

Original article

Comparison of Apical Sealing in Root Canal-Treated Teeth Using Gutta-Percha with Bio-C Sealer, EndoSeal TCS Sealer, and AH Plus Sealer by the Single-Cone Technique

Saeedeh Galledar^{*1}, Firouz Zadfattah¹, Zahra Sadeghpour Setobadi², Malek Abazari³

1. Department of Endodontics, Dental Faculty, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

2. Dental Student, Faculty of Dentistry, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

3. Department of Public Health, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +984533510054, Fax: +984533521780, E-mail: s.galledar@arums.ac.ir

Article info

Article history:

Received: May 7, 2025

Accepted: Aug 24, 2025

Keywords:

Apical Seal
Gutta-percha
Single-cone

ABSTRACT

Background: This study aimed to compare the apical seal in teeth treated with gutta-percha and Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer using the single-cone technique.

Methods: In this experimental study, 56 single-rooted, single-canal mandibular premolars were prepared using the Protaper rotary system. The samples were randomly divided into three groups of 16 and two positive and negative control groups and were obturated with Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer using the single-cone technique. The samples were divided into buccal and lingual halves using a diamond disc. The linear leakage of methylene blue from the root apex to the coronal- most part where the dye penetrated was observed and recorded using a stereomicroscope, and finally the data obtained were analyzed using one-way analysis of variance between groups with SPSS version 26 software.

Results: The results of the study showed that the lowest dye penetration rate in the sealers studied was for Endoseal TCS sealer (4.16 ± 0.475), AH Plus (4.84 ± 0.745), and Bio-C sealer (5.77 ± 0.597). The results of the analysis of variance showed that there was a significant difference in apical microleakage in teeth treated with gutta-percha and Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer by the single-cone technique ($p < 0.001$). Tukey's test showed that there was a significant difference in apical microleakage of the sealers studied with the positive and negative control groups; also, a significant difference was observed in apical microleakage of Endoseal TCS sealer with Bio-C Sealer and AH Plus sealer, and Bio-C Sealer with AH Plus sealer ($p < 0.05$).

Conclusion: Apical sealing in root canal-treated teeth with gutta-percha and Endoseal TCS sealer provided the best results compared to AH Plus and Bio-C sealer.

How to cite this article: Galledar S, Zadfattah F, Sadeghpour Setobadi Z, Abazari M. Comparison of Apical Sealing in Root Canal-Treated Teeth Using Gutta-Percha with Bio-C Sealer, EndoSeal TCS Sealer, and AH Plus Sealer by the Single-Cone Technique. J Ardabil Univ Med Sci. 2025;25(1):98-108.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

Extended Abstract

Background: Root canal therapy aims to reduce root infection and prevent or eliminate periapical infections. Therefore, obtaining an excellent seal is essential to prevent bacteria from entering the oral cavity. Sealers play the role of lubricant in the obturation process and fill the gap between the dentin wall and the filling material, the voids and the irregularities of the canal. AH Plus is an epoxy resin-based sealer that is considered the gold standard of resin sealers due to its desirable properties. Bio-C sealer is a non-resin, eugenol-free sealer that, in addition to improved biocompatibility properties, has antibacterial effects and inhibits bacterial penetration. Endoseal TCS sealer is a type of paste sealer based on tricalcium silicate without eugenol, and one of its most important features is the ability to produce more calcium hydroxide than other sealers containing dicalcium silicate, which increases its compressive strength and osteogenic potential for hard tissue regeneration. Given the importance of apical seal in the success of root canal treatment, this study was conducted to compare apical seal in teeth treated with gutta-percha and Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer using the single-cone technique.

Methods: This laboratory study was performed on 56 single-rooted and single-canal mandibular premolars. Teeth with resorption, root fracture, root caries, calcification, multiple canals, and root canal treatments were excluded from the study. The selected teeth were kept in chloramine solution for 24 hours and then placed in normal saline until used in the study. Then, the teeth were coronally sectioned to obtain a working length of 12 mm in all samples. The prepared specimens were checked for patency with a K-file #10. Then, a K-file #15 was inserted into the canal until the tip of the file was visible in the apical foramen. The working length was determined by measuring the tip of the file to the rubber stop and subtracting 0.5 mm from this length. To simulate clinical conditions and prevent the leakage of irrigating solution from the root tip, the apex of the teeth was covered with aluminum foil and sealed with wax. The canal preparation was performed using the ProTaper

rotary file system up to F2. The canals were irrigated with normal saline and 5 ml of 2.5% sodium hypochlorite solution. The teeth were randomly divided into three study groups and two positive and negative control groups. In the study groups, canal obturation was performed with Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer, respectively, using the single-cone technique. In the positive control group, the teeth were sealed with gutta-percha without sealer using the single-cone technique. In the study groups, the external surface of the roots, except for the apical 2 mm, was covered with two layers of nail polish and wax to prevent dye penetration to the root surface. The negative control samples were completely covered with nail polish and wax up to the end of the apex, then the samples were immersed in the methylene blue dye solution for 48 hours, and after removing the dye, they were washed under running water for 5 minutes. The samples were divided into two halves, buccal and lingual, using a diamond disc. The linear leakage of methylene blue from the root apex to the coronal -most part where the dye penetrated was observed and recorded using a stereomicroscope. The obtained data were analyzed using descriptive statistics and one-way analysis of variance between groups using SPSS software, version 26.

