

Comparison of the Antibacterial Effects of Curcumin and Berberine Versus Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine on *Enterococcus Faecalis* Biofilm

Maryam Zare Jahromi¹, Seyed Mehrshad Elmi², Mehrzad Moazzam^{3*}

¹Professor, Department of Endodontics, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

²Endodontist, Department of Endodontics, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

³Postgraduate Student, Department of Endodontics, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Received: 03 June 2026, Accepted: 11 July 2026

Background: Successful root canal treatment depends on efficient microbial control through chemical irrigation. This study aimed to compare the antibacterial effects of Curcumin and Berberine as natural agents with that of NaOCl and chlorhexidine (CHX) against *Enterococcus faecalis* biofilms.

Methods and Materials: 85 single-rooted extracted teeth were standardized into 15 mm length, then canal shaping began with hand files (#10 and #15) and Gates-Glidden drills (#1 and #2) followed by preparation up to a master apical file size (MAF) #30. The specimens were sterilized in brain-heart infusion (BHI) broth, inoculated with *Enterococcus faecalis*, and randomly allocated to five experimental groups (n = 15 per group). The root canals were irrigated with 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl), 2% chlorhexidine (CHX), 2 mg/mL berberine, or 2.5 mg/mL curcumin. In addition, positive and negative control groups (n = 10 per group) were included. Data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test, with statistical significance level at $p < 0.05$.

Results: The positive control group showed the highest mean colony count 3.58×10^5 CFU, while the NaOCl group had the lowest (6.27 CFU). One-way ANOVA showed significant differences between groups ($p < 0.05$). All groups significantly reduced *E. faecalis* colonies compared to the saline control ($p < 0.05$), but differences among NaOCl, CHX, berberine, and curcumin were not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusion: All irrigants significantly reduced *E. faecalis* biofilm, with curcumin and berberine showing comparable effectiveness to NaOCl and CHX.

Keywords: *Enterococcus faecalis*, Berberine, Root canal irrigants, Curcumin, Sodium hypochlorite

***Corresponding Author:** mehrzad.moazzam@iau.ir

➤ **Please cite this paper as:** Zare Jahromi M, Elmi SM, Moazzam M. Comparison of the antibacterial effects of curcumin and berberine versus sodium hypochlorite and chlorhexidine on *Enterococcus Faecalis* biofilm. *J Mashhad Dent Sch* 2026; 50(2):89-99.

➤ **DOI:** [10.22038/jmds.2026.96181.2538](https://doi.org/10.22038/jmds.2026.96181.2538)



مقایسه اثر ضدباکتریایی کورکومین و بربرین با سدیم هیپوکلریت و کلرهگزیدین بر بیوفیلم انتروکوکوس فکالیس

مریم زارع جهرمی^۱، سید مهرشاد علمی^۲، مهرزاد معظم^{۳*}

^۱استاد، گروه اندودانتیکس، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
^۲متخصص اندودانتیکس، گروه اندودانتیکس، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
^۳دستیار تخصصی، گروه اندودانتیکس، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۵/۰۳/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰

چکیده

مقدمه: موفقیت درمان ریشه به کنترل مؤثر میکروب‌ها به واسطه شست‌وشوی شیمیایی کانال وابسته است. این مطالعه با هدف مقایسه اثرات ضدباکتریایی کورکومین و بربرین با هیپوکلریت سدیم (NaOCl) و کلرهگزیدین (CHX) بر بیوفیلم *Enterococcus faecalis* انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه آزمایشگاهی، ۸۵ دندان تک‌ریشه کشیده شده پس از استانداردسازی طول ریشه به ۱۵ میلی‌متر آماده‌سازی شدند. شکل‌دهی کانال با فایل‌های دستی شماره ۱۰ و ۱۵ و گیتس گلیدن شماره ۱ و ۲ آغاز شد و تا فایل اپیکالی اصلی شماره ۳۰ ادامه یافت. نمونه‌ها با *E. faecalis* کشت یافتند. سپس به‌طور تصادفی به ۵ گروه (۱۵ نمونه در هر گروه) تقسیم شدند: یک گروه کنترل مثبت، چهار گروه آزمایشی شامل شست‌وشو با NaOCl ۵/۲۵ درصد، CHX ۲ درصد، بربرین و کورکومین ۲ و ۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و یک گروه کنترل منفی (۱۰ نمونه). داده‌ها با آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی تحلیل و سطح معناداری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: گروه کنترل مثبت بیشترین میانگین تعداد کلنی ($10^5 \times 3/58$ CFU) را نشان داد. در حالی که گروه NaOCl کمترین تعداد را داشت (CFU ۶/۲۶۷). نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معناداری بین گروه‌ها نشان داد ($p < 0/05$). تمامی گروه‌های آزمایشی در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معنی‌داری در تعداد کلنی‌ها نشان دادند ($p < 0/05$)، اما تفاوت آماری معناداری بین NaOCl، CHX، بربرین و کورکومین مشاهده نشد ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری: تمامی محلول‌های مورد بررسی موجب کاهش معنادار بیوفیلم *E. faecalis* شدند. کورکومین و بربرین اثربخشی ضدباکتریایی قابل مقایسه‌ای با هیپوکلریت سدیم و کلرهگزیدین نشان دادند.

