

## مقایسه تغییرات ابعادی سیلر NanoZnO با سیلرهای پالپ دنت و AH26

مریم جاویدی<sup>۱</sup>، مینا زارعی<sup>۱</sup>، حسین باقری<sup>۲</sup>، لاله آخوندزاده<sup>۳</sup>، مریم قره چاهی<sup>۴\*</sup>  
<sup>۱</sup> استادیار گروه درمان ریشه، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار مواد دندانی، مرکز تحقیقات مواد دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران  
<sup>۳</sup> دندانپزشک، مشهد، ایران  
<sup>۴</sup> استادیار گروه درمان ریشه، مرکز تحقیقات مواد دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی مشهد  
 تاریخ ارائه مقاله: ۹۸/۴/۳ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۸

### Comparison of Dimensional Changes of NanoZnO with Pulp Dent and AH26

Maryam Javidi<sup>1</sup>, Mina Zarei<sup>1</sup>, Hosein Bagheri<sup>2</sup>, Laleh Akhoundzade<sup>3</sup>, Maryam Gharechahi<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Professor of Endodontics, Dental Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor of Dental Materials, Dental Materials Research Center, Faculty of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

<sup>3</sup> Dentist, Mashhad, Iran.

<sup>4</sup> Assistant Professor of Endodontics, Dental Materials Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Received: 24 June 2019; Accepted: 30 October 2019

**Introduction:** In root canal treatment, the sealing of the root canal system after cleaning and shaping is absolutely necessary. According to the Grossman criteria, dimensional stability is among the requirements for a sealer. The aim of this study was to compare Nano-zinc oxide eugenol sealer with AH26 and Pulp Dent in terms of dimensional stability.

**Materials and Methods:** In this research, for investigating the volume changes in sealers while setting, the three groups of ten sealers, including AH26 (DENTSPLY company made in Switzerland), Pulp Dent (PULP DENT company), and NanoZOE, were placed in a calibrated pipette with the accuracy of 0.001 bent at U-shaped. There was a certain volume of sealer within the set containing water and methylene blue in the incubator at 37°C, and then, the samples were read every 15 min at the first and second hours after mixing, every 20 min during the third hour, as well as after 24 h, a week, and 30 days.

**Results:** In general, AH26 had a minimal level of changes over time. Pulp Dent had little dimensional changes until 90 min, but from 90 min up to a week, Pulp Dent had the highest level of dimensional changes. NanoZOE had the highest level of changes up to 90 min, and then, it had dimensional changes more than AH26 and less than Pulp Dent up to a week. At the end of one month, there was no significant difference between the experimental groups regarding dimensional changes.

**Conclusion:** After one month, the least and highest levels of dimensional changes were reported for AH26 and Pulp Dent. However, generally, the differences between the experimental sealers were not significant.

**Key words:** Nanotechnology, Dimensional Changes, Sealer

**Corresponding Author:** gharechahim@mums.ac.ir

*J Mash Dent Sch 2019; 43(4): 331-43.*

### چکیده

**مقدمه:** در درمان ریشه، سیل کردن سیستم کانال ریشه پس از مرحله پاکسازی و شکل دهی، ضروری و واجب است. با توجه به معیارهای Grossman ثبات ابعادی از جمله ملزومات یک سیلر است. هدف این مطالعه، مقایسه سیلر نانو زینک اکساید اوژنول با پالپ دنت و AH26 از نظر ثبات ابعادی بود.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه برای بررسی تغییرات حجم سیلر ضمن ستینگ، سه گروه ده تایی از سیلرهای AH26، پالپ دنت، NanoZOE درون پیپت مدرج با دقت  $\pm 0.01$  که به شکل U خم شده بود، قرار گرفت. حجم معینی از سیلر درون مجموعه حاوی آب و متیلن بلو، درون انکوباتور با دمای ۳۷ درجه قرار گرفت و سپس نمونه ها در ساعت اول و دوم پس از اختلاط، هر ۱۵ دقیقه و در ساعت سوم هر ۲۰ دقیقه و پس از ۲۴ ساعت، یک هفته و ۳۰ روز خوانده شد.

**یافته ها:** به طور کلی سیلر AH26 دارای کمترین تغییرات در طول زمان بوده است. سیلر پالپ دنت، تا زمان ۹۰ دقیقه تغییرات ابعادی کمی داشته، اما از زمان ۹۰ دقیقه تا یک هفته بیشترین تغییرات ابعادی را داشته است. سیلر نانو تا زمان ۹۰ دقیقه بیشترین تغییرات را داشت و سپس تا زمان یک هفته، دارای تغییرات ابعادی بیشتر از سیلر AH26 و کمتر از سیلر پالپ دنت بوده است. پس از زمان یک ماه، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار نبوده است.

**نتیجه گیری:** در پایان زمان یک ماه، تغییرات ابعادی نمونه ها در گروه AH26 کمترین و در گروه پالپ دنت بیشترین مقدار را داشت، اما در کل بین سه سیلر تفاوت معنی داری وجود نداشت.

**کلمات کلیدی:** نانوتکنولوژی، تغییرات ابعادی، سیلر

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۸ دوره ۴۳ / شماره ۴: ۴۳-۳۳۱.

## مقدمه

موفقیت در درمان ریشه دندان وابسته به دبریدمان کامل و پر کردن کانال دندان با مواد دارای خواص ایده ال می باشد. گوتاپرکا که مناسب ترین ماده پرکننده کانال ریشه می باشد، توانایی اتصال به دیواره های کانال را ندارد و برای پر کردن فضای باقیمانده بین گوتاپرکا و دیواره های کانال از سیلرهای مختلف استفاده می شود.<sup>(۱)</sup> مشخص است که ریزنشست بین مواد پرکننده کانال و دیواره های کانال تأثیر منفی بر درمان ریشه می گذارد. در نتیجه پرکردن کانال ریشه با مواد پرکننده و ایجاد یک سیل اپیکالی به عنوان اهداف درمان ریشه مناسب معرفی می شود.<sup>(۲)</sup> با این هدف سیلرهای جدید با ویژگی های بهتر مانند سیل، حلالیت و ثبات ابعادی مناسب تر به بازار معرفی می شوند.<sup>(۳)</sup>