Results: Based on the results of the present study, no dye penetration was observed in the negative control group, and the highest dye penetration occurred in the positive control group. Among the sealers studied, the lowest dye penetration was observed in the Endoseal TCS sealer (4.16 ± 0.475), AH Plus (4.84 ± 0.745), and Bio-C sealer (5.77 ± 0.597), respectively. An analysis of variance test was used to compare the apical microleakage of the sealers studied using the single-cone technique. The results of the analysis of variance showed that there was a significant difference in apical microleakage in teeth treated with gutta-percha and Bio-C sealer, Endoseal TCS sealer, and AH Plus sealer using the single-cone technique ($p < 0.001$). According to the results of the Tukey test, there was a significant difference in the apical microleakage of the sealers studied compared to the positive and negative control groups; also, a significant difference was observed in the apical microleakage of the

Endoseal TCS sealer with Bio-C sealer and AH Plus, and Bio-C sealer with AH Plus ($p<0.05$).

Conclusion: Our study findings showed that none of these sealers could completely seal the apical foramen to obtain a fluid-tight seal. No apical microleakage was observed in the negative control group. Also, the highest dye penetration was observed in the positive

control group, indicating that gutta-percha did not provide a proper seal without the use of a sealer. Considering the limitations of laboratory studies, the results of the present study showed that apical sealing in teeth treated with gutta-percha and Endoseal TCS sealer by the single-cone technique was significantly higher than AH Plus and Bio-C sealers.

مقایسه سیل اپیکالی در دندان‌های درمان ریشه شده با گوتا‌پرکا و سیلرهای Bio-C sealer، Endoseal TCS sealer و AH Plus به روش سینگل کن

سعیده گله‌دار^{۱*}، فیروز زادفتاح^۱، زهرا صادق پور ستوبادی^۲، مالک اباذری^۳

۱. گروه اندودونتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۲. دانشجوی دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۳. گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۴۵۳۳۵۱۰۰۵۴ فاکس: ۰۴۵۳۳۵۲۱۷۸ پست الکترونیک s.galledar@arums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه با هدف مقایسه سیل اپیکالی در دندان‌های درمان ریشه شده با گوتا‌پرکا و سیلرهای Bio-C sealer و Endoseal TCS sealer و AH Plus به روش سینگل کن انجام پذیرفت.

روش کار: در این مطالعه تجربی ۵۶ دندان پرمولر مندیبل تک‌ریشه و تک کانال با استفاده از سیستم روتاری پروتپراتافیل F2 آماده سازی شد. نمونه‌ها به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۶ تایی و دو گروه کنترل مثبت و منفی تقسیم گردید و با سیلرهای Bio-C sealer، Endoseal TCS sealer و AH Plus به روش سینگل کن آبچوره شد. نمونه‌ها توسط دیسک الماسی به دو نیمه باکالی و لینگوالی تقسیم گردید. نشت خطی متیلن بلو از اپکس ریشه تا کروئالی‌ترین قسمتی که دای نفوذ کرده به وسیله استریومیکروسکوپ مشاهده و ثبت گردید و در نهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه بین گروهی با استفاده از نرم افزار SPSS-26 تحلیل گردید.

یافته‌ها: براساس نتایج مطالعه کمترین میزان نفوذ رنگ به ترتیب در سیلرهای Endoseal TCS sealer، AH plus و Bio-c sealer مشاهده شد. بر اساس نتایج آزمون توکی تفاوت معناداری در ریزنشت اپیکالی سیلرهای مورد بررسی با گروه‌های کنترل مثبت و منفی وجود داشت؛ همچنین تفاوت معناداری در ریزنشت اپیکالی سیلرهای Endoseal TCS با سیلرهای Bio-C sealer و AH Plus و سیلر Bio-c sealer با AH Plus مشاهده گردید ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: سیل اپیکالی در دندان‌های درمان ریشه شده با گوتا‌پرکا و سیلر Endoseal TCS sealer با روش سینگل کن بطور معناداری بالاتر از سیلرهای AH Plus و Bio-C sealer بود.

واژه‌های کلیدی: سیل اپیکالی، گوتا‌پرکا، سینگل کن

پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲

دریافت: ۱۴۰۴/۲/۱۷

مقدمه

مُهر و موم سه‌بعدی کانال دبریدمان‌شده و بی‌نظمی‌های آن یک مرحله بسیار حیاتی در جلوگیری از جریان میکروارگانیزم‌ها و توکسین‌های آن‌ها به

درمان ریشه با هدف کاهش عفونت ریشه و پیشگیری یا حذف عفونت‌های پری‌اپیکال انجام می‌شود [۱].