کلمات کلیدی: انتروکوکوس فکالیس، بربرین، محلول‌های شست‌وشوی کانال ریشه، کورکومین، هیپوکلریت سدیم

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۵ / دوره ۵۰ / شماره ۲: ۸۹-۹۹

* مؤلف مسئول، نشانی: خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

مقدمه

میکروارگانسیم‌ها به عنوان عوامل اصلی ایجادکننده ضایعات پالپی و پری آپیکال شناخته می‌شوند و موفقیت درمان به حذف عوامل عفونی از سیستم کانال ریشه وابسته است.^(۱،۲) پیچیدگی ذاتی آناتومی این سیستم، مانع مهمی در دستیابی به ضدعفونی کامل محسوب می‌شود؛ زیرا مورفولوژی پیچیده آن شامل کانال‌های فرعی، ایسموس‌ها و شاخه‌های جانبی، محل تجمع میکروارگانسیم‌هایی است که اغلب با روش‌های متداول درمانی قابل دسترسی نیستند.^(۳) علاوه بر این، تشکیل بیوفیلم با ایجاد یک ماتریکس محافظ، بقای باکتری‌ها را افزایش داده و مقاومت آن‌ها را در برابر عوامل ضد میکروبی به طور قابل توجهی بیشتر می‌کند؛ موضوعی که حذف کامل این میکروارگانسیم‌ها را دشوارتر می‌سازد.^(۴) در میان فلور میکروبی متنوع دخیل در عفونت‌های داخل و خارج ریشه، باکتری *E. faecalis* به طور مکرر از عفونت‌های پایدار و دندان‌هایی که تحت درمان مجدد ریشه قرار گرفته‌اند، جداسازی می‌شود. این گونه به عنوان شایع‌ترین کوکسی بیماری‌زا در عفونت‌های مقاوم شناخته شده و معمولاً در کانال‌های درمان‌شده‌ای که علائم بالینی پرپودنتیت آپیکال مزمن دارند، مشاهده می‌شود.^(۴،۵) درمان موفق اندودانتیک مستلزم حذف کامل میکروارگانسیم‌ها از سیستم کانال ریشه است.^(۶) از این رو، دندان‌پزشکان باید با روش‌های برداشت بافت آلوده، ضدعفونی کانال‌ها و پیشگیری از عفونت مجدد آشنایی کامل داشته باشند. این امر از طریق آماده‌سازی بیومکانیکی همراه با شست‌وشوی شیمیایی کانال‌ها برای کاهش بار میکروبی و درمان بیماری‌های پری آپیکال انجام می‌شود.^(۷،۸) بنابراین، انتخاب محلول‌های شست‌وشوی ضد میکروبی

مناسب نقش مهمی در موفقیت ضدعفونی و نتایج درمان دارد.

هیپوکلریت سدیم (NaOCl) به دلیل توانایی بالا در حل کردن بافت‌های آلی و اثرات ضدباکتریایی قوی، رایج‌ترین محلول شست‌وشوی مورد استفاده در درمان ریشه است.^(۸) خاصیت قلیایی بالای این ماده ($\text{pH} > 11$) موجب تجزیه اسیدهای آمینه از طریق تشکیل کلرامین می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که NaOCl به طور مؤثری بار باکتریایی را در دندان‌های مبتلا به پرپودنتیت آپیکال کاهش می‌دهد. با این حال، این ماده می‌تواند بر ویژگی‌های مکانیکی عاج از جمله سختی، زبری سطح، مدول الاستیسیته و استحکام خمشی تأثیر منفی بگذارد.^(۹،۱۰)

کلرهگزیدین (CHX) به دلیل طیف گسترده ضد میکروبی و سمیت سلولی کمتر، به عنوان جایگزینی مناسب برای NaOCl مطرح شده است. معمولاً از محلول کلرهگزیدین ۲ درصد در درمان‌های ریشه استفاده می‌شود. غلظت‌های بالاتر کلرهگزیدین اثر باکتری‌کشی دارند، در حالی که غلظت‌های پایین‌تر عمدتاً خاصیت باکتریواستاتیک از خود نشان می‌دهند.^(۱۱) همچنین، بار مثبت این ماده باعث اتصال آن به سطوح دندان‌های شده و اثر ضد میکروبی طولانی مدت ایجاد می‌کند. با این وجود، هیپوکلریت سدیم ۶ درصد در مقایسه با کلرهگزیدین ۲ درصد فعالیت ضد بیوفیلم قوی‌تری دارد.^(۱۲-۱۴)

مطالعات اخیر تفاوت معناداری میان هیپوکلریت سدیم و کلرهگزیدین در حذف میکروارگانسیم‌هایی مانند *E. faecalis*، *S. aureus*، *S. salivarius* و *A. israelii* نشان نداده‌اند. با این حال، بسیاری از این مطالعات پارامترهای مهم بالینی نظیر حجم محلول شست‌وشو و مدت زمان تماس آن با کانال را در نظر نگرفته‌اند که تفسیر نتایج را محدود می‌کند. بنابراین،

بهبود حلالیت، کنترل آزادسازی و نفوذ بیشتر به توبول‌های عاجی شده و اثربخشی آن را افزایش می‌دهد. (۲۱،۲۲)

