآورد شد.

دندان‌ها با کمک اسکیلر از هر گونه رسوب جرم و بافت نرم پاک شده و تا زمان انجام آزمایشات، در محلول تیمول ۰/۱٪ در دمای اتاق با دمای ۲۵ °C نگهداری شدند. پس از شستشوی ۵ دقیقه‌ای دندان‌ها با آب برای حذف محلول تیمول، تاج آنها با استفاده از هندپیس در سرعت بالا و فرز الماسی فیشور بلند (تیزکاوان، تهران، ایران) به همراه کاربرد اسپری آب از ۱ میلی‌متر اینسایزالی تر از CEJ قطع شد. اپکس دندان‌ها با استفاده از کامپوزیت فلو (Denfil, Vericum Laboratories, Ltd, Anyang, Korea) سیل گردید تا از مواد پرکننده‌ی کانال درون ریشه نگهداری شده، سیل اپیکال برقرار شده و از استانداردسازی نمونه‌ها حین مراحل آماده‌سازی اطمینان حاصل گردد. با استفاده از K فایل (NIC; Shenzhen Superline Technology Co. Ltd, Shanghai, China) شماره‌ی ۱۵، طول کارکرد هر کانال ریشه به میزان ۱mm کوتاه‌تر از اپیکال فورامن تعیین شده و نیز آماده‌سازی کانال ریشه‌ی دندان‌ها با روش crown-down با اندوموتور روتاری انجام شد. کانال‌های ریشه با استفاده از سرنگ حاوی محلول سالین فیزیولوژیک (شرکت داروسازی شهید قاضی، ایران) در هر تعویض فایل شسته شده و بعد از پاک‌سازی، با استفاده از ۵ mL هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ (مروابن، ایران) برای ۱ دقیقه، با آب مقطر (کیمیا تهران، ایران) شستشو داده شدند. پس از خشک شدن کانال‌های آماده‌سازی شده با paper point (Meta Biomed, Chungbuk, Korea) مناسب، کانال‌های ریشه با روش تراکم جانبی به همراه گوتا‌پرکا تیپر (Gutta Percha Points,

برخی مطالعات درباره‌ی اثر روش‌های مختلف شستشوی فضای پست بر استحکام باند فایبرپست‌ها انجام شده‌اند. Demiryürek و همکاران^(۱۴)، نشان دادند شستشوی کانال ریشه با ۵٪ NaOCl در حذف لایه‌ی اسمیر کارایی کافی نداشته و استحکام باند push-out در گروه‌های NaOCl ضعیف‌تر از گروه‌های شستشو با ۱۷٪ EDTA یا اچ با اسید فسفریک ۳۷٪ بوده است. همچنین، Faria-e-Silva و همکاران^(۱۵)، گزارش کردند در پست‌های باند شده با سمان‌های رزینی سلف-ادهزیو، شستشو با NaOCl استحکام باند بیشتری در مقایسه با EDTA به همراه دارد. همچنین، Kul و همکاران^(۱۶)، نشان دادند پروتکل NaOCl+EDTA مقادیر استحکام باند بیشتری در مقایسه با سایر گروه‌ها ایجاد می‌کند. در یک مرور سیستماتیک و متاآنالیز، Pournaghi Azar و همکاران^(۱۳)، گزارش کردند محلول شستشوی EDTA+NaOCl به همراه سمان رزینی توتال-اچ و نیز سمان‌های سلف-ادهزیو به همراه کلرگزیدین مؤثرترین پروتکل‌ها برای افزایش استحکام باند push-out به عاج ریشه بوده‌اند.

تحقیق حاضر، با هدف تعیین اثرات ۴ پروتکل شستشو شامل ترکیب متوالی EDTA و هیپوکلریت سدیم، EDTA به تنهایی، کلرگزیدین به تنهایی و هیپوکلریت سدیم به تنهایی بر استحکام باند push-out پست فایبر به دیواره کانال ریشه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با شماره‌ی کمیته‌ی اخلاق IR.SSU.DENTISTRY.REC.1404.053 در کمیسیون اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد بررسی و تصویب گردید.

