

## بررسی آزمایشگاهی میزان ریزش آپیکالی سیلرهای MTA Fillapex ، iRoot SP ، و AH-Plus

مریم فرقانی\*، مریم بیدار\*\*، نیلوفر صادق‌الحسینی\*\*\*، ندا نقوی\*\*\*\*، نگین عطاران مشهدی\*\*\*\*\*

\* استادیار اندودانتیکس، مرکز تحقیقات مواد دندان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

\*\* استاد اندودانتیکس، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

\*\*\* دندانپزشک

\*\*\*\* استادیار اندودانتیکس، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

\*\*\*\*\* دانشجوی رشته پزشکی، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۹۲/۱۲/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۷

### *In Vitro* Evaluation of Apical Microleakage of MTA Fillapex, iRoot SP and AH-Plus

Maryam Forghani\*, Maryam Bidar\*\*, Niloufar Sadeghalhoseini\*\*\*, Neda Naghavi\*\*\*\*#,  
Negin Attaran Mashhadi\*\*\*\*\*

\* DDS, MSc, Assistant Professor of Endodontist, Dental Material Research Center, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

\*\* DDS, MSc, Professor of Endodontist, Dental Research Center, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences (MUMS), Mashhad, Iran

\*\*\* DDS, Dentist

\*\*\*\* DDS, MSc, Assistant Professor of Endodontist, Dental Research Center, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

\*\*\*\*\* Student of Medicine, Member of Student Research Committee, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Received: 1 March 2014; Accepted: 7 June 2014

**Introduction:** MTA Fillapex and iRoot SP are two new sealers which have very similar characters to MTA. The purpose of this study was to assess and compare apical seal of the obturated canals with the iRoot SP, MTA Fillapex and AH-Plus sealers.

**Materials & Methods:** Seventy two freshly extracted single root canal human premolars were selected for this study. The canals were instrumented with hand files using step back technique. Six specimens were assigned for positive control and six for negative control groups. The rest of the specimens were randomly divided into three groups of 20 and obturated with gutta percha and one of the aforementioned sealers. Microleakage in all groups was assessed, 2 weeks and 3 months after obturation of canals, by means of fluid filtration. The data were analyzed using repeated measurement and post-hoc Tukey test. The level of significance was set at  $P < 0.05$ .

**Result:** In none of the assessment intervals, there was a significant difference between AH-plus and MTA Fillapex. iRoot SP had less microleakage compared to other groups significantly ( $P < 0.001$ ). Microleakage assessments revealed no significant differences between 2 weeks and three months in all groups.

**Conclusion:** iRoot SP sealer had significantly less microleakage compared to MTA Fillapex and AH-Plus.

**Key words:** iRoot SP, MTA fillapex, microleakage, fluid filtration.

# Corresponding Author: naghavin@mums.ac.ir

J Mash Dent Sch 2014; 38(3): 243-50 .

## چکیده

**مقدمه:** سیلرهای MTA Fillapex و iRoot SP دو سیلر جدید هستند که ویژگی‌های بسیار مشابه با MTA دارند. هدف از این مطالعه مقایسه سیلر آپیکال کانال‌های پر شده با این دو سیلر با سیلر AH-Plus بود.

**مواد و روش‌ها:** ۷۲ دندان پرمولر تک کانال جهت انجام مطالعه انتخاب شدند. کانال‌ها به روش Step back آماده‌سازی شدند. ۶ نمونه جهت کنترل منفی و ۶ نمونه برای کنترل مثبت در نظر گرفته شدند. بقیه نمونه‌ها در سه گروه ۲۰ تایی قرار گرفتند و با گوتاپرکا و یکی از سه سیلر ذکر شده پر شدند. میزان ریزنشست پس از گذشت ۲ هفته و ۳ ماه با استفاده از روش Fluid filtration مورد بررسی قرار گرفت. نتایج با آزمون‌های طرح اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی توکی مورد بررسی قرار گرفت. در همه آزمون‌ها سطح معنی‌داری ۰/۰۵+ مدنظر قرار گرفت.