بنابراین، هدف از مطالعه حاضر مقایسه اثرات ضد میکروبی کورکومین و بربرین با هیپوکلریت سدیم و کلرهگزیدین بر بیوفیلم *E. faecalis* در کانال‌های ریشه بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه آزمایشگاهی (کد اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1401.339)، از ۸۵ دندان پره مولر تک‌ریشه انسانی کشیده شده با مورفولوژی کانال گرد استفاده شد. تمامی دندان‌های انتخاب شده دارای اپکس کامل و فاقد جذب داخلی یا خارجی، کلسیفیکاسیون، ترک و پوسیدگی ریشه بودند. دندان‌های دارای کانال‌های کلسیفیه، تغییرات آناتومیکی، شکل نامنظم کانال یا ریشه منفرد با دو کانال مجزا از مطالعه خارج شدند. سپس دندان‌ها به صورت تصادفی به پنج گروه تقسیم شدند (۱۵ نمونه در هر گروه): گروه ۱: سرم فیزیولوژی (کنترل مثبت)، گروه ۲: هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد (NaOCl)، گروه ۳: کلرهگزیدین ۲ درصد (CHX)، گروه ۴: بربرین کلراید ۲ میلی گرم بر میلی لیتر (Sigma, St. Louis, U.S.A)، گروه ۵: کورکومین ۲/۵ میلی گرم بر میلی لیتر (Sigma, St. Louis, U.S.A). علاوه بر این، یک گروه کنترل منفی جهت تأیید استریلیتی نمونه‌ها در نظر گرفته شد که در تحلیل‌های آماری وارد نشد. گروه کنترل منفی شامل ۱۰ دندان بود که پس از آماده‌سازی کانال در اتوکلاو استریل شده و در طول مطالعه برای تأیید شرایط آسپتیک آزمایشگاه نگهداری شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها

طول کارکرد با وارد کردن فایل K شماره ۱۵ به داخل کانال تا زمان مشاهده نوک آن در فورامن اپیکال تعیین شد و سپس ۰/۵ میلی متر از طول ثبت شده کسر گردید. آماده‌سازی کانال با فایل‌های K شماره ۱۰ و ۱۵ و گیتس گلیدن شماره

نیاز به عوامل ضد میکروبی جدید با سمیت سلولی کم و زیست‌سازگاری بالا احساس می‌شود. در این میان، ترکیبات طبیعی مشتق از گیاهان به دلیل ایمنی، دسترسی آسان، هزینه پایین و عدم ایجاد مقاومت میکروبی، توجه زیادی را در حوزه اندودانتیکس به خود جلب کرده‌اند. کورکومین و بربرین از جمله این ترکیبات هستند که به دلیل فعالیت ضد میکروبی قوی و زیست‌سازگاری مناسب، مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند. (۱۷-۱۵)

بربرین، یک آلکالوئید ایزوکوئینولینی مشتق شده از خانواده زرشکیان (Berberidaceae)، دارای اثرات درمانی متعددی از جمله خواص ضد دیابت، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدان و ضد میکروبی است. این ترکیب سمیت سلولی اندکی برای سلول‌های انسانی داشته و می‌تواند موجب فعال‌سازی سلول‌های بنیادی پاپیلای آپیکال شود. این اثر بازسازی‌کننده، ترمیم ریشه را در دندان‌های نابالغ مبتلا به پریودنتیت آپیکال بهبود بخشیده و پتانسیل آن را در اندودانتیکس بازساختی نشان می‌دهد. (۱۸،۱۹)

کورکومین، ترکیب فعال اصلی زردچوبه، دارای خواص ضدباکتریایی، ضدویروسی و ضدقارچی قابل توجهی است. (۲۰) ایمنی و اثربخشی این ماده در مطالعات بالینی متعددی بررسی شده است. عصاره‌های الکلی زردچوبه در شرایط آزمایشگاهی علیه باکتری‌های گرم مثبت مؤثر بوده‌اند و کورکومین در درمان بیماری‌هایی نظیر سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، آرتریت، دیابت و بیماری‌های خودایمنی پتانسیل درمانی نشان داده است. (۲۰) چندین مطالعه آزمایشگاهی نیز نشان داده‌اند که کورکومین، به تنهایی یا به عنوان حساس‌کننده نوری در درمان فتودینامیک، می‌تواند به طور معناداری تعداد باکتری‌های *E. faecalis* و سایر پاتوژن‌های اندودانتیک را کاهش دهد. همچنین، استفاده از آن در قالب نانوذرات یا ژل‌ها موجب

۱ و ۲ آغاز شد و سپس تا فایل اپیکال اصلی (MAF) شماره ۳۰ ادامه یافت.^(۲۳) در حین اینسترومتیشن، پس از استفاده از هر فایل، کانال با ۳ میلی لیتر هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد توسط سرنگ ۵ میلی لیتری مجهز به سوزن دارای خروجی جانبی شستشو داده شد. برای شستشوی نهایی و به منظور حذف لایه اسمیر و افزایش کلونیزاسیون *E. faecalis* در توبول‌های عاجی، کانال‌ها به ترتیب با ۳ میلی لیتر EDTA ۱۷ درصد به مدت یک دقیقه، سپس ۳ میلی لیتر هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد و در نهایت ۳ میلی لیتر سرم فیزیولوژی استریل (NaCl ۰/۹ درصد) شستشو داده شدند.^(۲۴) کانال‌ها با پوینت‌های کاغذی استریل شماره ۱۵ خشک شدند. اپکس ریشه‌ها با چسب سیانواکریلات مهر و موم شد و سطوح خارجی ریشه با دو لایه لاک ناخن پوشانده شد تا از نشت باکتری جلوگیری شود.^(۲۵)