محلول هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ (مروابن، ایران) به مدت ۶۰ ثانیه برای آماده سازی استفاده شده و اضافات محلول توسط میکروبراش از سطح حذف و رطوبت سطحی نیز باقی گذاشته شد.

گروه چهارم: برای آماده سازی عاج ریشه ای، پس از حذف آب و رطوبت توسط میکروبراش از روی سطح عاج، از محلول هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ (مروابن، ایران) به مدت ۶۰ ثانیه و سپس شستشو با سالین (ژنیران، ایران) و متعاقب آن، از ۱۷٪ EDTA (مروابن، ایران) به مدت ۶۰ ثانیه استفاده شده و اضافات محلول با میکروبراش از سطح حذف و رطوبت سطحی باقی گذاشته شد.

در تمام کانال های آماده شده همانند یکدیگر، سمان رزینی تزریق شده و فایبر پست مربوطه در درون کانال قرار گرفت. با استفاده از منبع نور LED LITEX 696 (Dentamerica, Taiwan) نوردهی به مدت ۱۰ ثانیه انجام شده و پس از آن، تمام نمونه ها در آب مقطر 37°C به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. نمونه ها در بلوک های پلی استر مانت شدند. سپس، مقاطع با ضخامت های ۱/۵ میلی متری از قسمت میانی ریشه با استفاده از ابزار (T201 A Mecatome, Presi, France) بریده شد. در نهایت، برای برآورد نتایج استحکام باند مقاطع تهیه شده، آزمون push-out توسط ابزار تست یونیورسال (ZwickRoell GmbH & Co. KG, Ulm, Germany) بر روی نمونه ها انجام شده و نیرو توسط پیستون استوانه ای استیل ضدزنگ با قطر متناسب با کانال در سرعت ۰/۵ میلی متر بر دقیقه در جهت اپیکوسرویکال اعمال گردید. بالاترین مقدار نیرو در زمان دبانند شدن کامپوزیت و برحسب نیوتن ثبت گردید. نیروهای محاسبه شده برحسب نیوتن بر مساحت سطح مقطع تقسیم و استحکام باند push-out برحسب مگاپاسکال گزارش گردید.

(Suredent Corporation, Kyeonggi-do, Korea) و سیلر (Adseal; Meta Biomed Co, Cheongju, Korea) پر شدند. گوتاپرکا با سیلر پوشیده شده و درون کانال ریشه قرار داده شد تا به طول کارکرد برسد. بخش کرونالی گوتاپرکا نیز با استفاده از پروب داغ حذف گردید. کانال های ریشه ای پر شده به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور با دمای 37°C نگهداری شدند. بعد از این زمان، آماده سازی فضای پست با استفاده از گیتس و پیرو (Mani, Tochigi, Japan) طوری انجام شد که ۴ الی ۵ میلی متر از گوتاپرکا در انتهای اپیکال کانال باقی بماند. کانال های ریشه با محلول سالین شستشو داده شد و با استفاده از پوینت کاغذی خشک شدند. در این تحقیق، از فایبر پست (Angelus, Brazil) استفاده شد و نیز برای اتصال فایبر پست به عاج کانال ریشه از سمان رزینی سلف ادهزیو (TheraCem, BISCO, Inc., Schaumburg, IL, USA) مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده استفاده شد. ریشه های مورد مطالعه براساس روش آماده سازی سطحی در ۴ گروه ۱۲ تایی تقسیم شدند.

گروه اول: برای آماده سازی عاج ریشه ای، متعاقب حذف آب و رطوبت توسط میکروبراش از روی سطح عاج با استفاده از محلول EDTA ۱۷٪ (مروابن، ایران)، آماده سازی به مدت ۶۰ ثانیه انجام شده و اضافات محلول توسط میکروبراش از سطح حذف و رطوبت سطحی باقی ماند.