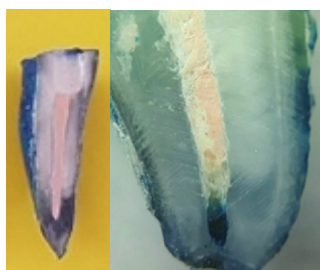
سمت بافت‌های پری‌ایپیکال و شکست درمان اندودونتیک می‌باشد [۲]. از این رو، به‌دست‌آوردن یک سیل عالی برای جلوگیری از ورود باکتری‌ها از حفره دهان ضروری است [۳]. سیلرها نقش لوبریکانت را در پروسه آبجوریشن، ایفا می‌کنند و فاصله بین دیواره عاجی و مواد پرکننده، کانال‌های فرعی، فضاهای خالی و بی‌نظمی‌های موجود در ریشه را پر می‌کنند [۴]. دندانپزشکان از دهه‌های گذشته تاکنون از انواع سیلرها با ترکیبات شیمیایی مختلف مانند سیلرهای حاوی اوژنول اکسید روی، سیلرهای با بیس هیدروکسید کلسیم، سیلرهای با بیس گلاس آینومر، سیلرهای اپوکسی‌رزینی و سیلرهای بیوسرامیک برای پر کردن کانال ریشه استفاده کرده‌اند [۵]. اما طبق نظر دکتر ترابی‌نژاد همچنان نیاز به یک سیلر با ویژگی‌های بهتر وجود دارد [۶]. AH Plus، یک سیلر بر پایه اپوکسی‌رزین است که به عنوان استاندارد طلایی سیلرهای رزینی شناخته شده است. این امر به دلیل ویژگی‌های مطلوب این سیلر از قبیل قدرت باند بالا با عاج، آپاسیته کافی، فلوی مطلوب، ثبات ابعادی بالا، حلالیت پایین و مقاومت بالای آن می‌باشد [۷]. طبق ادعای کمپانی Angelus، سیلر بایوسرامیک Bio-C Sealer یک سیلر غیررزینی، فاقد اوژنول است که علاوه بر خواص زیست‌سازگاری بهبود یافته، امکان تمیز کردن محفظه پالپ را پس از انسداد ریشه فراهم می‌کند و اثر ضدباکتریایی و مهار نفوذ باکتری دارد. علاوه بر مهر و موم فیزیکی ایجادشده توسط انبساط سمان، با تشکیل یک لایه میانی کانی‌سازی، باعث ایجاد مهر و موم بیولوژیکی می‌شود [۸، ۹]. طبق ادعای کمپانی ماروچی، سیلر Endoseal TCS یک نوع سیلر خمیری بر پایه تری‌کلسیم سیلیکات بدون اوژنول است که یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن توانایی تولید هیدروکسید کلسیم بیشتر (حدود ۲/۵ برابر) نسبت به دیگر سیلرهای دارای ترکیب دی‌کلسیم سیلیکات می‌باشد که باعث افزایش مقاومت فشاری و پتانسیل استئوژنیک آن برای بازسازی بافت سخت می‌شود

[۱۰، ۱۱]. قدرت مانور و سیالیت بالایی دارد و به همین واسطه برای پر کردن کانال ریشه، بسیار مناسب می‌باشد [۱۱]. با توجه به اینکه مطالعات اندکی در زمینه مقایسه سیلر آپیکالی سیلرهای مورد مطالعه انجام گرفته است و با توجه به اهمیت سیلر آپیکالی در موفقیت درمان ریشه [۱۲]، این مطالعه با هدف مقایسه سیلر آپیکالی در دندان‌های درمان‌ریشه‌شده با گوتاپرکا و سیلرهای Endoseal TCS، Bio-C sealer و AH Plus به روش سینگل‌کن انجام پذیرفت.