روش‌های کشت میکروبی

تهیه محیط‌های BHI آگار و BHI Broth

برای تهیه محیط آگار (BHI) Brain Heart Infusion، مقدار ۳۷ گرم پودر آماده BHI آگار در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. محلول در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ psi به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید. پس از اتوکلاو، محیط تا دمای مناسب سرد شده و در شرایط آسپتیک در پلیت‌های استریل پتری ریخته شد. تهیه محیط BHI Broth نیز به همان روش انجام شد. پس از استریل‌سازی و خنک شدن، محیط BHI Broth در لوله‌های آزمایش استریل برای تلقیح باکتریایی بعدی توزیع گردید. سپس هر نمونه دندان در یک لوله آزمایش استریل حاوی محیط BHI Broth به عنوان محیط انتقال قرار داده شد و در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ psi به مدت ۳۰ دقیقه استریل شد.^(۲۶) نمونه‌ها سپس به مدت ۲۴

کشت و تلقیح *E. faecalis* در نمونه‌ها
یک کشت ذخیره منجمد از *E. faecalis* (ATCC 33186) با کشت روی محیط BHI آگار مجدداً فعال شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد تحت شرایط بی‌هوازی و ۵ درصد CO₂ انکوبه گردید. از کشت ۲۴ ساعته، سوسپانسیون باکتریایی معادل نیم مک‌فارلند (تقریباً $10^8 \times 1/5$ CFU/mL) تهیه شد. با استفاده از سرنگ انسولین استریل، ۱۰۰ میکرولیتر از این سوسپانسیون به داخل کانال‌های ریشه آماده‌شده هر نمونه تزریق شد. نمونه‌های تلقیح‌شده به مدت سه هفته در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و شرایط بی‌هوازی نگهداری شدند تا تشکیل بیوفیلم *E. faecalis* روی دیواره‌های کانال تسهیل شود. در طول دوره انکوباسیون، محیط کشت داخل هر لوله روزانه با رقت مشخص تعویض شد تا از خشک شدن نمونه‌ها جلوگیری شده و بقای باکتری‌ها حفظ شود.

روش شستشو و نمونه‌برداری میکروبی

اینسترومتیشن کانال ریشه با استفاده از فایل‌های روتاری Denco (Shenzhen Denco Medical Co., Ltd., China) و موتور اندودانتیک E-connect Pro (Eighteenth, China) انجام شد و کانال‌ها تا فایل F3 معادل قطر نوک ۰/۳۰ میلی‌متر در D0 باز شدند. در گروه هیپوکلریت سدیم، برای خنثی‌سازی فعالیت اکسیدکنندگی باقیمانده، شستشوی نهایی با ۳ میلی لیتر محلول تیوسولفات سدیم ۵ درصد انجام شد؛ در حالی که در سایر گروه‌ها، کانال‌ها در انتها با سرم

آماري در سطح معنی داری ۵ درصد و با استفاده از نرم افزار PRISM نسخه ۸ انجام شدند.

یافته ها

بر اساس جدول ۱، در میان تمامی گروه های مورد مطالعه، کمترین حداقل تعداد کلنی در گروه هیپوکلریت سدیم (NaOCl) مشاهده شد (صفر CFU/mL)، در حالی که بیشترین حداکثر تعداد کلنی مربوط به گروه سرم فیزیولوژی (کنترل مثبت) بود ($10^5 \times 4/4$ CFU/mL). میانگین تعداد کلنی های *E. faecalis* در گروه های مختلف شستشو متفاوت بود. گروه سرم فیزیولوژی دارای میانگین تعداد کلنی $60577 \pm 10^5 \times 3/58$ ، گروه کورکومین 8313 ± 2714 ، گروه بربرین $510/7 \pm 191/9$ ، گروه کلرگزیدین $287/3 \pm 75/64$ و گروه هیپوکلریت سدیم کمترین میانگین را با مقدار $6/267 \pm 5/405$ نشان داد. در گروه کنترل منفی هیچ رشد باکتریایی مشاهده نشد که مؤید موفقیت فرآیند استریلیزاسیون نمونه ها بود. از آنجا که کنترل منفی صرفاً برای ارزیابی استریلیتی در نظر گرفته شده بود، در تحلیل های آماری وارد نشد. نتایج آزمون واریانس یک طرفه نشان داد تفاوت آماری معناداری بین گروه ها وجود دارد ($p < 0/001$).

فیزیولوژی استریل شستشو داده شدند تا بقایای محلول های شستشو حذف گردد. (۲۵)

پس از اینسترومتیشن و شستشو با محلول های اختصاص یافته، نمونه های میکروبی از کانال ها با استفاده از پیژوریمر شماره ۳ (ISO 110) جهت برداشت دبری های عاجی جمع آوری و در لوله های استریل Eppendorf حاوی ۱ میلی لیتر سرم فیزیولوژی قرار داده شدند. سپس سه پوینت کاغذی استریل شماره ۳۰ به مدت ۶۰ ثانیه در هر کانال قرار داده شد تا مایع باقی مانده جذب گردد و پس از آن به همان لوله ها منتقل شد. نمونه ها به آزمایشگاه میکروبی شناسی منتقل شدند؛ در آنجا رقت های متوالی ده برابری تهیه و از هر رقت، ۱۰۰ میکرولیتر روی پلیت های BHI آگار کشت داده شد. پلیت ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد و در حضور ۵ درصد CO_2 انکوبه شدند. سپس تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU/mL) برای *E. faecalis* محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده ها در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در بخش آمار توصیفی، فراوانی و درصد برای متغیرهای کیفی و میانگین و انحراف معیار برای متغیرهای کمی محاسبه گردید. در بخش آمار استنباطی، برای مقایسه گروه ها از آزمون ANOVA استفاده شد. تمامی آزمون های