گروه دوم: پس از حذف آب و رطوبت توسط میکروبراش از روی سطح عاج، محلول کلرگزیدین CHX ۲٪ (کبالت، ایران) به مدت ۶۰ ثانیه با استفاده از میکروبراش به همراه حرکات جارویی برای آماده سازی عاج استفاده شده و اضافات محلول توسط میکروبراش از سطح حذف و رطوبت سطحی باقی ماند.

گروه سوم: برای آماده سازی عاج ریشه ای، پس از حذف آب و رطوبت توسط میکروبراش از روی سطح عاج، از

هیپوکلریت سدیم و کمترین آن در شستشو با هیپوکلریت سدیم ثبت شد.

طبق نتایج تحقیق، تفاوت‌های معنی‌داری از نظر مقادیر استحکام باند push-out فایبرپست‌ها در روش‌های مختلف شستشو دیده شد ($p\text{-value} = 0/001$).

مقایسات دو به دوی گروه‌ها از نظر مقادیر استحکام باند push-out با آزمون Tukey انجام شد و طبق نتایج این آزمون مشخص گردید که گروه EDTA + هیپوکلریت سدیم مقادیر میانگین استحکام باند بیشتری در مقایسه با گروه‌های کلرگزیدین ($p=0/02$) و هیپوکلریت سدیم به تنهایی ($p=0/001$) داشته است. با این حال، تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه‌های EDTA و EDTA + هیپوکلریت سدیم و نیز بین گروه‌های کلرگزیدین و هیپوکلریت سدیم با گروه‌های EDTA دیده نشد. (جدول ۲)

برای آزمون تفاوت‌های مقادیر استحکام باند push-out فایبرپست‌ها به کانال ریشه در گروه‌ها از آزمون پارامتری آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد و برای انجام مقایسات دو به دو نیز از آزمون Tukey استفاده شد. سطح معنی‌داری در همه آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین استحکام باند push-out فایبرپست‌ها در شستشو با EDTA + هیپوکلریت سدیم برابر $17/01 \pm 2/29$ مگاپاسکال؛ در شستشو با EDTA برابر $14/53 \pm 4/49$ مگاپاسکال؛ در شستشو با کلرگزیدین برابر $12/60 \pm 3/26$ مگاپاسکال و در شستشو با هیپوکلریت سدیم هم برابر $3/59 \pm 11/24$ مگاپاسکال بوده است (جدول ۱). بیشترین مقادیر میانگین استحکام باند push-out در شستشو با EDTA +

جدول ۱. شاخص‌های پراکندگی مرکزی استحکام باند push-out فایبرپست‌ها به کانال‌های ریشه پس از شستشو با عوامل EDTA، هیپوکلریت

سدیم و کلرگزیدین

گروه‌ها	میانگین (MPa)	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
EDTA + هیپوکلریت سدیم	۱۷/۰۱	۲/۲۹	۱۲/۸۶	۲۰/۱۸
EDTA	۱۴/۵۳	۴/۴۹	۱۰/۰۳	۲۳/۲۸
کلرگزیدین	۱۲/۶۰	۳/۲۶	۷/۵۷	۱۷/۶۶
هیپوکلریت سدیم	۱۱/۲۴	۳/۵۹	۷/۲۵	۲۰/۱۴
p-value	<0/001			

جدول ۲. نتایج آزمون Tukey در مقایسه‌ی دو به دو استحکام باند push-out فایبرپست‌ها به کانال‌های ریشه در شستشو با عوامل مختلف

گروه ۱	گروه ۲	میانگین تفاوت‌ها	P-value
EDTA + هیپوکلریت سدیم	EDTA	۲/۴۸	۰/۳۲
EDTA + هیپوکلریت سدیم	کلرگزیدین	۴/۴۱	۰/۰۲
EDTA + هیپوکلریت سدیم	هیپوکلریت سدیم	۵/۷۶	۰/۰۰۱
EDTA	کلرگزیدین	۱/۹۳	۰/۵۴
EDTA	هیپوکلریت سدیم	۳/۲۸	۰/۱۱
کلرگزیدین	هیپوکلریت سدیم	۱/۳۵	۰/۷۸