قدیمی ترین سیلرهایی که در درمان ریشه استفاده می شوند سیلرهای با ترکیب اکسید روی- اوژنول هستند که جهت اهداف اندودانتیک اصلاح شده اند. پودر این نوع سیلرها حاوی اکسید روی است که با مایعی که اکثراً اوژنول می باشد، ترکیب می شود. جزء ارزشمند این نوع سیلرها خود اکسید روی بوده که به عنوان یک ماده آنتی میکروبیال

بسیار مؤثر است؛ هر چند اثر آن ضعیف ولی طولانی مدت می باشد.<sup>(۱)</sup>

نانو تکنولوژی در تهیه گستره وسیعی از مواد دندانپزشکی به کار رفته است. کامپوزیت های ترمیم نوری و سیستم باندینگ آن ها، مواد قالبگیری، سرامیک ها، پوشش ایمپلنت دندان و دهان شویه حاوی فلوراید از گروه این مواد هستند. هدف اصلی در این زمینه، تهیه موادی است که خواص مکانیکی بهتر، مقاومت به سایش کمتر و خواص زیبایی و اپتیکال بهتری داشته باشند.<sup>(۴)</sup> از مزایای دیگر ذرات نانو که در اندودانتیکس مورد توجه می باشد، نفوذ داخل توبول های عاجی، خاصیت آنتی باکتریال و کاهش ریزنشست آن است.<sup>(۵-۶)</sup> استفاده از نانو پارتیکل ها در سیلرهای اندودانتیک محدود به سیلرهای هیدروکسی آپاتیت و رزینی (Nanoseal) می باشد.<sup>(۱۰-۱۲)</sup> مطالعات زیادی در مورد مقایسه سیلرهای مختلف با سیلرهای پایه ZOE انجام شده است اما تا به حال سیلر ZOE که در آن ذرات به صورت پارتیکل های نانو وجود داشته باشند، ساخته نشده است.

اخیراً در بخش درمان ریشه دانشکده دندانپزشکی مشهد، سیلر ZOE جدیدی توسط نانوتکنولوژی (دارای

است. محدودیت اصلی تستهای ثبات ابعادی، این می باشد که به صورت اندازه گیری خطی است، اما Micro-CT امکان بررسی تغییرات ابعادی به صورت سه بعدی را فراهم می کند.<sup>(۳۳)</sup> ثبات ابعادی به عنوان یک لازمه در پیش نویس استاندارد بین الملل DIS در نظر گرفته شده است. از این رو، در این پژوهش تغییرات ابعادی سیلر NanoZOE با سیلر پالپ دنت به عنوان یک سیلر ZOE معمولی و AH26 به عنوان یک سیلر با ویژگی هایی که در حال حاضر به عنوان یک سیلر مطلوب در بازار موجود می باشد، مقایسه شده است.

### مواد و روش ها

در این مطالعه، تغییرات ابعادی سیلر NanoZnO با سیلرهای AH26 و پالپ دنت مقایسه شده است. سه گروه ده تایی از سیلرهای AH26 (Dentsply, Switzerland)، NanoZOE، پالپ دنت (Pulpdent, USA) درون پیست مدرج با دقت ۰/۰۰۱ که به شکل U خم شده بود قرار گرفت. هر نمونه از سیلرها پس از وزن کردن پودر و مایع با ترازو با نسبت وزنی مشخص و با توجه به پروتکل استاندارد برای آن ها، به طور مناسب مخلوط شد.

جهت اندازه گیری حجم اولیه سیلر، چند قطره متیلن بلو به آب مقطر جهت سهولت خواندن نمونه ها اضافه شد. چگالی این مجموعه پس از اندازه گیری ۱ در نظر گرفته شد. ارلن حاوی مایع (آب و متیلن بلو) روی ترازو قرار داده شد و ترازو صفر شد. سیلر ها پس از اختلاط درون سرنگ انسولین قرار گرفت. از مجموعه آب و متیلن بلو که بر روی ترازو قرار داشت تا حجم مشخص درون سرنگ کشیده شد. از تفاضل حجم مایع از مجموع حجم مایع و سیلر، حجم اولیه سیلر محاسبه شد. (با در نظر گرفتن چگالی ۱ برای آب و متیلن بلو، حجم و وزن مایع یکسان در نظر گرفته شد.)

ذرات نانو ZnO با ابعاد ۳۰ نانومتر) با کمک بخش فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد، تهیه شده است. اکسید روی یک نیمه هادی است که استفاده گسترده ای در زمینه هایی مانند فوتوالکترونیک، سنسور، مبدل و علوم زیست پزشکی دارد. این مواد را می توان در مقیاس نانو در انواع اشکال و اندازه ها تهیه کرد. بعلاوه ZnO به عنوان یک فیلر فانکشنال در کامپوزیت های پلیمری استفاده می شود.<sup>(۱۳)</sup> مطالعات نشان داده اند که این سیلر میکرولیکیج پایین تری نسبت به پالپ دنت و AH26 نشان داده و خواص آنتی میکروبیال آن بهتر است.<sup>(۱۴)</sup> از طرفی، سازگاری نسبی این سیلر مناسب و قابل مقایسه با AH26 می باشد.<sup>(۱۵-۱۷)</sup>

ثبات ابعادی به عنوان یک ویژگی برای سیلرهای مورد استفاده در درمان ریشه، از اهمیت بالایی برخوردار است. تغییرات ابعادی سیلر بعد از ست شدن آن باعث خالی شدن فضاهای اشغال شده و یا خارج شدن سیلر از کانال ها می گردد. حباب های ایجاد شده در نتیجه انقباض در کانالهای ریشه ممکن است یک محیط برای رشد و تکثیر باکتری و مکانی برای عبور باکتری ها و محصولاتشان به بافت پری اپیکال فراهم کند و موفقیت درمان ریشه را زیر سؤال ببرد.<sup>(۱۸،۱۹)</sup> تغییرات ابعادی سیستم های سمان می تواند از تعامل مواد شیمیایی یا فرآیندهای فیزیکی در ارتباط با جذب مواد و مکانیسم های داخلی مانند تجزیه و انحلال مواد حاصل شود.<sup>(۲۰،۲۱)</sup> بزرگ ترین و سریع ترین تغییرات ابعادی توسط سیلرهای با بیس ZOE و کمترین تغییرات مربوط به سیلر های سیلیکونی بوده است.