روش کار

در این مطالعه آزمایشگاهی ۵۶ دندان پرمولر مندیبل تک‌ریشه و تک‌کانال از کلینیک‌های دندانپزشکی شهر اردبیل برای انجام مطالعه جمع‌آوری شد. بقایای بافت نرم و جرم موجود روی ریشه توسط دستگاه اولتراسونیک خارج گردید. برای بررسی وجود ترک یا تحلیل، دندان‌ها توسط استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. دندان‌های دارای تحلیل، شکستگی ریشه، پوسیدگی ریشه، کلسیفیکاسیون، کانال‌های متعدد و درمان‌ریشه‌شده از مطالعه خارج شدند. دندان‌های انتخاب شده در محلول کلر آمین به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و سپس تا زمان استفاده در مطالعه در نرمال سالین قرار داده شد. دندان‌ها به‌صورت کرونالی سکشن زده شد تا طول کارکرد ۱۲ میلی‌متر در همه نمونه‌ها به‌دست بیاید. نمونه‌های آماده‌شده از لحاظ patency با K-file (Dentsply، Switzerland) شماره ۱۰ بررسی شد. سپس K-file شماره ۱۵ وارد کانال شد تا زمانی که نوک فایل در اپیکال فورامن مشاهده شود. طول کارکرد با اندازه گرفتن نوک فایل تا رابر استاپ و کم کردن ۰.۵ میلی‌متر از این طول مشخص شد. جهت مشابه‌سازی شرایط کلینیکی و جلوگیری از خروج مواد شست‌وشودهنده از انتهای ریشه، اپکس دندان‌ها توسط فویل آلومینیومی پوشانده شده و با موم سیل

محلول رنگی متیلن بلو غوطه‌ور شد و بعد از خارج کردن از رنگ، به مدت ۵ دقیقه زیر آب جاری شسته و سپس خنک گردید. لایه‌های خارجی موم از روی دندان‌ها برداشته شد و شیارهایی در سطح باکال و لینگوآل ریشه ایجاد گردید. نمونه‌ها توسط دیسک الماسی در راستای شیارها برش داده شد و به دو نیمه باکالی و لینگوآلی تقسیم گردید. نشت خطی متیلن بلو از اپکس ریشه تا کرونا‌لی‌ترین قسمتی که دای نفوذ کرده بود به وسیله استریومیکروسکوپ مشاهده و ثبت شد (شکل ۱).



شکل ۱. نمونه‌های دندانی برش داده شده و تصویر میکروسکوپ الکترونی از نشت آپیکالی متیلن بلو

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی آماری، از نرم‌افزار SPSS-26 استفاده شد. داده‌ها با آزمون‌های آماری توصیفی (میانگین و انحراف معیار) بررسی شد. در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها از آمار تحلیلی (آنالیز واریانس یک‌طرفه) و در صورت عدم نرمالیتی از آزمون‌های ناپارامتریک (آزمون توکی) جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج آمار توصیفی کمترین میزان نفوذ رنگ به ترتیب در سیلرهای Endoseal TCS sealer $(4/16 \pm 0/475)$ ، AH Plus $(4/84 \pm 0/745)$ و سیلر Bio-c sealer $(5/77 \pm 0/597)$ مشاهده شد (جدول ۱).

گردید. آماده‌سازی کانال‌ها با استفاده از سیستم روتاری پروتپیر (Dentsply Maillefer) تا فایل F2 و با سرعت ۲۵۰ rpm طبق پیشنهاد کارخانه سازنده انجام گرفت. کانال‌ها توسط نرمال‌سالین و ۵ میلی‌لیتر محلول سدیم هیپوکلریت (مروابن، ایران) ۲٫۵ درصد شست‌وشو داده شدند. ۸ دندان به صورت تصادفی به عنوان گروه کنترل مثبت و منفی انتخاب شد و باقی نمونه‌ها ($n=48$) به صورت تصادفی به سه گروه ۱۶ تایی تقسیم شدند.

گروه اول: دندان‌ها با گوتا‌پرکا و سیلر (Dentsply, AH Plus Germany) به روش سینگل کن آبچوره شد.

گروه دوم: دندان‌ها با گوتا‌پرکا و سیلر (Angelus, Bio-C Sealer Brazil) به روش سینگل کن آبچوره شد.

گروه سوم: دندان‌ها با گوتا‌پرکا و سیلر Endoseal TCS Sealer (Maruchi, Korea) به روش سینگل کن آبچوره شد.

در گروه کنترل مثبت (۴ دندان) با گوتا‌پرکا و بدون سیلر به روش سینگل کن آبچوره شد و در گروه کنترل منفی (۴ دندان) بعد از آماده‌سازی کانال به طور کامل تا انتهای اپکس با لاک ناخن و موم پوشانده شد. برای اطمینان از کیفیت آبچوریشن از تمام دندان‌ها گرافی پری‌اپیکال تهیه گردید. برای ستینگ کامل سیلرها، دندان‌ها در گاز استریل آغشته به نرمال‌سالین در رطوبت ۱۰۰ درصد و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز داخل انکوباتور نگهداری شدند. سطح خارجی ریشه‌ها بجز ۲ میلی‌متر اپیکالی (غیر از گروه کنترل منفی) توسط دو لایه لاک ناخن و سپس با موم پوشانده شد تا از نفوذ دای به سطح ریشه جلوگیری شود. نمونه‌های کنترل منفی به طور کامل تا انتهای اپکس با لاک ناخن و موم پوشانده شد، سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در