بحث

دستیابی به چسبندگی مؤثر به عاج ریشه همواره با چالش‌هایی همراه است. دباند شدن پست به عنوان یک حالت شکست شایع در ترمیم دندان‌های درمان ریشه شده مطرح است که با عواملی مانند آناتومی پیچیده کانال، پلیمریزاسیون سمان، نفوذ ناکافی ادهزیو در فضاهای باریک و عمیق کانال یا وجود لایه اسمیر پس از آماده سازی فضای پست مرتبط است.^(۱۳) تحقیق حاضر نشان داد میانگین استحکام باند push-out پست‌های فایر در گروه‌های مختلف شستشوی فضای پست تفاوت معنی داری داشته و بالاترین میانگین مربوط به ترکیب متوالی EDTA و هیپوکلریت سدیم و کمترین میزان مربوط به هیپوکلریت سدیم به تنهایی بوده است. این یافته‌ها فرضیه صفر مطالعه را رد می‌کند و بر اهمیت انتخاب پروتکل شستشوی مناسب در موفقیت بالینی ترمیم‌های پست فایر تأکید می‌نماید.

در این مطالعه، گروهی که فضای پست با هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ به تنهایی شستشو شد، کمترین میانگین استحکام باند push-out را نشان داد. اثر هیپوکلریت سدیم بر عاج دوگانه است. از یک سو ماده آلی عاج را حل کرده و کلاژن را دناتوره می‌کند.^(۱۸) دناتوراسیون کلاژن باعث کاهش دسترسی مواد باند شونده به الیاف کلاژن سالم و در نتیجه کاهش استحکام باند می‌شود.^(۱۹) از سوی دیگر، اگرچه هیپوکلریت سدیم می‌تواند قسمت آلی لایه اسمیر را حذف کند، اما قادر به حذف کامل لایه اسمیر به تنهایی نیست.^(۱۰) دلیل اصلی کاهش استحکام باند در گروه هیپوکلریت سدیم، تولید اکسیژن آزاد در اثر تجزیه هیپوکلریت است. این اکسیژن آزاد به عنوان یک مهار کننده رادیکال آزاد عمل کرده و مانع نفوذ و پلیمریزاسیون کامل سیستم ادهزیو رزینی می‌شود.^(۲۰) این یافته با نتایج Garcia-Varela و همکاران^(۲۱)، که نشان دادند گروه شستشو با NaOCl ۵٪

کمترین میزان استحکام باند را داشته و همچنین با نتایج Elnaghy^(۲۲)، که حداقل مقادیر استحکام باند را در گروه NaOCl ۵/۲۵٪ ثبت کرد، همخوانی کامل دارد. علاوه بر این، Cunha و همکاران^(۱۹)، هم گزارش کردند شستشوی فضای پست با محلول NaOCl ۵٪ به مدت ۱۰ دقیقه، باند بین پست و عاج را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، Kaif و Bissu^(۲۳)، اثر محلول‌های شستشوی مرسوم را بر استحکام باند push-out بررسی کرده و تفاوت معنی داری بین گروه‌ها نیافتند. این تناقض ممکن است ناشی از تفاوت در نوع سمان رزینی (RelyX ARC در مطالعه‌ی آنها در مقابل Theracem سلف-ادهزیو در تحقیق حاضر) و نیز تفاوت در غلظت و زمان تماس مواد باشد. لذا، گرچه NaOCl یک ماده‌ی ضروری در درمان ریشه است، استفاده از آن به عنوان تنها ماده شستشو در فضای پست، پیش از سمان کردن فایرپست توصیه نگردید.