جدول ۱. آمار توصیفی تعداد کلنی های *E. faecalis* (CFU/mL) در گروه های مورد مطالعه

گروه	تعداد نمونه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سرم فیزیولوژی a	۱۵	$60577 \pm 10^5 \times 3/58$	$10^5 \times 2/4$	$10^5 \times 4/4$
کورکومین b	۱۵	8313 ± 2714	۴۴۰۰	۱۲۵۰۰
بربرین b	۱۵	$510/7 \pm 191/9$	۲۵۰	۹۵۰
کلرگزیدین b	۱۵	$287/3 \pm 75/64$	۱۰۰	۴۰۰
هیپوکلریت سدیم b	۱۵	$6/267 \pm 5/405$	۰	۲۰
نتیجه آزمون				
F=۵۱۸/۴ و p-value < ۰/۰۰۱				
آنالیز واریانس				

حروف غیر همنام با یکدیگر تفاوت معنی داری دارند.

است به طور مستقل زنده بماند، شرایط کمبود مواد غذایی را تحمل کند و بیوفیلم تشکیل دهد.^(۳۱-۳۵)

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمامی محلول‌های شستشوی مورد بررسی شامل هیپوکلریت سدیم، کلرهگزیدین، کورکومین و بربرین در مقایسه با سرم فیزیولوژی موجب کاهش معنادار تعداد کلنی‌های *E. faecalis* شدند که بیانگر توانایی ضد میکروبی آن‌ها است. اگرچه هیپوکلریت سدیم کمترین میانگین تعداد کلنی‌ها را نشان داد، اما تفاوت بین هیپوکلریت سدیم، کلرهگزیدین، بربرین و کورکومین از نظر آماری معنادار نبود. Suvarna و همکاران^(۳۶)، گزارش کردند که کورکومین دارای فعالیت ضد میکروبی قوی بوده و می‌تواند به عنوان یک داروی داخل کانال جایگزین مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، مرور نظام‌مند Silva و همکاران^(۳۷)، بر خواص ضدباکتریایی امیدوارکننده محلول‌های شستشوی طبیعی، از جمله کورکومین، در کاربردهای اندودنتیک تأکید کرد که با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد.

نتایج مطالعه حاضر با برخی مطالعات پیشین همسو است. در این مطالعات نیز اثرات ضدباکتریایی قابل توجه هیپوکلریت سدیم و کلرهگزیدین علیه میکروارگانیسم‌های مرتبط با عفونت‌های اندودنتیک گزارش شده است. همچنین، نتایج پژوهش‌های انجام‌شده بر روی ترکیبات طبیعی، ضرورت بررسی مواد گیاهی به عنوان جایگزین‌های بالقوه محلول‌های شستشوی متداول را مورد تأکید قرار داده‌اند.^(۴۲-۴۴)

Zare Jahromi و همکاران^(۳۸)، خواص ضدباکتریایی سه محلول شستشوی رایج در درمان ریشه شامل پروپولیس، هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد و کلرهگزیدین ۲ درصد را علیه *E. Faecalis* مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که

تعداد کلنی‌های *E. faecalis* در پنج گروه آزمایشی با یکدیگر مقایسه شد. به منظور مقایسه تعداد کلنی‌های *E. faecalis* با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه میانگین تعداد کلنی‌ها بین گروه‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، آزمون ANOVA سطح معناداری کمتر از ۰/۰۰۱ را نشان داد که بیانگر وجود تفاوت آماری معنادار در تعداد کلنی‌های *E. faecalis* بین پنج گروه مورد بررسی در سطح معناداری ۵ درصد بود. همچنین نتایج آزمون Tukey نشان داد که تنها سرم فیزیولوژی با بقیه گروه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری داشت و سایر گروه‌ها با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری نداشته است.

بحث

موفقیت درمان ریشه تا حد زیادی به اثربخشی مراحل پاکسازی و شکل‌دهی کانال ریشه بستگی دارد. هدف اصلی درمان اندودنتیک، دستیابی به ضد عفونی کامل سیستم کانال ریشه و شبکه پیچیده سه‌بعدی توبول‌های عاجی است.^(۲۷،۲۸)

باکتری‌های باقی‌مانده در این ساختار پیچیده یکی از مهم‌ترین عوامل شکست درمان‌های اندودنتیک محسوب می‌شوند. عفونت‌های اندودنتیک معمولاً چند میکروبی بوده و طیف متنوعی از میکروارگانیسم‌ها را شامل می‌شوند که در ایجاد عفونت‌های داخل ریشه‌ای، خارج ریشه‌ای و پایدار نقش دارند. در میان این میکروارگانیسم‌ها، *E. faecalis* یکی از شایع‌ترین گونه‌های جدا شده، به‌ویژه در دندان‌های نیازمند درمان مجدد یا دارای عفونت‌های پری آپیکال پایدار است.^(۲۹،۳۰) این باکتری گرم مثبت و بی‌هوازی اختیاری قادر

کلرگزیدین ۱ و ۲ درصد و ترکیب بربرین-کلرگزیدین تفاوت معناداری مشاهده نشد. اگرچه بربرین به تنهایی (۲ میلی گرم بر میلی لیتر) فعالیت ضد میکروبی اندکی کمتر نشان داد، اما ترکیب آن با کلرگزیدین نتایجی مشابه هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد ایجاد کرد. در مطالعه حاضر نیز بربرین فعالیت ضدباکتریایی مشابهی با هیپوکلریت سدیم نشان داد که ممکن است ناشی از تفاوت در مدل‌های بیوفيلم مورد استفاده باشد.