**یافته‌ها:** ریزنشست سیلرهای AH-Plus و MTA Fillapex در هیچکدام از زمان‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با هم نداشت. ریزنشست سیلر iRoot SP به صورت معنی‌داری از هر دو سیلر دیگر کمتر بود ( $P < 0.01$ ). با در نظر گرفتن فاکتور زمان، بین میزان ریزنشست دو هفته و سه ماه در هیچکدام از گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

**نتیجه‌گیری:** سیلر iRoot SP به طور معنی‌داری ریزنشست کمتری نسبت به سیلر AH-Plus و MTA Fillapex دارد.

**واژه‌های کلیدی:** iRoot SP, MTA Fillapex, ریزنشست و Fluid filtration.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۳ دوره ۳۸ / شماره ۳: ۲۴۳-۵۰.

## مقدمه

یک هدف مهم در درمان ریشه حذف فضاهای داخل کانال و سیل کردن محرک‌هایی است که در خلال پاکسازی و شکل دهی به طور کامل حذف نشده‌اند.<sup>(۱)</sup> در مطالعات مختلف قسمت اعظم شکست‌های درمان ریشه مربوط به سیل ناکافی کانال ریشه ذکر شده است.<sup>(۲،۳)</sup> گوتاپرکا شایع‌ترین ماده پرکننده کانال ریشه است که چون به تنهایی قادر به ایجاد سیل کافی نیست همیشه همراه سیلر استفاده می‌شود. سیلرهای رایج کنونی انواع مختلفی را شامل می‌شوند. یکی از جدیدترین انواع سیلرها، سیلرهای با بیس کلسیم سیلیکات می‌باشند. از جمله این سیلرها می‌توان به دو سیلر جدید iRoot SP و MTA Fillapex اشاره کرد.

iRoot SP یک سیلر جدید متشکل از کلسیم فسفات، کلسیم سیلیکات، زیرکونیوم اکساید و کلسیم هیدروکساید می‌باشد. این سیلر ساختاری مشابه MTA سفید دارد که در حضور آب سخت شده و هنگام سخت شدن منقبض نمی‌شود. از خواص مطلوب آن می‌توان به داشتن ذرات

ریز، چسبندگی و ایجاد باند شیمیایی با دیواره عاج، و افزایش مقاومت ریشه در برابر شکست اشاره کرد. از این سیلر می‌توان با یا بدون استفاده از گوتاپرکا برای پر کردن کانال و ایجاد یک سیل محکم و غیرقابل نفوذ استفاده نمود.<sup>(۴-۷)</sup>

MTA Fillapex یک سیلر جدید با بیس MTA و متشکل از ترکیبات سالیسیلات رزین، کلسیم سیلیکات و بیسموت تری اکساید است که طبق ادعای سازنده بعد از مخلوط شدن عمده‌تاً همان ترکیب MTA را دارد و رادیوپاستیته بالا و توانایی سیل طولانی مدت دارد. این سیلر مقاومت دندان را در برابر شکست بالا می‌برد که می‌تواند مربوط به جزء رزینی و یا استحکام تأخیری MTA (۲۴ ساعت) در پی سخت شدن باشد.<sup>(۸،۹)</sup> این سیلر بر اساس مطالعه Vitti دارای فلو، حلالیت، جذب آب و زمان کارکرد و سخت شدن مناسبی می‌باشد.<sup>(۹)</sup>

با توجه به اینکه توانایی سیل کنندگی یک سیلر یکی از مهمترین جنبه‌های مقبولیت آن می‌باشد، در این مطالعه هدف بر آن بود که میزان ریزنشست آپیکالی این دو سیلر با

ترتیب از سیلر iRoot SP (Veriodent, Vancouver, Canada), سیلر MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brazil) و سیلر زرینی AH-Plus (Dentsply, Dentery, Germany) استفاده شد.

نمونه‌ها پس از پر کردن کانال‌ها به مدت ۲ هفته در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد در دستگاه انکوباتور نگهداری شدند، سپس برای بررسی ریزشست آماده گردیدند.

برای هر گروه آزمایشی دو دندان جهت کنترل منفی (برای دو دوره زمانی ۲ هفته و ۳ ماه) انتخاب شد که مشابه همان گروه آبچوره گردید، ولی مراحل آماده‌سازی برای بررسی ریزشست آنها متفاوت بود. نمونه‌های گروه کنترل مثبت فقط آماده سازی شدند ولی مراحل آبچوریشن بر روی آنها صورت نگرفت.