در گروه شستشو با EDTA ۱۷٪ به تنهایی، میانگین استحکام باند به طور عددی از گروه NaOCl بالاتر ولی از گروه ترکیبی پایین تر بوده و تفاوت آن با گروه ترکیبی از نظر آماری معنی دار نبود. EDTA با یون‌های کلسیم موجود در هیدروکسی آپاتیت عاج واکنش داده و لایه‌ی اسمیر معدنی را به طور مؤثر حذف می‌کند.^(۱۲) برخلاف هیپوکلریت سدیم، EDTA به کلاژن آسیب نزده و ماتریکس آلی را حفظ می‌کند. حذف لایه‌ی اسمیر سبب باز شدن توبول‌های عاجی و ایجاد سطحی مناسب برای نفوذ مواد باند شونده و تشکیل تگ‌های رزینی می‌گردد.^(۲۴،۲۵) با این حال، EDTA به تنهایی قادر به حذف کامل بقایای آلی باقیمانده از سیلرها و گوتاپرکا نبوده و ممکن است سطح عاج همچنان با یک لایه نازک از مواد آلی پوشیده بوده و مانع از اتصال بهینه شود. Macário و همکاران^(۲۶)، بیشترین مقادیر استحکام باند را در گروه شستشو با EDTA ثبت کرده و Kirmali

همکاران^(۲۷)، هم نشان دادند نمونه‌های شستشو شده با EDTA ۱۷٪ در تمام بخش‌های ریشه شاهد افزایش استحکام باند بوده‌اند. Demiryürek و همکاران^(۱۴)، کمترین مقدار استحکام باند را در گروه EDTA ۱۷٪ پس از کاربرد ادهزیوهای سلف-اچ به دست آوردند. این اختلافات نشان می‌دهد که اثر EDTA به نوع سیستم ادهزیو (توتال-اچ در مقابل سلف-اچ) و همچنین به روش کاربرد آن (با یا بدون فعال‌سازی اولتراسونیک) بستگی دارد. در تحقیق حاضر که از یک سمان رزینی سلف-ادهزیو استفاده شد، EDTA به تنهایی عملکرد متوسطی داشته و نتوانست به سطح استحکام باند گروه ترکیبی برسد.

در گروه شستشو با کلرهگزیدین ۲٪، میانگین استحکام باند به طور معنی‌داری کمتر از گروه ترکیبی بوده ولی با گروه NaOCl تفاوت معنی‌داری نداشت. کلرهگزیدین یک ضدعفونی‌کننده قوی با طیف اثر وسیع و دارای خاصیت substantivity است.^(۲۸) مزیت اصلی آن نسبت به هیپوکلریت سدیم، عدم تخریب کلاژن و مهار آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتیناز (MMP) و سیستم کاتپسین‌های عاج است که از تخریب لایه هیبریدی در طول زمان جلوگیری می‌کند.^(۲۹) با این حال، کلرهگزیدین توانایی حل کردن لایه اسمیر یا حذف ماده‌ی آلی را ندارد.^(۹) سطح عاج پس از شستشو با کلرهگزیدین همچنان دارای لایه‌ی اسمیر و بقایای آلی است که مانع نفوذ مؤثر سمان رزینی به توپول‌های عاجی می‌شود. نتایج مطالعات درباره‌ی اثر کلرهگزیدین بر استحکام باند فایرپست متناقض است.