یافته‌های مشابهی توسط Donyavi و همکاران^(۴۰)، گزارش شد. آنان اثربخشی بربرین را به عنوان محلول شستشوی داخل کانال علیه سه میکروارگانیسم اصلی مرتبط با عفونت‌های پایدار اندودنتیک بررسی کردند. نتایج نشان داد که بین بربرین، هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد و کلرگزیدین ۲ درصد از نظر کاهش بار باکتریایی تفاوت معناداری وجود ندارد. این یافته بیانگر آن است که بربرین می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب برای محلول‌های شستشوی داخل کانال مطرح شود.

در مطالعه حاضر، در برخی نمونه‌ها پس از شستشو با هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد، حذف کامل کلنی‌های *E. faecalis* مشاهده شد. این موضوع ممکن است به استفاده از غلظت بالاتر هیپوکلریت سدیم نسبت به برخی مطالعات دیگر مرتبط باشد؛ زیرا غلظت ۵/۲۵ درصد به طور گسترده به عنوان مؤثرترین و رایج‌ترین غلظت مورد استفاده در ضد عفونی کانال ریشه شناخته می‌شود.^(۴۱)

نتیجه گیری

این مطالعه آزمایشگاهی نشان داد که تمامی محلول‌های شستشوی مورد بررسی شامل هیپوکلریت سدیم (NaOCl)، کلرگزیدین، کورکومین و بربرین در مقایسه با سرم فیزیولوژی موجب کاهش معنادار تعداد کلنی‌های *E. faecalis* شدند. با این حال، بین چهار محلول شستشوی

کلرگزیدین ۲ درصد فعالیت ضدباکتریایی بیشتری نسبت به پروپولیس و هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد دارد. با این حال، بین پروپولیس و هیپوکلریت سدیم تفاوت معناداری مشاهده نشد.

در مطالعه‌ای که توسط Neelakantan و همکاران^(۳۹)، انجام شد، اثربخشی ضدباکتریایی کورکومین با هیپوکلریت سدیم ۳ درصد علیه *E. faecalis* مقایسه گردید. نتایج نشان داد که بین این دو ماده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد که با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد. در پژوهش حاضر، با وجود استفاده از غلظت بالاتر هیپوکلریت سدیم (۵/۲۵ درصد)، اثر ضدباکتریایی آن همچنان مشابه کورکومین بود که این موضوع توان ضد میکروبی قابل توجه کورکومین را به عنوان یک محلول شستشوی اندودنتیک تأیید می‌کند.

در مطالعه دیگری، Neelakantan و همکاران^(۳۶)، اثر کورکومین بر بیوفيلم‌های *E. faecalis* را بررسی کردند. هر دو ماده هیپوکلریت سدیم و کورکومین توانستند بیوفيلم‌های دو روزه و دو هفته‌ای را به طور کامل حذف کرده و مهار کامل باکتریایی ایجاد کنند. با این حال، در بیوفيلم‌های هشت هفته‌ای، هیپوکلریت سدیم اثربخشی به طور معناداری بیشتری نشان داد، در حالی که کورکومین همچنان کاهش قابل توجهی در تعداد کلنی‌ها نسبت به کلرگزیدین و سرم فیزیولوژی ایجاد کرد. این یافته‌ها تا حدودی با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارند. با توجه به اینکه ضخامت و پیچیدگی ساختاری بیوفيلم با گذشت زمان افزایش می‌یابد، به نظر می‌رسد کورکومین در برابر بیوفيلم‌ها عملکرد مطلوبی داشته و فعالیتی قابل مقایسه با هیپوکلریت سدیم ۳ درصد از خود نشان می‌دهد.

Xie و همکاران^(۲۵)، نشان دادند که بربرین به عنوان یک محلول شستشوی داخل کانال، تعداد باکتری‌ها را به طور معناداری در مقایسه با سرم فیزیولوژی کاهش می‌دهد. در مطالعه آنان، بین هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵ درصد،

تشکر و قدردانی

این پژوهش با کد اخلاق IR.IAU.KHUISEF.REC.1401.339 و کد پایان نامه 17582824707771861012162616771 در دانشکده ی دندانپزشکی دانشگاه آزاد اصفهان به تصویب رسید. بدین وسیله از تمام کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند، سپاسگزاری میکنیم.

تضاد منافع

تمامی نویسندگان اظهار می دارند که هیچ گونه تعارض منافی در ارتباط با انجام این پژوهش وجود ندارد.