برای آماده سازی نمونه‌ها جهت بررسی ریزشست سطح خارجی تمام دندان‌های گروه‌های آزمایشی و کنترل مثبت به جز ۲mm انتهای اپیکال ریشه با استفاده از دو لایه لاک ناخن کاملاً پوشانده شد. در گروه کنترل منفی تمام سطح خارجی دندان و اپیکال فورامن با چند لایه لاک ناخن کاملاً پوشانده شد. سپس سطح خارجی تمام دندان‌های مورد آزمایش به استثنای ۲ میلی متر انتهای اپیکال با استفاده از نوارهای پارافیلیم (Parafilm, Laboratory films, Chicago) کاملاً پوشانده شد.

پس از این آماده‌سازی‌ها، لوله لاتکس (Guihaa, china) با قطر داخلی ۰/۵ سانتی متر و طول تقریبی ۳ سانتی متر تهیه شد و انتهای اپیکال ریشه داخل این لوله قرار گرفت. محل اتصال ریشه با لوله لاتکس با چسب سیانواکریلات پوشانده شد تا اتصال محکم و نفوذناپذیری ایجاد گردد. سپس انتهای آزاد لوله لاتکس به دستگاه Fluid filtration وصل شد. برای هر نمونه چهار اندازه‌گیری در فواصل زمانی ۲ دقیقه و مجموعاً در دوره زمانی ۸ دقیقه انجام

هم و با سیلر AH-Plus (که امروزه سیلر رایج در درمان‌های ریشه می باشد و در برخی مطالعات به عنوان استاندارد طلائی استفاده شده است<sup>(۱۰)</sup>) مقایسه گردد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه آزمایشگاهی، ۷۲ دندان پرمولر تازه کشیده شده انسان که دارای یک ریشه و یک کانال بودند، به کار رفتند. ۶ دندان جهت کنترل مثبت و ۶ دندان جهت کنترل منفی انتخاب شدند. بقیه دندان‌ها به طور تصادفی در سه گروه آزمایشی متشکل از ۲۰ نمونه قرار گرفتند. تاج همه دندان‌ها با هدف یکسان‌سازی نمونه‌ها قطع گردید تا طول یکسانی (۱۵ میلی متر) از هر ریشه باقی بماند، سپس طول کارکرد تعیین شد. به این ترتیب که یک K-File#10 (Dentsply, Maillefer, Switzerland) داخل هر کانال قرار داده شد به طوری که نوک فایل از اپیکال فورامن مشاهده گردد. طول کارکرد ۱ میلی متر کوتاه تر از این طول در نظر گرفته شد. پس از تعیین طول کارکرد، آماده سازی کانال‌ها با استفاده از فایل‌های دستی K و به روش Step back انجام گردید. به طوری که سایز Master Apical File برابر با ۳۰ بوده و کانال‌ها تا فایل ۶۰ اینسترومنت گردیدند. سپس ناحیه ی کروئال به وسیله دریل‌های Gates Glliden شماره ۱ تا ۳ آماده سازی شد. شستشو در طی فایل کردن به وسیله ۵ میلی‌لیتر محلول هیپوکلریت ۵/۲۵٪ و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر انجام شد. پس از اتمام مرحله فایل کردن برای حذف لایه اسمیر از ۳ میلی لیتر محلول EDTA 17% به مدت ۳ دقیقه استفاده شد. سپس ۳ میلی لیتر سرم فیزیولوژی برای شستشوی نهایی به کار رفت.

پر کردن کانال‌ها با تکنیک تراکم جانبی گوتا پرکا (Ariadent, Iran) به همراه سیلر مربوطه مطابق با دستور کارخانه سازنده انجام گردید. در گروه‌های اول تا سوم به

گردید.

 $(P=0/070)$  ولی زمان بر آن اثر نداشت

(جدول ۱).

نتیجه آزمون تعقیبی توکی نشان داد که میزان ریزش سیلر iRoot SP با دو سیلر دیگر تفاوت معنی‌داری داشت  $(P<0/001)$  ولی دو سیلر MTA Fillapex و AH-Plus با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند  $(P=0/407)$  (جدول ۲). سیلر iRoot SP ریزش کمتری نسبت به دو سیلر دیگر داشت.

در هیچکدام از سیلرها میزان ریزش در زمان دوهفته و سه ماه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند  $(P>0/05)$ .

نمونه‌ها پس از جدا شدن از دستگاه بار دیگر در رطوبت ۱۰۰٪ قرار گرفتند تا در بررسی ۳ ماهه مجدداً ریزش آنها ارزیابی شود. مراحل کار در بررسی مجدد (۳ ماه پس از پر شدن کانال) مشابه مراحل بررسی اولیه بود.