مطالعات مختلف از روش های متفاوتی برای اندازه گیری ثبات ابعادی سیلرها استفاده نموده اند.<sup>(۲۲)</sup> این روش ها بر مبنای اندازه گیری های خطی می باشد. اخیراً از روش Micro-CT برای اندازه گیری ثبات ابعادی، انحلال، و تخلخل سیلرها استفاده شده

سطح معنی داری در آزمون های آماری ۵ درصد، در نظر گرفته شد.

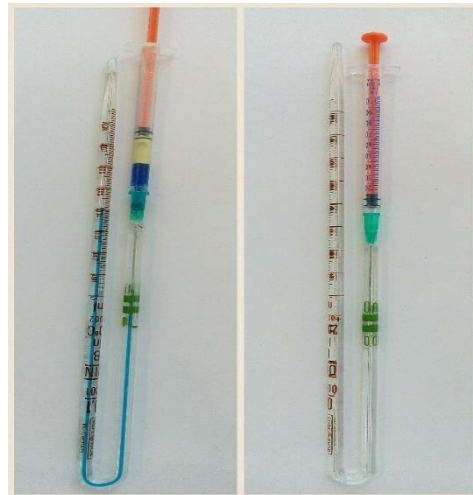
### یافته ها

در این مطالعه آزمایشگاهی، تغییرات ابعادی ۳۰ نمونه برای سه سیلر NanoZno، AH26 و پالپ دنت (برای هر سیلر ۱۰ نمونه) در ۱۵ زمان مختلف اندازه گیری شدند. نتایج حاصل از این تحقیق در قسمت ذیل آورده شده است: نرمال بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک بررسی شد و مشخص گردید که در اغلب گروهها و زمانهای مورد مطالعه توزیع داده ها از توزیع نرمال تبعیت نمی کرد.

در جدول ۱، تغییرات ابعادی مربوط به سیلر پالپ دنت به تفکیک زمانهای مورد مطالعه آورده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد تا زمان ۴۵ دقیقه هیچ گونه تغییر ابعادی مشاهده نشد. تغییر ابعادی از زمان ۶۰ دقیقه شروع شد و در زمان یک هفته به اوج خود رسید و سپس در پایان یک ماه کاهش نسبتاً زیادی داشت. بطور کلی تغییرات ابعادی بین زمانهای مختلف معنی دار بوده است ( $P < 0.001$ ). در مقایسه دو به دو زمانها مشخص گردید که زمان های یک ماه و ۱۸۰ دقیقه از ۵ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۶۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان های یک هفته و ۲۴ ساعت از ۷ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۹۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۶۰ دقیقه و ۱۴۰ دقیقه از ۴ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۴۵ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. بین سایر زمانها بصورت دو به دو تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

سرنگ حاوی نمونه ها بر روی پیپت مدرج قرار گرفت و سیل شد (تصویر ۱).

تصویر ۱: دستگاه اندازه گیری تغییرات حجم سیلر



سر پیپت برای جلوگیری از تبخیر مایع با چسب سیلر و نمونه ها شماره گذاری شد و در انکوباتور با درجه ی حرارت ۳۷ درجه سانتی گراد قرار گرفت. حجم مایع حاوی نمونه ها در ساعت اول و دوم پس از اختلاط هر ۱۵ دقیقه و در ساعت سوم هر ۲۰ دقیقه و سپس پس از یک هفته و پس از ۳۰ روز خوانده شد و اعداد مربوطه در یک جدول EXCEL ثبت شد. درصد تغییر حجم نمونه ها در بازه های زمانی مختلف محاسبه و به عنوان تغییر حجم سیلر در نظر گرفته شد. در تحلیل داده ها از آزمون های شاپیروویلک جهت تعیین نرمال بودن توزیع داده ها، آزمون های آنالیز واریانس یک عاملی و کروسکال والیس جهت مقایسه انواع سیلرها و آزمون فریدمن برای مقایسه هر سیلر در زمانهای مختلف استفاده شد. برای مقایسه دو به دو سیلرها و زمانها از آزمون های تعقیبی دان (Dunn) و توکی استفاده شد.

جدول ۱: میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین مقدار تغییرات ابعادی در سیلر پالپ دنت و مقایسه آن در زمانهای مورد مطالعه

گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین رتبه ای
حجم اولیه دستگاه پس از تنظیم	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۲/۸۵
دقیقه ۱۵	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۲/۸۵
دقیقه ۳۰	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۲/۸۵
دقیقه ۴۵	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۲/۸۵
دقیقه ۶۰	۱۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۱۱/۴۰
دقیقه ۷۵	۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۱۰/۵۵
دقیقه ۹۰	۱۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۹/۳۰
دقیقه ۱۰۵	۱۰	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۸/۲۰
دقیقه ۱۲۰	۱۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۳	۶/۹۵
دقیقه ۱۴۰	۱۰	-۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۶	۵/۸۵
دقیقه ۱۶۰	۱۰	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۹	-۰/۰۰۶	۵/۱۰
دقیقه ۱۸۰	۱۰	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۰۹	۳/۸۵
۲۴ ساعت	۱۰	-۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	-۰/۰۵۶	-۰/۰۱۴	۲/۱۵
یک هفته	۱۰	-۰/۰۳۶	۰/۰۰۹	-۰/۰۵۰	-۰/۰۲۲	۱/۳۰
یک ماه	۱۰	-۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	-۰/۰۵۰	۰/۰۱۳	۳/۹۵
نتیجه آزمون فریدمن						$X^2=127$
$P<0/001$						

در جدول ۲، تغییرات ابعادی مربوط به سیلر AH26 به تفکیک زمانهای مورد مطالعه آورده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد تغییر ابعادی از زمان ۱۵ دقیقه شروع و در زمان یک هفته به اوج خود رسیده است؛ سپس در پایان یک ماه کاهش نسبتاً زیادی داشته است. بطور کلی تغییرات ابعادی بین زمانهای مختلف معنی دار بوده است ( $P<0/001$ ). در مقایسه دو به دو زمانها مشخص گردید که زمان های یک ماه و ۲۴ ساعت از ۸ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۱۰۵ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان یک هفته از ۹ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۱۲۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۸۰ دقیقه از دو زمان ۴۵ و ۶۰ دقیقه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۶۰ دقیقه از زمان ۶۰ دقیقه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. بین سایر زمانها بصورت دو به دو تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