همکاران^(۳۰) و Arsalan Dincturk و همکاران^(۳۱)، نتیجه‌گیری کردند شستشو با کلرهگزیدین پیش از باندینگ پست فایر، به ویژه در دنتین و با سمان Variolink N، استحکام باند را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. در مقابل، Jalalian و همکاران^(۳۱)، گزارش کردند کاربرد کلرهگزیدین ۲٪ در

فرآیندهای آماده‌سازی، استحکام باند پست‌های فایر کوارتز به عاج ریشه را افزایش نمی‌دهد. همچنین، Kaif و Bissu^(۳۳)، تفاوت معنی‌داری بین گروه شستشو با کلرهگزیدین و گروه کنترل پیدا نکردند. این تناقضات را می‌توان به عواملی مانند غلظت کلرهگزیدین (۱٪، ۲٪ یا بیشتر)، زمان تماس، نوع سمان رزینی (سلف-ادهزیو در مقابل توتال-اچ)، نوع الیاف پست (کوارتز در مقابل شیشه) و ناحیه ریشه (کرونا در مقابل اپیکال) نسبت داد. در مطالعه حاضر، استفاده از کلرهگزیدین به تنهایی، نتوانست استحکام باند مطلوبی ایجاد کند، احتمالاً به دلیل باقی ماندن لایه اسمیر که مانع چسبندگی شیمیایی و مکانیکی مؤثر شده است.

در گروه ترکیبی NaOCl و EDTA، بهترین نتایج مشاهده شد و این گروه به طور معنی‌داری از گروه‌های کلرهگزیدین و NaOCl به تنهایی برتر بود. مکانیسم بهبود استحکام باند در این ترکیب متوالی را می‌توان به صورت گام به گام توضیح داد:

- شستشوی اولیه با NaOCl: هیپوکلریت سدیم ماده آلی موجود در لایه اسمیر، بقایای پالپ و باکتری‌ها را حل کرده و الیاف کلاژن سطحی را دنا توره می‌کند. این مرحله برای حذف اجزای آلی ضروری است.
- شستشو با سالین: برای جلوگیری از مخلوط شدن مستقیم NaOCl و EDTA انجام می‌شود، زیرا مخلوط شدن آنها باعث کاهش کلر آزاد مؤثر و کاهش فعالیت ضد میکروبی می‌گردد.^(۳۲)
- شستشوی نهایی با EDTA: با شلاته کردن یون‌های کلسیم، لایه اسمیر معدنی را حذف کرده و توپول‌های عاجی را باز می‌کند. علاوه بر این، EDTA می‌تواند بقایای دنا توره شده کلاژن را که پس از مرحله اول باقی مانده و چسبندگی ضعیفی دارند، از سطح جدا کند.

حاضر، تأکید بر توالی صحیح و شستشوی واسط با سالین، احتمالاً در دستیابی به نتایج برتر نقش داشت.

نتیجه گیری

استفاده از توالی هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ و EDTA ۱۷٪ در مقایسه با کاربرد هر یک از این مواد به تنهایی یا کلرگزیدین، استحکام باند پست فایر به دیواره کانال ریشه را بهبود بخشید. لذا شستشوی فضای پست با NaOCl ۵/۲۵٪ و سپس EDTA ۱۷٪ به عنوان پروتکل انتخابی برای دستیابی به حداکثر مقادیر استحکام باند هنگام استفاده از سمان های رزینی سلف-ادهریو توصیه شد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه تخصصی دانشکده دندانپزشکی یزد با شماره ۲۸۲ بوده و با همکاری آزمایشگاه مواد دندانپزشکی دانشکده دندانپزشکی شیراز انجام گردید و بدینوسیله از هر دو دانشگاه جهت همکاری با این تحقیق تقدیر و تشکر میگردد.

تضاد منافع

تضاد منافی وجود ندارد.