جدول ۱. آمار توصیفی میزان نفوذ رنگ در سیلرهای مورد مطالعه

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	کمترین	بیشترین
AH Plus	۱۶	۴/۸۴	۰/۷۴۵	۳/۸۷	۶/۲۳
Endoseal TCS sealer	۱۶	۴/۱۶	۰/۴۷۵	۳/۰۷	۵/۰۳
Bio c sealer	۱۶	۵/۷۷	۰/۵۹۷	۴/۶۶	۶/۸۷
کنترل مثبت	۴	۹/۹۲	۰/۲۵۶	۹/۶۵	۱۰/۱۶
کنترل منفی	۴	۰	۰	۰	۰

بحث

هدف از آبخوریشن کانال ریشه، به دست آوردن یک مهر و موم سه بعدی از سیستم کانال ریشه جهت جلوگیری از نفوذ میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. بر اساس نتایج کوهن^۱ و همکاران [۱۳] سیل آپیکال ناکافی مسئول ۶۰ درصد از شکست‌های درمان ریشه می‌باشد، از این رو به دست آوردن یک سیل عالی برای جلوگیری از ورود باکتری‌ها از حفره دهان ضروری است. در شرایط آزمایشگاهی برای ارزیابی قابلیت سیل کنندگی مواد، میزان ریزنشست اندازه گیری می‌شود. روش‌های متعددی برای این منظور طراحی و استفاده شده از جمله: روش Bacterial Dye penetration، Fluid transport، penetration Gas و Penetration of radioisotopes، tests chromatography. از بین روش‌های موجود متداول‌ترین روشی که استفاده می‌شود Dye penetration است که به امکانات پیچیده و پیشرفته نیاز ندارد [۱۴]. از طرفی با توجه به قطر ذرات جوهر هندی که در حدود ۳ میکرومتر یا کمتر است، بعید به نظر می‌رسد که باکتری‌ها به جایی در درون کانال نفوذ کنند که جوهر هندی نتواند نفوذ نماید [۱۵]. در مطالعه‌ی حاضر هم از روش نفوذ رنگ استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصل شده، کمترین میزان ریزنشست آپیکالی در سیلرهای مورد بررسی به ترتیب مربوط به سیلر Endoseal TCS sealer، AH Plus و Bio-C sealer بود. این نتایج نشان داد که توانایی

برای مقایسه میزان ریزنشست آپیکالی سیلرهای مورد بررسی با روش سینگل کن از آزمون تحلیل واریانس استفاده گردید. نتایج تحلیل واریانس نشان داد که تفاوت معناداری در ریزنشست آپیکالی در دندان‌های درمان ریشه شده با گوتا پرکا و سیلرهای Bio-C sealer، Endoseal TCS sealer و AH Plus به روش سینگل کن وجود دارد ($p < 0.001$). به طوری که آزمون توکی نشان داد که تفاوت معناداری در ریزنشست آپیکالی سیلرهای مورد بررسی با گروه‌های کنترل مثبت و منفی وجود دارد. همچنین تفاوت معناداری در ریزنشست آپیکالی سیلرهای Endoseal TCS sealer با Bio-C sealer و AH Plus و سیلر Bio-C sealer با AH Plus مشاهده گردید ($p < 0.05$) (جدول ۲).

جدول ۲. آزمون توکی برای مقایسه سیل آپیکالی در دندان‌های درمان ریشه شده با گوتا پرکا و سیلرهای مورد بررسی به روش سینگل کن

سیلر (I)	سیلر (J)	تفاضل میانگین (I-J)	سطح معناداری
AH Plus	Endoseal TCS sealer	۰/۶۸۶	۰/۰۱۳
	Bio C sealer	-۰/۹۲۸	۰/۰۰۱
	کنترل مثبت	-۵/۰۸	۰/۰۰۱
	کنترل منفی	۴/۸۴	۰/۰۰۱
Endoseal TCS sealer	Bio C sealer	-۱/۶۱	۰/۰۰۱
	کنترل مثبت	-۵/۷۷	۰/۰۰۱
	کنترل منفی	۴/۱۶	۰/۰۰۱
	کنترل مثبت	-۴/۱۵	۰/۰۰۱
Bio-C sealer	کنترل منفی	۵/۷۷	۰/۰۰۱
	کنترل مثبت	۹/۹۲	۰/۰۰۱