در جدول ۲، تغییرات ابعادی مربوط به سیلر AH26 به تفکیک زمانهای مورد مطالعه آورده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد تغییر ابعادی از زمان ۱۵ دقیقه شروع و در زمان یک هفته به اوج خود رسیده است؛ سپس در پایان یک ماه کاهش نسبتاً زیادی داشته است. بطور کلی تغییرات ابعادی بین زمانهای مختلف معنی دار بوده است ( $P<0/001$ ). در مقایسه دو به دو زمانها مشخص گردید که زمان های یک ماه و ۲۴ ساعت از ۸ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۱۰۵ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان یک هفته از ۹ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۱۲۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۸۰ دقیقه از دو زمان ۴۵ و ۶۰ دقیقه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۶۰ دقیقه از زمان ۶۰ دقیقه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. بین سایر زمانها بصورت دو به دو تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین مقدار تغییرات ابعادی در سیلر AH26 و مقایسه آن در زمانهای مورد مطالعه

گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین رتبه ای
حجم اولیه دستگاه پس از تنظیم	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۹/۹۰
دقیقه ۱۵	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۱۰/۳۰
دقیقه ۳۰	۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۱۰/۷۰
دقیقه ۴۵	۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۱۲/۲۰
دقیقه ۶۰	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۱۲/۷۰
دقیقه ۷۵	۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۱۱/۲۰
دقیقه ۹۰	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۱۰/۶۰
دقیقه ۱۰۵	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۹/۶۵
دقیقه ۱۲۰	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۸/۸۰
دقیقه ۱۴۰	۱۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۷/۷۰
دقیقه ۱۶۰	۱۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۵/۷۰
دقیقه ۱۸۰	۱۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۴/۵۰
۲۴ ساعت	۱۰	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۶	۲/۵۰
یک هفته	۱۰	-۰/۰۲۸	۰/۰۱۱	-۰/۰۴۱	-۰/۰۱۳	۱/۵۰
یک ماه	۱۰	-۰/۰۲۴	۰/۰۱۴	-۰/۰۴۷	-۰/۰۰۹	۲/۰۵
نتیجه آزمون فریدمن						$X^2=117$
$P<0/001$						

دستگاه تا زمان ۹۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است، زمان ۲۴ ساعت از ۶ زمان اولیه (از زمان تنظیم دستگاه تا زمان ۶۰ دقیقه) بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان ۱۸۰ دقیقه از دو زمان تنظیم دستگاه و زمان ۱۵ دقیقه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. بین سایر زمانها بصورت دو به دو تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در زمان تنظیم دستگاه، چون تغییرات ابعادی در هر سه سیلر برابر صفر بود؛ بنابراین مقایسه آن ضرورتی نداشت و از جدول ۴ حذف گردید.

در جدول ۳، تغییرات ابعادی مربوط به سیلر NanoZno به تفکیک زمانهای مورد مطالعه آورده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد تغییر ابعادی از زمان ۱۵ دقیقه و در زمان یک هفته به اوج خود رسیده است و سپس در پایان یک ماه کاهش نسبتاً زیادی داشته است. بطور کلی تغییرات ابعادی بین زمانهای مختلف معنی دار بوده است ( $P<0/001$ ). در مقایسه دو به دو دوی زمانها مشخص گردید که زمان های یک ماه و ۱۶۰ دقیقه و ۱۴۰ دقیقه فقط از زمان تنظیم دستگاه بطور معنی داری تغییرات ابعادی کمتری داشته است. زمان یک هفته از ۷ زمان اولیه (از زمان تنظیم

جدول ۳: میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین مقدار تغییرات ابعادی در سیلر (نانو) NanoZno و مقایسه آن در زمانهای مورد مطالعه

گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین رتبه ای
حجم اولیه دستگاه پس از تنظیم	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۳/۶۵
دقیقه ۱۵	۱۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱۱/۹۵
دقیقه ۳۰	۱۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱۱/۰۰
دقیقه ۴۵	۱۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱۱/۰۰
دقیقه ۶۰	۱۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱۰/۶۰
دقیقه ۷۵	۱۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱۰/۶۰
دقیقه ۹۰	۱۰	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۹/۰۰
دقیقه ۱۰۵	۱۰	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۸/۴۰
دقیقه ۱۲۰	۱۰	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۷/۷۰
دقیقه ۱۴۰	۱۰	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۳	۶/۴۰
دقیقه ۱۶۰	۱۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۳	۵/۳۵
دقیقه ۱۸۰	۱۰	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۵	۴/۲۵
۲۴ ساعت	۱۰	-۰/۰۲۳	۰/۰۰۹	-۰/۰۳۶	-۰/۰۰۹	۲/۲۰
یک هفته	۱۰	-۰/۰۳۳	۰/۰۲۰	-۰/۰۶۴	-۰/۰۰۹	۱/۶۰
یک ماه	۱۰	-۰/۰۲۶	۰/۰۴۸	-۰/۱۵۰	۰/۰۱۴	۶/۳۰
$X^2=۱۰۳$ $P<۰/۰۰۱$						نتیجه آزمون فریدمن

جدول ۴: میانگین و انحراف معیار تغییرات ابعادی در سه سیلر و مقایسه آنها به تفکیک زمانهای مورد مطالعه