نتیجه ی نهایی یک سطح عاجی عاری از اسمیر با توبول های باز و حفظ نسبی ماتریکس کلاژنی عمقی است که بستری ایده آل برای نفوذ سمان رزینی و تشکیل تگ های رزینی بلند و متعدد فراهم می کند.^(۲۴،۲۵) این یافته با نتایج تحقیقات دیگری همخوانی دارد. Bitter و همکاران^(۳۳)، نشان دادند شستشوی نهایی با EDTA ۱۷٪ پس از هیپوکلریت، به طور معنی داری استحکام باند را در مقایسه با هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ به تنهایی افزایش می دهد. Shahrokhi و همکاران^(۱۷)، نیز بیشترین مقادیر استحکام باند را در گروه NaOCl+EDTA با روش اولتراسونیک غیرفعال گزارش کردند. Kul و همکاران^(۱۶)، پروتکل NaOCl+EDTA را با بیشترین مقادیر استحکام باند در میان چهار گروه مختلف معرفی نمودند. در یک مرور سیستماتیک، Bohrer و همکاران^(۳۴)، نیز تأیید کردند ترکیب NaOCl و EDTA به عنوان شستشوی اولیه و نهایی، استحکام باند را افزایش می دهد. با این حال، برخی مطالعات نتایج متفاوتی داشته اند، طوری که Hegde و Sali^(۳۵)، نشان دادند استحکام باند محلول SmearOFF حاوی کلرگزیدین و EDTA و ترکیب EDTA+NaOCl در حد همدیگر است. Demiryürek و همکاران^(۱۴)، هم با استفاده از یک سیستم سمان رزینی مشابه، استحکام باند نسبتاً اندکی برای هر دو حالت EDTA به تنهایی و ترکیب EDTA+NaOCl گزارش کردند. این تفاوت ممکن است به نوع سمان رزینی (دوال-کیور در تحقیق آنان و سلف-ادهریو در مطالعه حاضر) و نیز عدم استفاده از شستشوی واسط با سالین برگردد. در تحقیق

منابع

1. Rezaei-Soufi L, Tapak L, Forouzande M, Fekrazad R. Effects of motion direction and power of Er, Cr: YSGG laser on pull-out bond strength of fiber post to root dentin in endodontically-treated single-canal premolar teeth. *Biomater Res* 2019;23(1):17.
2. Özcan M, Volpato CAM. Current perspectives on dental adhesion (3): adhesion to intraradicular dentin: concepts and applications. *Jpn Dent Sci Rev* 2020;56(1):123-30.
3. Naumann M, Kiessling S, Mueller WD, Lubkoll T, Dietrich T. Survival of teeth restored with fiber posts: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2005;18(5):399-404.
4. Niu D, Xie J, Liu C, Ni S, Liu H. The influence of different treatments on fiber post and root canal to bond strength of fiber post. *J Adhes Sci Technol* 2021;35(9):928-40.
5. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(3):381-7.
6. Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Goracci C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int J Prosthodont* 2001;14(6):543-9.
7. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000;13(5):255-60.
8. Haragushiku GA, Back EDEE, Tomazinho PH, Baratto Filho F, Furuse AY. Influence of antimicrobial solutions in the decontamination and adhesion of glass-fiber posts to root canals. *J Appl Oral Sci* 2015;23(4):436-41.
9. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32(5):389-98.
10. Khademi A, Feizianfard M. The effect of EDTA and citric acid on smear layer removal of mesial canals of first mandibular molars, a scanning electron microscopic study. *J Res Med Sci* 2004;9(2):80-8.
11. Khademi A, Usefian E, Feizianfard M. Tissue dissolving ability of several endodontic irrigants on bovine pulp tissue. *Iran Endod J* 2007;2(2):65-8.
12. Fortea L, Sanz-Serrano D, Luz LB, Bardini G, Mercade M. Update on chelating agents in endodontic treatment: a systematic review. *J Clin Exp Dent* 2024;16(4): e516-38.
13. Pournaghi Azar F, Javari E, Valizadeh H, Hosseini-fard H. The effect of post space irrigation protocol and adhesive strategy on push-out bond strength to radicular dentin: A network meta-analysis. *J Res Clin Med* 2024;2(26):25-30.
14. Demiryürek EO, Külünk S, Sarac D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(5):e74-80.
15. Faria-e-Silva AL, Menezes Mde S, Silva FP, Reis GR, Moraes RR. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. *Braz Oral Res* 2013;27(1):14-19.
16. Kul E, Yesildal Yeter K, Ihsan Aladag L, Benan Ayranci L. Effect of different post-space irrigation procedures on the bond strength of a fiber post attached with a self-adhesive resin cement. *J Prosthet Dent* 2015;114(4):536-40.
17. Shahrokhi AM, Shahrokhi AA, Asghari R, Badiie M, Seyedan K. Push-out bond strength of fiber-reinforced post using various post space irrigation treatments. *Int J Dent* 2024;2024:8647515.
18. Hu X, Peng Y, Sum CP, Ling J. Effects of concentrations and exposure times of sodium hypochlorite on dentin deproteinization: Attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopy study. *J Endod* 2010;36(12):2008-11.
19. da Cunha LF, Furuse AY, Mondelli RF, Mondelli J. Compromised bond strength after root dentin deproteinization reversed with ascorbic acid. *J Endod* 2010;36(1):130-4.
20. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27(12):753-7.
21. Garcia-Varela S, Ramos JC, Ginzo-Villamayor MJ, Castelo-Baz P, Mendez-Diaz R, Anache-D'Abate MA, et al. Effect of dentin irrigants on push-out bond strength in resin cementation protocols for fiber posts in endodontically treated teeth: an in vitro study. *Materials* 2024;17(6):1432.