¹ Cohen

سیل اپیکالی سیلر Endoseal TCS sealer از توانایی سیل اپیکال سیلر AH Plus بیشتر است. همسو با نتایج مطالعه حاضر، الراشدی^۱ و همکاران [۱۶]، شابالالا^۲ و همکاران [۱۷] و موناردس^۳ و همکاران [۱۸] نشان دادند که سیلر با بیس سیلیکات تری کلسیم ریزنشت کمتری نسبت به سیلر با بیس رزین (AH Plus) داشت. عید^۴ و همکاران [۱۹] با ارزیابی مقایسه‌ای توانایی سیل اپیکال سیلرهای BioRoot و AH Plus نشان دادند که نفوذ رنگ در سیلر AH Plus بیشتر از سیلر با بیس سیلیکات تری کلسیم بود، همچنین، آشوینی^۵ و همکاران [۲۰] با ارزیابی ریزنشت چهار سیلر کانال ریشه با میکروسکوپ فلورسنت نشان دادند که سیلر مبتنی بر سیلیکات تری کلسیم (BioRoot) کمترین ریزنشت و بعد از آن سیلر اپوکسی رزینی (AH Plus) قرار داشتند. آسواوارایت^۶ و همکاران [۲۱] در مطالعه‌ای به مقایسه قابلیت سیل اپیکالی سیلر بیوسرامیک و سیلر مبتنی بر رزین اپوکسی با استفاده از تکنیک فیلتراسیون سیال و میکروسکوپ الکترونی پرداختند. نتایج نشان داد که Endoseal TCS sealer در تمام دوره‌های آزمایشی توانایی سیل بهتری نسبت به AH Plus داشت. علت آن اندازه ذرات کوچک‌تر ($0.2 \mu m$) برای نفوذ به داخل توبول‌های عاجی به خصوص توبول‌های کوچک‌تر در قسمت اپیکال ریشه می‌باشد. در مطالعه ما هم سیلر مبتنی بر سیلیکات تری کلسیم^۷ مقاومت بالاتری در برابر نشت نشان داد که از نظر آماری معنی‌دار بود. این می‌تواند به دلیل نفوذ سیلیکات کلسیم از سیلر سیلیکات تری کلسیم به عاج بین توبولی باشد که منجر به تشکیل ناحیه‌ی نفوذ مواد معدنی برای ایجاد باندهای منحصربه‌فرد مانند پیوندهای مکانیکی

می‌شود [۲۲]. علاوه بر این، فرض بر این است که فسفات با هیدروژل سیلیکات کلسیم واکنش می‌دهد و $Ca(OH)_2$ را تشکیل می‌دهد که ممکن است بیشتر به یون‌های Ca و OH تجزیه شود و منجر به تشکیل کریستال‌های آپاتیت داخل فیبریلار در امتداد منطقه‌ی نفوذ مواد معدنی گردد [۲۳]. کریستال‌های کلسیم (کلسیت) نیز ممکن است در بافت ایجاد شوند، بنابراین تخلخل‌ها و شکاف‌های مارجینال را کاهش می‌دهند [۲۴]. سیلر AH Plus از متداول‌ترین سیلرهای مبتنی بر اپوکسی رزین تا به امروز است که دارای خواص سیل عالی، استحکام خوب، پایداری ابعادی و حلالیت کم است [۲۵]. از این رو، به‌عنوان استاندارد طلایی برای مقایسه سیلرهای جدید در نظر گرفته می‌شود. نتایج مطالعه ما نشان داد که سیلر AH Plus ریزنشت اپیکالی کمتری نسبت به سیلر بیوسرامیک Bio-C sealer دارد. در مورد مقایسه‌ی ریزنشت اپیکالی سیلر AH Plus و سیلر بیوسرامیک Bio-C sealer تاکنون مطالعه‌ای انجام پذیرفته است، با این وجود، مطالعات موجود در مقایسه‌ی سیلر AH Plus با برخی از سیلرهای بیوسرامیک دیگر نتایج به‌دست آمده را تأیید می‌کنند، به‌طوری‌که همسو با نتایج مطالعه حاضر، ساونی^۸ و همکاران [۲۶] نشان دادند که سیلر AH Plus ریزنشت کمتری نسبت به سیلر کانال ریشه بیوسرامیک Sure-Seal دارد. حاجی حسنی و همکاران [۲۷] در مطالعه‌ای نشان دادند که پس از ۹۰ روز، گروه AH Plus به‌طور قابل‌توجهی ریزنشت کمتری نسبت به گروه سیلر بیوسرامیک دارد. ریزوی^۹ و همکاران [۲۸] با استفاده از نفوذ دای نشان دادند که AH Plus در مقایسه با سیلرهای بیوسرامیک مثل MTA Fillapex، سیل اپیکال بهتری ارائه می‌دهد. خواص تطبیق بهتر سیلر اپوکسی رزینی AH Plus نسبت به سیلر Bio-C sealer می‌تواند به دلیل

¹ Alrashedi² Shabalala³ Monardes⁴ Eid⁵ Ashwini⁶ Asawaworarit⁷ Endoseal TCS sealer⁸ Sawhny⁹ Rizvi