مورد مطالعه از نظر اثربخشی ضدباکتریایی تفاوت آماری معناداری مشاهده نشد. بنابراین، کورکومین و بربرین در شرایط مطالعه حاضر، فعالیت ضدباکتریایی قابل مقایسه‌ای با هیپوکلریت سدیم و کلرهگزیدین نشان دادند. اما نسبت به یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند. با این حال، انجام مطالعات بیشتر برای بررسی زیست‌سازگاری، سمیت سلولی و کارایی بالینی این ترکیبات ضروری است.

منابع

1. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. Endodontic periapical lesion: An overview on the etiology, diagnosis and current treatment modalities. *Eur Endod J* 2020; 5(2): 54.
2. Wong J, Manoil D, Näsman P, Belibasakis GN, Neelakantan P. Microbiological aspects of root canal infections and disinfection strategies: An update review on the current knowledge and challenges. *Front Oral Health* 2021; 2: 672887.
3. Mamat R, Ghani NRNA. The complexity of the root canal anatomy and its influence on root canal debridement in the apical region: A review. *Cureus* 2023; 15(11): e49024.
4. Yang S, Meng X, Zhen Y, Baima Q, Wang Y, Jiang X, et al. Strategies and mechanisms targeting *Enterococcus faecalis* biofilms associated with endodontic infections: A comprehensive review. *Front Cell Infect Microbiol* 2024; 14: 1433313.
5. Wu B, Zhou Z, Hong X, Xu Z, Xu Y, He Y, et al. Novel approaches on root canal disinfection methods against *E. faecalis*. *J Oral Microbiol* 2025; 17(1): 2475947.
6. Thulaseedharan S, Kabbinala P, Vallabhdas AK, Gowda VKCN, Chandrashekar KS, Marulappa R. In vitro comparative evaluation of effectiveness of sodium hypochlorite with conventional irrigation method versus EndoVac and ultrasonic irrigation in the elimination of *Enterococcus faecalis* from root canals. *J Pharm Bioallied Sci* 2020; 12(Suppl 1): S105-8.
7. Gomes BP, Aveiro E, Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J* 2023; 34(4): 1-33.
8. Fiorillo L, D'Amico C, Meto A, Mehta V, Giudice GL, Cervino G. Sodium hypochlorite accidents in endodontic practice: Clinical evidence and state of the art. *J Craniofac Surg* 2024; 35(7): e636-45.
9. Drews DJ, Nguyen AD, Diederich A, Gernhardt CR. The interaction of two widely used endodontic irrigates, chlorhexidine and sodium hypochlorite, and its impact on the disinfection protocol during root canal treatment. *Antibiotics* 2023; 12(3): 589.
10. Tonini R, Salvadori M, Audino E, Sauro S, Garo ML, Salgarello S. Irrigating solutions and activation methods used in clinical endodontics: A systematic review. *Front Oral Health* 2022; 3: 838043.
11. Gomes BP, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CC. Chlorhexidine in endodontics. *Braz Dent J* 2013; 24(2): 89-102.