نتیجه آزمون	سیلر			زمان
	NanoZno	AH26	Pulp Dent	
a $P=۰/۰۰۴$	-۰/۰۰۲±۰/۰۰۲	۰/۰۰۰±۰/۰۰۱	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰	دقیقه ۱۵
a $P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۳±۰/۰۰۳	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰	دقیقه ۳۰
a $P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۳±۰/۰۰۳	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰	دقیقه ۴۵
a $P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱±۰/۰۰۱	دقیقه ۶۰
a $P=۰/۰۰۵$	-۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	۰/۰۰۱±۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳±۰/۰۰۳	دقیقه ۷۵
a $P=۰/۰۰۲$	-۰/۰۰۵±۰/۰۰۳	۰/۰۰۰±۰/۰۰۳	-۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	دقیقه ۹۰
a $P=۰/۰۰۲$	-۰/۰۰۵±۰/۰۰۳	۰/۰۰۰±۰/۰۰۳	-۰/۰۰۶±۰/۰۰۳	دقیقه ۱۰۵
a $P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۵±۰/۰۰۳	۰/۰۰۰±۰/۰۰۳	-۰/۰۰۸±۰/۰۰۳	دقیقه ۱۲۰
a $P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۶±۰/۰۰۳	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	-۰/۰۱۰±۰/۰۰۳	دقیقه ۱۴۰
b $*P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۸±۰/۰۰۴	-۰/۰۰۳±۰/۰۰۳	-۰/۰۱۲±۰/۰۰۴	دقیقه ۱۶۰
b $*P<۰/۰۰۱$	-۰/۰۰۹±۰/۰۰۳	-۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	-۰/۰۱۴±۰/۰۰۳	دقیقه ۱۸۰
b $*P=۰/۰۳۷$	-۰/۰۲۳±۰/۰۰۹	-۰/۰۱۸±۰/۰۰۸	-۰/۰۳۰±۰/۰۱۲	۲۴ ساعت
b $*P=۰/۰۴۳۸$	-۰/۰۳۳±۰/۰۲۰	-۰/۰۲۸±۰/۰۱۱	-۰/۰۳۶±۰/۰۰۹	یک هفته
a $P=۰/۰۵۵۴$	-۰/۰۲۶±۰/۰۰۴۸	-۰/۰۲۴±۰/۰۱۴	-۰/۰۲۳±۰/۰۱۷	یک ماه

a: آزمون کروسکال - والیس

b: نتیجه آزمون آنالیز واریانس یک عاملی

دنت و نانو، میزان تغییرات ابعادی در گروه نانو بطور معنی داری کمتر از گروه پالپ دنت بود.

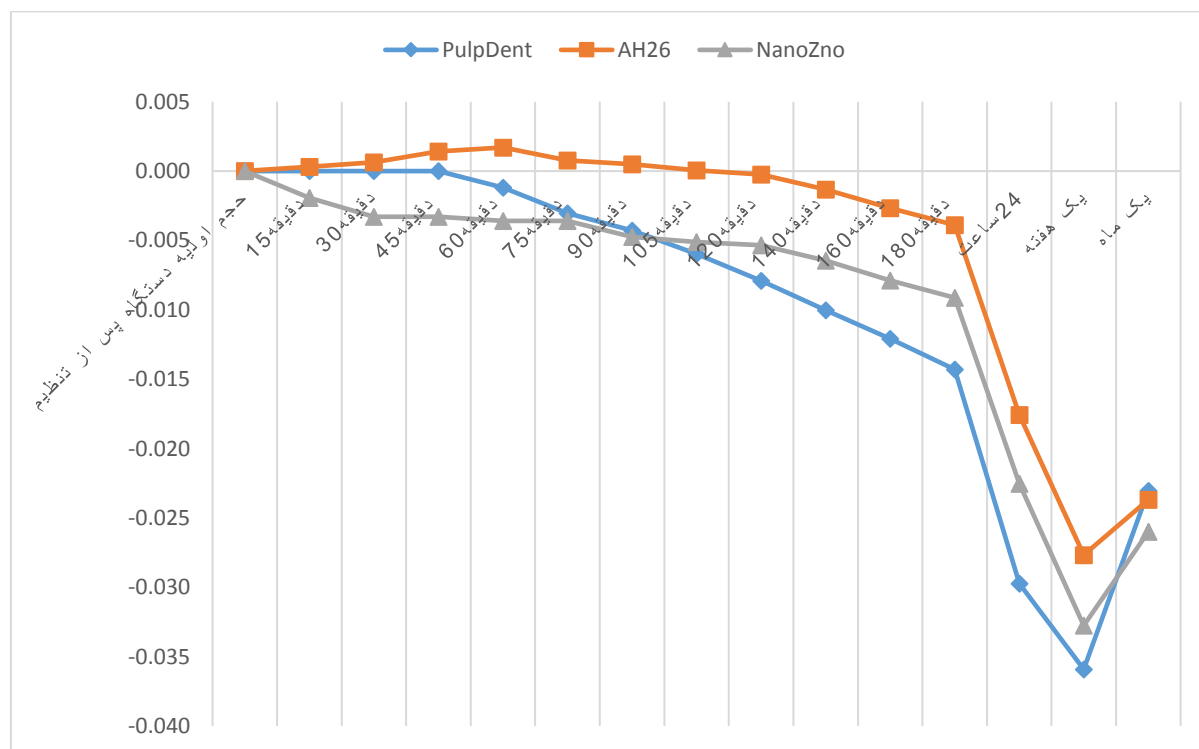
در زمان ۲۴ ساعت، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار بود که در مقایسه دو به دو مشخص گردید میزان تغییرات ابعادی در گروه AH26 بطور معنی داری کمتر از گروه پالپ دنت بود و بین دو گروه پالپ دنت و نانو و همچنین بین دو گروه نانو و AH26 تفاوت معنی داری وجود نداشت.

در زمان یک هفته و یک ماه، تغییرات ابعادی در گروه AH26 کمترین و در گروه پالپ دنت بیشترین مقدار را داشت اما در کل بین سه سیلر، تفاوت معنی داری جود نداشت. نمودار ۱، روند تغییرات ابعادی را به تفکیک سیلرهای مورد مطالعه در طول زمانهای مورد مطالعه نشان می دهد.

در زمان های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار بود که در مقایسه دو به دو مشخص گردید میزان تغییرات ابعادی در گروه نانو بطور معنی داری بیشتر از دو گروه پالپ دنت و AH26 بود و بین دو گروه پالپ دنت و AH26 تفاوت معنی داری وجود نداشت.

در زمان های ۶۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰ و ۱۴۰ دقیقه، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار بود که در مقایسه دو به دو مشخص گردید میزان تغییرات ابعادی در گروه AH26 بطور معنی داری کمتر از دو گروه پالپ دنت و نانو بود و بین دو گروه پالپ دنت و نانو تفاوت معنی داری وجود نداشت.