قابلیت اتصال کووالانسی آن با اسید آمینه‌های اکسپوز شده کلاژن باشد که به این سیلر چسبندگی قوی‌تری به عاج می‌دهد [۲۹]. سیلرهای اپوکسی رزین اتصال قوی هم به عاج و هم به گوتاپرکا در مقایسه با انواع سمان‌ها در تست In-vitro adhesion نشان دادند. اتصال قوی بین سیلر و گوتاپرکا به علت اسیدپایه ضعیف این سیلرها می‌باشد که باعث ایجاد باند شیمیایی در نتیجه Ring-opening است. در واقع این سیلرها با اج کردن سطح عاج باعث ایجاد پیوند کووالانسی با گروه اسید آمینه اکسپوز شده در کلاژن طی باز شدن حلقه اپوکساید شده می‌شوند [۳۰] و در نتیجه چسبندگی مؤثرتری برای عاج ایجاد می‌کند [۳۱]. همچنین دلایل ریزش کمتر در سیلر AH Plus نسبت به سیلر بایوسرامیک Bio-C sealer را می‌توان به تطابق بهتر مارچینال، نفوذ توبولی بیشتر و اسیدپایه ضعیف آن نسبت داد [۳۲، ۳۳]. با این وجود، ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، العاشو^۱ و همکاران [۳۴] در مطالعه‌ای به بررسی قابلیت سیل انواع سیلرهای کانال ریشه (Sure-Seal Root، AH Plus، GuttaFlow2) در سطوح مختلف گوتاپرکای باقیمانده پس از آماده‌سازی کانال و آبجوره به روش سینگل کن در دو بازه زمانی با استفاده از تکنیک نفوذ رنگ پرداختند. نتایج نشان داد که سیلر بایوسرامیک بهترین سیل اپیکال را در مقایسه با سایر سیلرهای آزمایش شده دارد که علت این تفاوت می‌تواند به اندازه‌گیری میکرولیکیج در زمان‌های مختلف مربوط باشد، چرا که ستینگ تایم سریع AH Plus (۱۸ ساعت) باعث می‌شود که میکرولیکیج بیشتر در ۲۴ ساعت اول رخ دهد ولی در اندازه‌گیری‌های ۷ روزه AH Plus توانایی سیل بیشتری نشان می‌دهد. همچنین، یافته‌های مطالعه ما نشان داد که هیچ کدام از این سیلرها نمی‌توانند به طور کامل فورامن اپیکال را برای به

دست آوردن یک سیل Fluid-tight سیل کنند. در گروه کنترل منفی هیچ میکرولیکیج اپیکالی مشاهده نشد که این توانایی سیل لاک ناخن را نشان داد و اینکه میکرولیکیج فقط از طریق فورامن اپیکال اتفاق می‌افتد. همچنین در گروه کنترل مثبت بیشترین نفوذ دای مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی عدم ایجاد سیل مناسب توسط گوتاپرکا بدون استفاده از سیلر می‌باشد. مطالعات بیشتری با استفاده از سایر روش‌های ارزیابی ریزش برای تشریح مشاهدات ما مورد نیاز است. علاوه بر این، بهتر است کارایی این سیلرهای مورد بررسی با استفاده از روش‌های پرکننده مختلفی مانند تراکم عمودی در کانال‌های بیضی و دایره‌ای ریشه مقایسه شود. همچنین، چون نمی‌توان شرایط کلینیکی را به طور کامل در این آزمایش بازسازی کرد، توصیه می‌شود تا آزمایش‌های کلینیکی و In vivo بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن محدودیت‌های مطالعات آزمایشگاهی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سیل اپیکالی در دندان‌های درمان‌ریشه‌شده با گوتاپرکا و سیلر Endoseal TCS sealer با روش سینگل کن بطور معناداری بالاتر از سیلرهای AH Plus و Bio-C بود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بعد از دریافت کد اخلاق IR.ARUMS.REC.1403.130 انجام پذیرفت. بدینوسیله نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی محترم دانشگاه علوم پزشکی اردبیل اعلام می‌دارند.