در تحلیل داده‌ها، از آزمون طرح اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. در همه آزمون‌ها سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مدنظر قرار گرفت.

**یافته‌ها**

نتیجه آزمون آنالیز طرح اندازه‌های تکراری نشان داد نوع سیلر بر میزان ریزش سیلرهای مختلف موثر بود

جدول ۱: مقایسه میزان ریزش در سیلرهای مختلف

Sealer			زمان
انحراف معیار $\pm$ میانگین $(20 \mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}_2\text{O}^*)$			
iRoot SP	MTA Fillapex	AH-Plus	
$0/00115 \pm 0/00160$	$0/00396 \pm 0/00468$	$0/00275 \pm 0/00363$	هفته دوم
$0/00084 \pm 0/00104$	$0/00209 \pm 0/00192$	$0/00204 \pm 0/00310$	ماه سوم
F=15/497	P<0/001		نتیجه آزمون اثر نوع سیلر
F=3/406	P=0/070		اثر زمان
F=0/665	P=0/411		اثر متقابل سیلر و زمان

\* میکرولیتر/دقیقه/سانتیمتر آب

جدول ۲: مقایسه میزان ریزش دو به دوی سیلرها

P=0/407	AH-Plus و MTA Fillapex
P<0/001	AH-Plus و iRoot SP
P<0/001	MTA Fillapex و iRoot SP

## بحث

داشته است.<sup>(۷)</sup>

نتایج خوب حاصله در گروه iRoot SP نیز تا حدودی قابل پیش‌بینی بود. از ویژگی‌های خوبی که برای این سیلر ذکر شده است هیدروفیل بودن آن، چسبندگی و باندینگ شیمیایی آن به دیواره‌های عاجی کانال می‌باشد که می‌تواند در کاهش ریزش کانال مؤثر باشد.<sup>(۸)</sup> در ضمن iRoot SP سیلری با بیس کلسیم سیلیکات بوده که در خلال سخت شدن، انقباض پیدا نمی‌کند.<sup>(۵)</sup>

در مطالعه حاضر، سیلر MTA Fillapex ریزش بیشتری را نسبت به سیلر AH-Plus نشان داد که با نتایج مطالعه Yegin<sup>(۱۳)</sup> و Sonmez<sup>(۱۴)</sup> مطابقت دارد. در بررسی Yegin و همکارانش<sup>(۱۳)</sup> نشان داده شد که سیلر MTA Fillapex نسبت به دو سیلر AH-plus و Sealapex توانایی کمتری در ایجاد سیل اپیکالی دارد. همچنین Sonmez و همکارانش<sup>(۱۴)</sup> در یک بررسی آزمایشگاهی ریزش اپیکالی سیلر MTA Fillapex را با سیلر AH plus و ProRoot MTA مقایسه نمودند و اعلام کردند که سیلر AH-plus و ProRoot MTA قابلیت سیل‌کنندگی مشابهی دارند، درحالی که MTA Fillapex ریزش بیشتری را نسبت به دو ماده دیگر نشان داد. MTA Fillapex سیلری است با ساختاری بسیار شبیه به MTA. Sarkar و همکاران<sup>(۱۵)</sup> نشان دادند که آزادسازی کلسیم و یون‌های هیدروکسیل توسط MTA سخت شده، منجر به تشکیل آپاتیت می‌گردد. Reyes-Carmona و همکاران<sup>(۱۶)</sup> نشان دادند که آپاتیت تشکیل شده لابه‌لای فیبریل‌های کلاژن رسوب کرده ساختاری tag-like ایجاد می‌کند. در مطالعه‌ای که Assmann و همکاران<sup>(۱۷)</sup> بر روی استحکام باند سیلرهای AH-plus، iRoot SP و MTA Fillapex انجام دادند، نتایج ضعیف‌تر به دست آمده در گروه MTA Fillapex به چسبندگی ضعیف این ساختارهای Tag-like

ریزشش عملکردی از طریق فاصله بین گوتاپرکا و سیلر، تخلخل‌های موجود در سیلر و یا از طریق فاصله بین سیلر و دنتین رخ می‌دهد.<sup>(۱۱)</sup> بنابراین ریزش سیلرها تاثیر زیادی روی سیلر پرکردگی کانال و موفقیت درمان دارد.