12. Rostami A, Molabashi V, Ganji S, Moosavi SP, Koushki A, Fathi-Karkan S, et al. Chlorhexidine loaded nanomaterials for dental plaque control: Enhanced antibacterial activity and biocompatibility. *Biomed Microdevices* 2025; 27(2): 28.
13. Sajjan P, Laxminarayan N, Kar PP, Sajjanar M. Chlorhexidine as an antimicrobial agent in dentistry—a review. *Oral Health Dent Manag* 2016; 15(2): 93-100.
14. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod* 2012; 38(10): 1376-9.
15. Ruksakiet K, Hanák L, Farkas N, Hegyi P, Sadaeng W, Czumbel LM, et al. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and sodium hypochlorite in root canal disinfection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Endod* 2020; 46(8): 1032-41.
16. Angelini P. Plant-derived antimicrobials and their crucial role in combating antimicrobial resistance. *Antibiotics* 2024; 13(8): 746.
17. Weissheimer T, Pinto KP, da Silva EJNL, Hashizume LN, da Rosa RA, Só MVR. Disinfectant effectiveness of chlorhexidine gel compared to sodium hypochlorite: A systematic review with meta-analysis. *Restor Dent Endod* 2023; 48(4): e37.
18. Neag MA, Mocan A, Echeverría J, Pop RM, Bocsan CI, Crişan G, et al. Berberine: Botanical occurrence, traditional uses, extraction methods, and relevance in cardiovascular, metabolic, hepatic, and renal disorders. *Front Pharmacol* 2018; 9: 557.
19. Marques C, Grenho L, Fernandes MH, Costa Lima SA. Improving the antimicrobial potency of berberine for endodontic canal irrigation using polymeric nanoparticles. *Pharmaceutics* 2024; 16(6): 786.
20. Hussain Y, Alam W, Ullah H, Dacrema M, Daglia M, Khan H, et al. Antimicrobial potential of curcumin: Therapeutic potential and challenges to clinical applications. *Antibiotics* 2022; 11(3): 322.
21. Eskandarinezhad M, Barhaghi MHS, Allameh K, Sadrhaghighi A, Katebi K. The comparison of calcium hydroxide, curcumin, and Aloe vera antibacterial effects on 6-week-old *Enterococcus faecalis* biofilm as an intracanal medicament: An in vitro study. *Dent Res J* 2022; 19(1): 14.
22. Sotomil JM, Münchow EA, Pankajakshan D, Spolnik KJ, Ferreira JA, Gregory RL, et al. Curcumin—A natural medicament for root canal disinfection: Effects of irrigation, drug release, and photoactivation. *J Endod* 2019; 45(11): 1371-7.
23. Aminoshariae A, Kulild JC. Size of master apical file and optimal irrigation of the apical zone: A systematic review. *Iran Endod J* 2018; 13(4): 424.
24. Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: An SEM analysis. *Int Endod J* 2005; 38(5): 285-90.
25. Xie Q, Johnson BR, Wenckus CS, Fayad MI, Wu CD. Efficacy of berberine, an antimicrobial plant alkaloid, as an endodontic irrigant against a mixed-culture biofilm in an in vitro tooth model. *J Endod* 2012; 38(8): 1114-7.
26. Neelakantan P, Subbarao C, Sharma S, Subbarao CV, Garcia-Godoy F, Gutmann JL. Effectiveness of curcumin against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Acta Odontol Scand* 2013; 71(6): 1453-7.
27. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 2006; 32(2): 93-8.
28. Taschieri S, Del Fabbro M, Samaranayake L, Chang JW, Corbella S. Microbial invasion of dentinal tubules: A literature review and a new perspective. *J Investig Clin Dent* 2014; 5(3): 163-70.
29. Sharma J, Jhamb S, Mehta M, Bhushan J, Bhardwaj SB, Kaur A. Prevalence of *Enterococcus faecalis* in refractory endodontic infections: A microbiological study. *J Conserv Dent Endod* 2025; 28(5): 462-7.
30. Vinola SM, Sekar M, Renganathan SK, Dhiraviam S. Comparative evaluation of Calendula officinalis and 2% chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *J Interdiscip Dent* 2021; 11(3): 119-23.
31. Asnaashari M, Ebad LT, Shojaeian S. Comparison of antibacterial effects of 810 and 980-nanometer diode lasers on *Enterococcus faecalis* in the root canal system—an in vitro study. *Laser Ther* 2016; 25(3): 209-14.
32. Lapari SS, Jahromi MZ, Tahmourespour A, Shirani AM. Comparison of the *Enterococcus faecalis* colony reduction effect of two wavelengths of diode lasers with three methods of root canal irrigation: An in vitro study. *J Lasers Med Sci* 2024; 15: e37.
33. Jahromi MZ, Baghersad A, Shirani AM, Tahmourespour A, Alipour E, Mokabberi A. Antibacterial efficiency of three different irrigation methods in infected roots infected with *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Dent* 2025; 26(3): 257.

34. Esteki P, Jahromi MZ, Tahmourespour A. In vitro antimicrobial activity of mineral trioxide aggregate, Biodentine, and calcium-enriched mixture cement against *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, and *Candida albicans* using the agar diffusion technique. *Dent Res J* 2021; 18(1): 3.
35. Nasiri M, Zare Jahromi M, Elmi M. In vitro effect of propolis and 2% chlorhexidine as intracanal medicaments on push-out bond strength of fiber post cemented with resin cement. *Contemp Orofac Sci* 2023; 1(1): 29-36.
36. Reshma Suvarna RS, Bhat S, Hegde K. Antibacterial activity of turmeric against *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 2014; 3(2): 498-504.
37. Bertoncini-Silva C, Vlad A, Ricciarelli R, Giacomo Fassini P, Suen VMM, Zingg J-M. Enhancing the bioavailability and bioactivity of curcumin for disease prevention and treatment. *Antioxidants* 2024; 13(3): 331.
38. Zare JM, Tahmoourespour A, Hemmat N, Moghadasi BE, Ranjbarian P. The comparison of antibacterial effect of propolis, sodium hypochlorite 5.25%, and chlorhexidine 2% as intracanal irrigants against *Enterococcus faecalis*: An ex vivo study. *J Mashhad Dent Sch* 2017; 42(4): 320-8. (Persian)
39. Prasanna N, Chandana S, Chandragiri V. Analysis of antibacterial activity of curcumin against *Enterococcus faecalis*. *Int J Curr Res Rev* 2011; 3(4): 68-77.
40. Donyavi Z, Arabestani MR, Dastan D, Esmaeilzadeh M, Shahsavand N. Comparison of antimicrobial effect of berberine as an endodontic irrigant with that of other common root canal irrigants on three microorganisms involved in persistent endodontic infections. *J Mol Biol Res* 2018; 8(1): 153-8.
41. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. *Int Dent J* 2008; 58(6):329-41.
42. Adl A, Motamedifar M, Sobhaniyan F, Shahcheraghi L, Vosoughi M, Gholami A. Comparison of the effect of tissue inhibitors on the antimicrobial activity of a new irrigant containing silver nanoparticles, sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Mashhad Dent Sch* 2018; 42(4): 320-8. (Persian)
43. Ranjbar F, Eslami G, Ghahremanloo A, Taheri S, Ayatollahi M, Eslami S. Evaluation of the effect of green tea extract on *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis* in dental plaques and comparison with chlorhexidine mouthwash and sodium hypochlorite. *J Mashhad Dent Sch* 2015; 39(4): 335-42. (Persian)
44. Javidi M, Behrovan J, Goodarzi M, Bagherpour Z. In vitro evaluation of the antimicrobial effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine as root canal irrigants against *Streptococcus faecalis*. *J Mashhad Dent Sch* 2006; 31(3): 177-82. (Persian)