¹ Al-Ashou

References

- 1- Modaresi J, Almodaresi Z, Mousavi R, Mirzaeeian A. Successful Root Canal Treatment with Cold Ceramic: A Case Report. *J Mashad Dent Sch.* 2021;45(3):309-13.
- 2- 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):54-61.
- 3- Rebelo MB, Oliveira CS, Tavaría FK. Novel strategies for preventing dysbiosis in the oral cavity. *Front Biosci (Elite Ed).* 2023;15(4):1-7.
- 4- Djauharie N, Indrawati D. Comparison of sealing ability in the apical third of tooth root canals after post preparation and obturation with MTA sealer and epoxy sealer. *J Phys.* 2018;1073(6):062018.
- 5- Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020;39(5):703-20.
- 6- Torabinejad M, Watson T, Ford TP. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993;19(12):591-5.
- 7- Hergt A, Wiegand A, Huelsmann M, Roedig T. AH Plus root canal sealer-an updated literature review. *Endod Pract Today.* 2015;9(4):1-7.
- 8- Zordan-Bronzel CL, Torres FFE, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C Sealer. *J Endod.* 2019;45(10):1248-52.
- 9- Silva ECA, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020;46(10):1470-7.
- 10- Jin H-R, Jang Y-E, Kim Y. Comparison of obturation quality between calcium silicate-based sealers and resin-based sealers for endodontic re-treatment. *Materials.* 2021;15(1):72-9.
- 11- Chavan AA, Ballal NV. Calcium silicate sealers in endodontics. *Acta Stomatol Naissi.* 2023;39(87):2624-38.
- 12- Mandke L. Importance of coronal seal: Preventing coronal leakage in endodontics. *J Restor Dent.* 2016;4(3):71-82.
- 13- Cohen S, Hargraves K. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathway of the pulp.* 2010;9:367.
- 14- Mohammad Mehdi Yaghoti K, Zohrehsadat N. Comparison of apical seal of three root canal sealers [AH26, AHPlus and tubliseal] in root canal obturated by lateral condensation technique. *J Mashhad Dent Sch.* 2012;26(3):249-58.
- 15- Taschieri S, Del Fabbro M, Francetti L, Testori T. Effect of root-end resection and root-end filling on apical leakage in the presence of core-carrier root canal obturation. *Int Endod J.* 2004;37(7):477-82.
- 16- Alrashedi K. Assessment of the Sealing Ability of Endodontic Sealants by X-ray Microtomography: Queen Mary University of London; 2024.
- 17- Shabalala L. An in Vitro, SEM and Micro-CT Comparison of Dentinal Tubule Penetration and Void Formation by Four Bioceramic Sealers in Premolars: University of Pretoria (South Africa); 2023.
- 18- Monardes H, Antunez M, Herrera P, Jara P, Steinfort K, Abarca J. Bacterial leakage assessment of bioceramic sealers: Bioceramic sealer leakage. *G Ital Endod.* 2021;35(1):33-41.
- 19- Eid A, Davide M, Joudi F, Rekab M, Layous K, Hamadah O, et al. Comparative Evaluation Of The Apical Sealing Ability Of BioRoot And Ahplus Sealers: An In Vitro Study. *Int J Dent Oral Sci.* 2021;8(1):2309-13.
- 20- Ashwini K, Devadiga D, Hegde MN. Evaluation of Microleakage of Four Root Canal Sealers. *J Evolution Med Dent Sci.* 2020;9(50):3800-5.
- 21- Asawaworarit W, Pinyosopon T, Kijsamanmith K. Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *J Dent Sci.* 2020;15(2):186-92.
- 22- Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J.* 2011;44(12):1081-7.

- 23- Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. J Endod. 2009;35(7):1051-5.
- 24- Holland R, De Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, Dezan Jr E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. J Endod. 1999;25(3):161-6.
- 25- Belli S, Ozcan E, Derinbay O, Eldeniz AU. A comparative evaluation of sealing ability of a new, self-etching, dual-curable sealer: hybrid root SEAL (MetaSEAL). Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(6):e45-e52.
- 26- Sawhny A, Chib KS, Lata C, Sumbria S, Bhargava S, Das S. Evaluation of Apical Leakage After Immediate And Delayed Post space Preparation Using Different Root Canal Sealers: An In Vitro Study. Eur J Mol Clin Med. 2023;10(2):2262-8.
- 27- Hajihassani N, Zarei M, Amiri Chermahin A, Jamshidi M, Mirzadeh M, Naghavi N. Apical microleakage assessment of calcium silicate-based and resin-based sealers by fluid filtration technique. J dent mater tech. 2022;11(2):110-7.
- 28- Rizvi R, Khuhawar SR, Sahito AH, Tagar MR, Rafique S, Rasheed W. Evaluation of the Apical Sealing Ability of Bioceramic and AH Plus Root Canal Sealers—An In Vitro Study. J Liaquat Uni Med Health Sci. 2021;20(3):219-22.
- 29- Javidi M, Naghavi N, Roohani E. Assembling of fluid filtration system for quantitative evaluation of microleakage in dental materials. Iran Endod J. 2008;3(3):68-72.
- 30- Remy V, Krishnan V, Job TV, Ravisankar MS, Raj CVR, John S. Assessment of Marginal Adaptation and Sealing Ability of Root Canal Sealers: An in vitro Study. J Contemp Dent Pract. 2017;18(12):1130-4.
- 31- Inan U, Aydin C, Tunca YM, Basak F. In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. J Can Dent Assoc. 2009;75(2):123-c.
- 32- Matloff IR, Jensen JR, Singer L, Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1982;53(2):203-8.
- 33- Moradi S, Naghavi N, Rohani E, Javidi M. Evaluation of microleakage following application of a dentin bonding agent as root canal sealer in the presence or absence of smear layer. J Oral Sci. 2009;51(2):207-13.
- 34- Al-Ashou WMO, Al-Shamaa RM, Hassan SS. Sealing ability of various types of root canal sealers at different levels of remaining gutta percha after post space preparation at two time intervals. J Int Soc Prev Community Dent. 2021;11(6):721-8.