در این مطالعه ریزش دو سیلر جدید MTA Fillapex و iRoot SP بررسی و با AH Plus که یک سیلر رزینی رایج در درمان‌های اندودنتیکس است مقایسه گردید. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، سیلر iRoot SP در بررسی دو هفته‌ای سیلر مشابه با AH-Plus داشت و در بررسی سه ماهه به طور معنی‌داری ریزش کمتری را نشان داد.

Zhang و همکارانش<sup>(۵)</sup> اعلام کردند که سیلر جدید iRoot SP توانایی سیل کردن اپیکالی برابر با سیلر AH-Plus دارد. آنها در مطالعه خود برای بررسی ریزش اپیکالی از دستگاه Fluid Filtration در فواصل زمانی ۲۴ ساعته، ۱، ۴ و ۸ هفته استفاده کردند، که زمان بررسی آنها نسبت به مطالعه ما کوتاه‌تر بود. همچنین مطالعه Wang و همکارانش<sup>(۱۲)</sup> نشان داد که سیلر AH-Plus و سیلر iRoot SP سیل اپیکالی مشابهی دارند. البته تکنیک پرکردن کانال‌ها و روش ارزیابی ریزش در مطالعه آنها با مطالعه ما تفاوت بود.

نتایج خوب به دست آمده به وسیله سیلر AH-plus ممکن است ناشی از این باشد که این سیلر قادر به واکنش نشان دادن با گروه‌های آمینواکسپوز شده کلاژن عاج بوده و می‌تواند با آنها پیوند کووالان برقرار نماید. در ضمن سیلر AH-Plus برخلاف اکثر سیلرهای موجود، انقباض خیلی کمی را هنگام سخت شدن نشان می‌دهد و ثبات ابعادی آن در طولانی مدت، نتایج خیلی خوبی

روش به علت سالم ماندن نمونه‌ها، در صورتی که نتایج حاصل از برخی نمونه‌ها، مشکوک به نظر برسد، امکان بررسی مجدد نمونه‌های خاص وجود دارد. مزیت دیگر آن این است که نتایج حاصل از این روش بسیار دقیق بوده، میزان ریزش حتی در مقیاس بسیار کوچک، قابل اندازه‌گیری است.<sup>(۲۲)</sup>

در این مطالعه، مشابه مطالعات Hirae<sup>(۲۳)</sup> و Vasconcelos<sup>(۲۴)</sup> نمونه‌ها در دوره‌های زمانی ۲ هفته و ۳ ماه از زمان پر کردن کانال مورد بررسی قرار گرفتند. در هر یک از دوره‌های آزمایش، هر نمونه مجموعاً در مدت ۸ دقیقه بررسی شد که این زمان با توجه به مطالعات متعدد Wu<sup>(۱۹-۲۲)</sup> مناسب به نظر می‌رسد. پیشنهاد می‌گردد قبل از توصیه به کاربرد کلینیکی آن سایر خصوصیات این سیلر از جمله احتمال تغییر رنگ تاج دندان و همچنین امکان خارج کردن آن از کانال در صورت نیاز به درمان مجدد در مطالعات بعدی بررسی گردد.

### نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان گفت سیلر iRoot SP تا حدود زیادی قادر به جلوگیری از ریزش برگردگی کانال می‌باشد و از این نظر نسبت به سیلرهای AH-plus و MTA Fillapex برتری نشان می‌دهد.

### تشکر و قدردانی

نتایج این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دانشجویی با شماره ۲۶۱۹ می‌باشد. بدینوسیله نویسندگان مقاله از پشتیبانی مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد تشکر می‌نمایند.

نسبت داده شده است و گفته شده که می‌توانند سیلر کانال را نیز به خطر بیاندازند. به علاوه اجزای رزینی موجود در این سیلر ممکن است بر روی قدرت باندینگ و همچنین خصوصیات سیلر کنندگی آن اثر منفی داشته باشند.