در زمان های ۱۶۰ و ۱۸۰ دقیقه، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار بود که در مقایسه دو به دو مشخص گردید میزان تغییرات ابعادی در گروه AH26 بطور معنی داری کمتر از دو گروه پالپ دنت و نانو بود و بین دو گروه پالپ



نمودار ۱: روند تغییرات ابعادی در سه سیلر در طول زمانهای مورد مطالعه



یکی از اهداف مهم در استفاده از سیلرها در درمان ریشه، برقراری سیل مناسب اپیکالی می باشد که مانع از رشد مجدد باکتری های باقی مانده در انساج پری اپیکال می گردد.<sup>(۲۵)</sup> از طرف دیگر سیلر، قطعات گوتاپرکا را به هم و به دیواره دندان می چسباند و موجب می گردد که فضاهای باقیمانده میان آن ها پر شود.<sup>(۲۶)</sup>

اخیراً سیلری با پایه زینک اکساید ازنول با استفاده از تکنولوژی نانو در دانشکده دندانپزشکی مشهد (به کمک بخش فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد) ساخته شده است. خواص آنتی میکروبیال، سازگاری نسجی، و سیل کنندگی این سیلر، قابل مقایسه با سیلر AH26 می باشد.<sup>(۱۷-۱۴)</sup> از دیگر خواص عنوان شده برای یک سیلر ایده ال توسط آقای Grossman ثبات ابعادی سیلر است تا بتواند در طول زمان سیل اپیکالی را حفظ نماید. مطالعه حاضر ثبات حجمی سیلر نانو زینک اکساید ازنول را با پالپ دنت (به عنوان یک سیلر ZOE معمولی) و AH26 (به عنوان یک سیلر با ویژگی هایی که در حال حاضر به عنوان یک سیلر دارای خواص مطلوب موجود می باشد) مقایسه نمود.

Kazemi و همکاران<sup>(۲۷)</sup> از یک پیست مدرج که به شکل u خم شده بود برای اندازه گیری تغییرات ابعادی سیلرها استفاده کردند. با این حال برخی مطالعات برای اندازه گیری تغییرات ابعادی، سیلرها را در قالب های تفلون با ابعاد مشخص قرار دادند<sup>(۲۷ و ۲۰)</sup> و از یک مبدل الکتریکی برای اندازه گیری تغییرات ابعادی به صورت خطی استفاده نمودند.<sup>(۲۷ و ۲۰)</sup> در حال حاضر، بهترین و دقیق ترین روش به منظور تعیین تغییرات ابعادی، استفاده از روش Micro-CT می باشد. این روش می تواند امکان اندازه گیری تغییرات ابعادی را به صورت سه بعدی فراهم کند. Silva و همکاران<sup>(۲۸)</sup> نشان

مشاهده می گردد که در سیلر AH26 تغییرات ابعادی تا زمان ۷۵ دقیقه سیر صعودی و در زمانهای ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه بدون تغییر و سپس سیر نزولی داشته است و از زمان یک هفته تا زمان یک ماه دوباره سیر صعودی داشته است که میتواند ناشی از جذب آب سیلر باشد. سیلر پالپ دنت تا زمان ۴۵ دقیقه بدون تغییر و سپس سیر نزولی داشته است و از زمان یک هفته تا زمان یک ماه دوباره سیر صعودی داشته است که می تواند ناشی از جذب آب سیلر باشد. سیلر نانو از همان ابتدا سیر نزولی داشته است و در زمانهای ۶۰ دقیقه تا ۷۵ دقیقه ثابت بوده است و سپس تا زمان یک هفته همچنان سیر نزولی داشته است و از زمان یک هفته تا یک ماه دوباره سیر صعودی داشته است که می تواند ناشی از جذب آب سیلر باشد.

بطور کلی سیلر AH26 دارای کمترین تغییرات در طول زمان بوده است. سیلر پالپ دنت تا زمان ۹۰ دقیقه تغییرات ابعادی کمی داشته است اما از زمان ۹۰ دقیقه تا یک هفته بیشترین تغییرات ابعادی را داشته است. سیلر نانو تا زمان ۹۰ دقیقه بیشترین تغییرات را داشته است و سپس تا زمان یک هفته دارای تغییرات ابعادی بیشتر از سیلر AH26 و کمتر از سیلر پالپ دنت بوده است، اما پس از یک ماه، تغییرات ابعادی بین سه سیلر معنی دار نبوده است.

## بحث

تلاش جهت یافتن سیلری که دارای تمامی خواص ایده ال گزارش شده توسط آقای Grossman باشد؛ دارای اهمیت بوده و همواره ادامه داشته است.<sup>(۲۴)</sup> سیلرهای تجاری زیادی جهت پرکردن کانال ریشه دندان در دسترس می باشند که هر کدام دارای معایب و مزایایی می باشد، اما هیچ کدام همه خواص موجود در یک سیلر ایده ال ذکر شده توسط Grossman را ندارد.

کاهش در حجم سیلر زینک اکساید اوژنول ممکن است به این معنا باشد که درجه تخریب، بیش از جذب آب در طول زمان ستینگ این سیلر است که این امر نتیجه شسته شدن اوژنول بیش از حد و واکنش نکرده، می باشد<sup>(۳۲-۳۴)</sup> و همچنین به عنوان واکنش هیدرولیز زینک اوژنولات سخت شده است، که بخش عمده ای از سیلرهای با پایه ZOE است.<sup>(۳۳)</sup>

در مطالعه Kazemi و همکاران<sup>(۳۷)</sup> تغییر ابعادی در هیچ یک از نمونه ها در ۲ ساعت اول آزمایش ثبت نشده است. در این مطالعه در سیلر پالپ دنت، تغییر ابعادی از زمان ۶۰ دقیقه و در سیلر نانو و AH26 تغییر ابعادی از زمان ۱۵ دقیقه شروع شد. بیشترین و سریع ترین تغییرات مربوط به سیلرهایی با پایه زینک اکساید بوده است. دو سیلر بر پایه ZOE مورد مطالعه در همان ساعت های ابتدایی بعد از مخلوط شدن، دچار انقباض شده بودند. AH26 افزایش حجم اولیه ای داشت که با کاهش حجم همراه بود. اولین کاهش حجم AH26 در ۳۰ روز ابتدایی آزمون مشاهده شد.<sup>(۳۷)</sup>

در مطالعه Ørstavik و همکاران<sup>(۳۰)</sup> سیلرهای بر پایه ZOE در کل انقباض نشان داده بودند. در حالی که Proco-Sol انبساطی نشان داده بود که در طولانی مدت افزایش می یافت. مواد بر پایه اپوکسی، AH26 و AH26 بدون نقره، انبساط اولیه زیاد (۵-۴ درصد) به نمایش گذاشته بودند.