22. Elnaghy AM. Effect of QMix irrigant on bond strength of glass fiber post to root dentine. *Int Endod J* 2014;47(3):280-9.
23. Kaif M, Bissu R. Influence of irrigating solutions on push-out bond strength of intra-radicular posts to dentine. *Int J Dental Sci* 2016;18(1):73-81.
24. Gu XH, Mao CY, Liang C, Wang HM, Kern M. Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? *Eur J Oral Sci* 2009;117(5):597-603.
25. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen JH, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci* 2008;116(3):280-6.
26. Macário TRL, Carvalho RF, Domingues PBA, Maia BGO, Marinho CC, Barcellos ASP, et al. Evaluation of the cleaning protocol of post space on bond strength of glass fiber posts. *Int J Odontostomatol* 2021;15(2):427-33.
27. Kirmali O, Sekmen T, Karaarslan A. Push-out bond strength of various surface treatments on fiber post to root canal dentine using different irrigation techniques. *Microsc Res Tech* 2021;84(9):2033-44.
28. Jeanson MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod* 1994;20(6):276-8.
29. Scaffa PM, Vidal CM, Barros N, Gesteira TF, Carmona AK, Breschi L, et al. Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins. *J Dent Res* 2012;91(4):420-5.
30. Arsalan Dincturk B, Sahin Manti A, Kedici Alp C, Altug Yildirim A, Kaya Mumcu A. Improving the push-out bond strength of fiber posts in diabetic dentin: the role of chlorhexidine irrigation and resin cements. *J Funct Biomater* 2025;16(1):4.
31. Jalalian E, Kimia A, Hadi KG, Nazanin S, Reza A. Effect of chlorhexidine on bonding strength of quartz fiber post in dentin root. *Adv Biomed Res* 2016;7(2):69-72.
32. Attur K, Patel AT, Desai KJ. A scanning electron microscope evaluation of smear layer removal and antimicrobial action of mixture of tetracycline, acid and detergent, sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, and chlorhexidine gluconate: an in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent* 2018;8(1):62-9.
33. Bitter K, Hambarayan A, Neumann K, Blunck U, Sterzenbach G. Various irrigation protocols for final rinse to improve bond strengths of fiber posts inside the root canal. *Eur J Oral Sci* 2013;121(4):349-54.
34. Bohrer T, Fontana P, Rocha R, Kaizer O. Post-space treatment influences the bond strength in endodontically treated teeth: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent* 2021;46(3):E132-57.
35. Hegde V, Sali AV. Effect of post space irrigation using novel irrigant: SmearOFF (containing chlorhexidine and EDTA) on the push-out bond strength of fiber posts luted with self-adhesive resin cement. *J Oper Dent Endod* 2018;3(1):7-11.