برای اندازه‌گیری میزان ریزش از میان روش‌های مختلف نشت‌سنجی مانند نفوذ رنگ، نفوذ بزاق، نفوذ باکتری، شفاف‌سازی، اسپکتروفتومتری و رادیولیزوتوپ، روش Fluid Filtration انتخاب شد. این روش توسط Derkson در سال ۱۹۸۶ ابداع گردید<sup>(۱۸)</sup> و توسط سایر محققین برای تحقیقات اندودنتیکس تکامل یافت.<sup>(۱۹،۲۰)</sup> برای این مطالعه از دستگاه Fluid filtration موجود در آزمایشگاه مواد دندان‌دانشکده دندانپزشکی مشهد استفاده کردیم که Validity و Reliability آن تایید شده است.<sup>(۲۱)</sup> علت انتخاب این روش در این مطالعه، مزایای فراوان آن نسبت به دیگر روش‌های موجود می‌باشد. این تکنیک یک روش کمی بوده که ریزش را به صورت اعداد پیوسته با واحد حجم در زمان مشخص در ازای فشار معین نشان می‌دهد (واحد استاندارد آن  $20 \mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}_2\text{O}$  می‌باشد). به علاوه احتیاج به نشانگر خاص ندارد در نتیجه مشکلات مربوط به نشانگرها مانند سایز و pH ماده مورد استفاده در مورد آن مطرح نمی‌باشد. در این روش می‌توان از آب مقطر یا نرمال سالین استفاده کرد که در عین خنثی بودن، تا حد زیادی شرایط موجود در بافت‌های بدن انسان را نیز شبیه‌سازی می‌کند. در این روش نمونه‌ها در جریان آزمایش تخریب نمی‌شوند و می‌توان ریزش آنها را پس از دوره‌های زمانی مشخص مجدداً اندازه‌گیری نمود. همچنین در این

### منابع

1. Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997; 30(5): 297-306.

2. Ingle J, Backland L. Endodontics. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: W.B.Saunders Co; 2000. P. 571-2.
3. Allen PS. Hermetic sealing of root canals. Value in successful endodontics. Dent Radiogrphotogr 1964; 37: 85-90.
4. Sagsen B, Ustun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. Int Endod J 2011; 44(12): 1088-91.
5. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009; 107(6): 79-82.
6. Sagsen B, Ustun Y, Pala K, Demirbuga S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. Dent Mater J 2012; 31(4): 528-32.
7. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. J Endod 2010; 36(12): 2000-2.
8. Gomes-Filho JE, Moreira JV, Watanabe S, Lodi CS, Cintra LT, Dezan Junior E, et al. Sealability of MTA and calcium hydroxide containing sealers. J Appl Oral Sci 2012; 20(3): 347-51.
9. Vitti RP, Prati C, Silva EJ, Sinhoreti MA, Zanchi CH, de Souza e Silva MG, et al. Physical properties of MTA Fillapex sealer. J Endod 2013; 39(7): 915-8.
10. Kok D, Da Rosa RA, Barreto MS, Busanello FH, Santini MF, Pereira JR, et al. Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. Microsc Res Tech 2014; 77(6): 467-71.
11. Hovland EJ, Dumsha TC. Leakage evaluation *in vitro* of the root canal sealer cement Sealapex. Int Endod J 1985; 18(3): 179-82.
12. Wang F, Wu JM, Xue M. [Study on apical sealing ability of iRoot SP root canal sealer. Shanghai Kou Qiang Yi Xue 2013; 22(2): 156-9.
13. Yegin Z, Keser G. Evaluation of a new root canal sealer's apical sealing ability. Availabel at: <https://iadr.confex.com/iadr/per12/webprogram/Paper168359.html> .IADR September 13, 2012
14. Sonmez IS, Oba AA, Sonmez D, Almaz ME. *In vitro* evaluation of apical microleakage of a new MTA-based sealer. Eur Arch Paediatr Dent 2012; 13(5): 252-5.
15. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. J Endod 2005; 31(2): 97-100.
16. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. J Endod 2009; 35(5): 731-6.
17. Assmann E, Scarparo RK, Böttcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. J Endod 2012; 38(2): 219-21.
18. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: A new *in vitro* method. J Prosthet Dent 1986; 56(4): 435-40.
19. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. Int Endod J 2000; 33(2): 121-5.
20. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J 1993; 26(4): 203-8.
21. 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.
22. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J 1993; 26(1): 37-43.

23. Hirai VH, da Silva Neto UX, Westphalen VP, Perin CP, Carneiro E, Fariniuk LF. Comparative analysis of leakage in root canal fillings performed with gutta-percha and Resilon cones with AH Plus and Epiphany sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109(2): 131-5.
24. Vasconcelos BC, Bernardes RA, Duarte MA, Bramante CM, Moraes IG. Apical sealing of root canal fillings performed with five different endodontic sealers: Analysis by fluid filtration. *J Appl Oral Sci* 2011; 19(4): 324-8.