در مطالعه de Siqueira Zuolo و همکارانش<sup>(۳۵)</sup> که ویژگی های سیلرهای با پایه اپوکسی رزین را بررسی کردند نیز، انبساط در سیلر AH26 مشاهده شده است. تغییر ابعادی در این مطالعه، به دلیل جذب آب توسط رزین پس از پلیمریزاسیون آن نسبت داده شده است.

در این پژوهش در سیلر AH26، تغییرات ابعادی تا زمان ۷۵ دقیقه سیر صعودی و در زمانهای ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه بدون

دادند علی رغم اینکه حلالیت سیلر MTA Fillapex و AH Plus توسط روش Micro-CT مشابه هم بودند. MTA Fillapex دارای تغییرات ابعادی چشمگیری بود. Borgers<sup>(۳۲)</sup> و Torres<sup>(۳۳)</sup> نیز در مطالعات خود برای ارزیابی ثبات ابعادی سیلرها و سمان های اندودانتیک از روش Micro-CT استفاده نمودند.

از آنجا که در حال حاضر در ایران امکان استفاده از روش Micro-CT وجود ندارد، در مطالعه حاضر جهت بررسی تغییرات حجمی در زمان ستینگ سه گروه از سیلرها از پیست های مدرج که تغییرات حجمی را در بازه های زمانی معین، نشان می دهد، استفاده شد. این روش از این نظر که تغییرات را در تمام ابعاد در نظر می گیرد، می تواند ارزشمند باشد.

در مطالعات گذشته، تغییرات ابعادی مواد آزمون اغلب توسط دیلاتومتر جیوه ای تعیین شده است. برای مواد پرکننده ریشه، جیوه شرایطی مشابه به محیط مرطوب فضای کانال ریشه فراهم نمی کند. علاوه بر این، به دلیل افزایش نگرانی ها در مورد خطرات زیست محیطی استفاده از جیوه، در مطالعات اخیر، از آب به عنوان جایگزین استفاده کرده اند.<sup>(۳۷)</sup> در این مطالعه از آب به عنوان محیط نگهداری سیلر استفاده شده است.

زمان مورد بررسی توسط اکثر مطالعات، ۳۰ روز پس از ستینگ ماده بوده است.<sup>(۳۱-۳۸)</sup> زیرا برای اکثر مواد، بیشترین تغییرات در چهار هفته اول اتفاق افتاده است.<sup>(۳۰)</sup> با توجه به اینکه ابعاد سیلر در طول زمان تغییر کرده و تغییر ابعادی قابل توجه و کاهش حجم ادامه دار می تواند در برخی سیلرهای اندو، رخ دهد،<sup>(۳۷)</sup> نمونه ها در این پژوهش تا مدت ۳۰ روز بررسی شد.

به طور کلی مواد با پایه اپوکسی رزین مانند AH26 مقداری انبساط اولیه نشان می دهند.<sup>(۳۶)</sup> در دوره مشاهده چند ماهه، مقداری تجزیه در AH26 مشاهده شده است.<sup>(۳۲)</sup>

حجم می شوند که با گذشت زمان کاهش می یابد و حتی می تواند ادامه دار باشد.

### نتیجه گیری

بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه می توان عنوان نمود که در پایان زمان یک ماه تغییرات ابعادی در گروه AH26 کمترین و در گروه پالپ دنت بیشترین مقدار را داشت اما در کل، بین سه سیلر تفاوت معنی داری وجود نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه و مطالعات قبلی و تأیید خواص فیزیکی و بیوشیمیایی سیلر نانوزینک اکساید اوژنول می توان این سیلر را به عنوان یک ماده کاربردی در حیطه بالینی پیشنهاد کرد. بهتر است مطالعات انسانی به منظور ارزیابی بیشتر این سیلر انجام شود.

### تشکر و قدردانی

با تشکر از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد که طرح این مقاله را به تصویب رساندند. این مقاله برگرفته از پایان نامه عمومی خانم لاله آخوندزاده به شماره ۲۷۸۴ استخراج شده است.

تغییر و سپس سیر نزولی داشته است و از زمان یک هفته تا زمان یک ماه دوباره سیر صعودی داشته است که می تواند ناشی از جذب آب توسط سیلر باشد.

در مطالعه حاضر سیلر AH26 دارای کمترین تغییرات در طول زمان بوده است. سیلر پالپ دنت تا زمان ۹۰ دقیقه تغییرات ابعادی کمی داشته است اما از زمان ۹۰ دقیقه تا یک هفته، بیشترین تغییرات ابعادی را داشته است. سیلر نانو تا زمان ۹۰ دقیقه بیشترین تغییرات را داشته است و سپس تا زمان یک هفته تغییرات ابعادی بیشتر از سیلر AH26 و کمتر از سیلر پالپ دنت داشته است. اما در زمان یک ماه، بیشترین تغییرات ابعادی را داشته است. در این مطالعه در مدت بررسی سیلرها در پایان یک ماه، تغییرات ابعادی در گروه AH26 کمترین و در گروه پالپ دنت بیشترین مقدار را داشت؛ اما در کل بین سه سیلر تفاوت معنی داری وجود نداشت.

در این بررسی تأثیر زمان بر نتایج به دست آمده مؤید این مطلب است که مواد پس از ستینگ، دچار تغییرات

### منابع

1. Lone MM, Khan FR, Lone MA. Evaluation of microleakage in single-rooted teeth obturated with thermoplasticized gutta-percha using various endodontic sealers: an in-vitro study. *J Coll Phys Surg Pak* 2018; 28(5):339-43.
2. Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod* 2006; 32(1):66-8.
3. Santos JM, Pereira S, Sequeira DB, Messias AL, Martins JB, Cunha H, et al. Biocompatibility of a bioceramic silicone-based sealer in subcutaneous tissue. *J Oral Sci* 2019; 61(1):171-7.
4. Gomes-Filho JE, Silva FO, Watanabe S, Cintra LT, Tendoro KV, Dalto LG, et al. Tissue reaction to silver nanoparticles dispersion as an alternative irrigating solution. *J Endod* 2010; 36(10):1698-702.
5. Saunders SA. Current practicality of nanotechnology in dentistry. Part 1: focus on nanocomposite restoratives and biomimetics. *Clin Cosmet Investig Dent* 2009; 1:47-61.
6. Zak AK, Majid WA, Darroudi M, Yousefi R. Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles prepared in gelatin media. *Mater Lett* 2011; 65(1):70-3.
7. Mousavi SA, Ghotaslou R, Akbarzadeh A, Azima N, Aefifar A, Khorramdel A. Evaluation of antibacterial and antifungal properties of a tissue conditioner used in complete dentures after incorporation of ZnO-Ag nanoparticles. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2019; 13(1):11-8.
8. Collares FM, Leitune VC, Rostirolla FV, Trommer RM, Bergmann CP, Samuel SM. Nanostructured hydroxyapatite as filler for methacrylate-based root canal sealers. *Int Endod J* 2012; 45(1):63-7.

9. Afkhami F, Akbari S, Chiniforush N. Entrococcus faecalis elimination in root canals using silver nanoparticles, photodynamic therapy, diode laser, or laser-activated nanoparticles: an in vitro study. *J Endod* 2017; 43(2):279-82.
10. Aal-Saraj AB, Ariffin Z, Masudi SM. An agar diffusion study comparing the antimicrobial activity of Nanoseal with some other endodontic sealers. *Aust Endod J* 2012; 38(2):60-3.
11. Collares FM, Leitune VC, Rostirolla FV, Trommer RM, Bergmann CP, Samuel SM. Nanostructured hydroxyapatite as filler for methacrylate-based root canal sealers. *Int Endod J* 2012; 45(1):63-7.
12. Li P, Xiao LY, Li W, Tan H, Liao YM, Yuan ML. Evaluation on cytotoxicity of a new nano-hydroxyapatite as root canal filling sealer. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2005; 23(5):427-30.
13. Aguiar AS, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria G, Leonardo RT, Tanomaru-Filho M. Antimicrobial activity and pH of calcium hydroxide and zinc oxide nanoparticles intracanal medication and association with chlorhexidine. *J Contemp Dent Pract* 2015; 16(8):624-9.
14. Rad MS, Kompany A, Zak AK, Javidi M, Mortazavi S. Microleakage and antibacterial properties of ZnO and ZnO: Ag nanopowders prepared via a sol-gel method for endodontic sealer application. *J Nanopart Res* 2013; 15(9):1925.
15. Omidi S, Javidi M, Zarei M, Mushakhian S, Jafarian A. Subcutaneous connective tissue reaction to a new nano zinc-oxide eugenol sealer in rat model. *Iran Endod J* 2016; 12(1):64-9.
16. Javidi M, Zarei M, Omidi S, Ghorbani A, Gharechahi M, Rad MS. Cytotoxicity of a new nano zinc-oxide eugenol sealer on murine fibroblasts. *Iran Endod J* 2015; 10(4):231-5.
17. Javidi M, Dastmalchi P, Zarei M, Shayani Rad M, Ghorbani A. In vitro cytotoxicity of a new nano root canal sealer on human gingival fibroblasts. *Iran Endod J* 2017; 12(2):220-5.
18. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85(1):86-93.
19. Sundqvist G, Johansson E, Sjögren U. Prevalence of black-pigmented bacteroides species in root canal infections. *J Endod* 1989; 15(1):13-9.
20. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 2001; 17(6):512-9.
21. Versiani MA, Abi Rached-Junior FJ, Kishen A, Pécora JD, Silva-Sousa YT, de Sousa-Neto MD. Zinc oxide nanoparticles enhance physicochemical characteristics of Grossman sealer. *J Endod* 2016; 42(12):1804-10.
22. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J* 2012; 45(5):419-28.
23. Torres FF, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Espir CG, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Solubility, porosity, dimensional and volumetric change of endodontic sealers. *Braz Dent J* 2019; 30(4):368-73.
24. Grossman LI. Pulp reaction to the insertion of self-curing acrylic resin filling materials. *J Am Dent Assoc* 1953; 46(3):265-9.
25. Lothamer CW, Anderson A, Hetzel SJ, Adrian AI, Snyder C, Goldschmidt S, et al. Apical microleakage in root canals obturated with 2 different endodontic sealer systems in canine teeth of dogs. *J Vet Dent* 2017; 34(2):86-91.
26. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003; 36(9):629-35.
27. Kazemi RB, Safavi KE, Spångberg LS. Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993; 76(6):766-71.
28. Silva EJ, Perez R, Valentim RM, Belladonna FG, De-Deus GA, Lima IC; et al. Dissolution; dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *Int Endod J* 2017; 50(4):407-14.
29. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified portland cement based experimental endodontic sealers. *Int Endod J* 2014; 47(5):437-48.
30. Razmi H, Parvizi S, Khorshidian A. Comparison of AH26 physicochemical properties with two AH26/antibiotic combinations. *Iran Endod J* 2010; 5(1):6-10.
31. Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993; 19(12):596-8.
32. von Fraunhofer JA, Branstetter J. The physical properties of four endodontic sealer cements. *J Endod* 1982; 8(3):126-30.

33. Orstavik D. Weight loss of endodontic sealers, cements and pastes in water. *Scand J Dent Res* 1983; 91(4):316-9.
34. Schäfer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J* 2003; 36(10):660-9.
35. de Siqueira Zuolo A, Bérnago Bodelon M, Rached-Junior FJ, Bianchi Leoni G, Djalma Pécora J, de Sousa-Neto MD. Evaluation of the physicochemical properties of an epoxy-resin based root canal sealer with iodoform. *Rev Odonto Ciencia* 2012; 27(4):309-14.