

## بررسی تاثیر مقادیر مختلف نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت بر روی خواص مکانیکی گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین

دکتر مهشید محمدی بصیر\*، دکتر محمد عطایی\*\*، دکتر محمدباقر رضوانی\*، دکتر پریسا گلکار تفت\*\*\*

### چکیده

**سابقه و هدف:** نانوذرات هیدروکسی آپاتیت (nHA) دارای خواص بیولوژیک مطلوبی می‌باشند که با افزودن آنها به مواد ترمیمی می‌توان از این ویژگی‌ها بهره جست. این تحقیق با هدف تعیین تاثیر افزودن مقادیر مختلف nHA (۰٪ (کنترل)، ۱٪، ۲٪، ۵٪، ۷٪ و ۱۰٪ برحسب درصدوزنی) بر روی خواص مکانیکی (استحکام فشاری و استحکام خمشی) یک نوع گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین انجام شد.

**مواد و روشها:** در مطالعه تجربی حاضر تعداد ۲۵۲ نمونه در ۶ گروه شامل گروه کنترل (Fuji II LC improved) و گروه‌های حاوی nHA (۱٪، ۲٪، ۵٪، ۷٪ و ۱۰٪ برحسب درصد وزنی) قرار گرفتند. از این تعداد، ۱۰۸ نمونه برای آزمون استحکام خمشی با استفاده از قالب آلومینیومی دو تکه با ابعاد (۲۵ × ۲ × ۲ میلی‌متر) مطابق استاندارد ISO ۴۰۴۹ تهیه شدند. بدین ترتیب که در هر گروه جمعاً ۱۸ نمونه در ۳ زیرگروه زمانی (۶ نمونه در هر زیرگروه) تهیه شدند. کلیه نمونه‌ها پس از ۸۰ ثانیه تابش نور از قالب خارج شدند. تعداد ۱۴۴ نمونه نیز برای آزمون استحکام فشاری با استفاده از قالب برنجی دو تکه با ابعاد (۴×۶ میلی‌متر) مطابق استاندارد ISO ۹۹۱۷ تهیه شدند بدین ترتیب که در هر گروه جمعاً ۲۴ نمونه در ۳ زیرگروه زمانی (۸ نمونه در هر زیرگروه) تهیه شده، همگی پس از مجموع ۸۰ ثانیه تابش نور از مولد خارج شدند. تمامی نمونه‌ها بلافاصله پس از خروج از قالب در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰٪ در انکوباتور نگهداری و به ترتیب پس از گذشت ۱ روز، ۱ هفته و ۱ ماه توسط دستگاه سنجش خواص مواد (Zwick) با نیروی اولیه ۲ نیوتن و سرعت تیغه دستگاه (۰/۵ mm/min<sup>-1</sup>) تحت آزمون سنجش استحکام خمشی و آزمون سنجش استحکام تراکمی قرار گرفتند. اطلاعات خام بدست آمده توسط آزمون نورمال، one way ANOVA و Tukey HSD (post Hoc) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی ارتباط زمان به تفکیک درصد وزنی با پیامدهای مورد مطالعه از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد و سطح آماری کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار تلقی گردید.

**یافته‌ها:** یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد افزودن ۵٪ وزنی nHA موجب افزایش معنی‌داری در استحکام خمشی پس از ۳۰ روز گردید (۱۷/۴ مگا پاسکال افزایش) (P<۰/۰۵). همچنین هنگامی که درصد وزنی از ۵٪ بیشتر می‌شود، پس از گذشت یک ماه، استحکام خمشی دچار افت معنی‌داری می‌گردد (۲۸/۹ مگاپاسکال کاهش). این تحقیق همچنین نشان داد افزودن ۵٪ وزنی nHA، پس از گذشت ۱ ماه، موجب افزایش معنی‌داری در ضریب الاستیک خمشی گردید (۲/۲ گیگاپاسکال افزایش). افزودن nHA به گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین، موجب افزایش اندکی در استحکام فشاری و ضریب الاستیک فشاری گردید که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (حدود ۱ مگاپاسکال افزایش).

**نتیجه‌گیری:** افزودن nHA به گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین (Fuji II LC improved) نه تنها موجب افت استحکام تراکمی نمی‌گردد بلکه می‌تواند استحکام خمشی را افزایش دهد که این افزایش در درصد وزنی ۵٪، بالاترین میزان را دارد.

**کلید واژگان:** گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین، نانوذرات هیدروکسی آپاتیت، استحکام خمشی، استحکام تراکمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۷/۲۳ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۹۱/۸/۲۲ تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۹۱/۹/۱۴

Please cite this article as follows:

Mohammadi Basir M, Ataei M, Rezvani MB, Golkar Taft P. Effect of incorporation of various amounts of nano-sized Hydroxyapatite on the mechanical properties of a resin modified glass ionomer. J Dent Sch 2013;30(4):216-223.

### مقدمه

توجه است(۱). اما مشکلاتی چون حساسیت تکنیکی بالا و زیبایی کمتر نسبت به کامپوزیت‌ها را نیز به همراه دارد. همچنین به علت پایین بودن استحکام تراکمی و خواص

سمان گلس آیونومر یکی از مهمترین سمان‌های دندان‌دانی است که به علت سازگاری زیستی، باکتریو استاتیک بودن و مکانیزم باند دوتایی (باند یونی و میکرومکانیکی) مورد

\*استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید.

\*\*دانشیار گروه پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران.

\*\*\*نویسنده مسئول: استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

شده از نانوذرات HAP به عنوان فیلری با ویژگی‌های بیولوژیک مطلوب جهت بهبود خواص مکانیکی یک نوع سمان گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین استفاده شود. در این تحقیق نانوذرات با درصدهای وزنی مشخص به فرم ذرات سوزنی شکل (needle) (که تاکنون مورد تحقیق قرار نگرفته‌اند) به پودر گلاس نوری اضافه و تاثیر آن بر مقادیر استحکام تراکمی و استحکام خمشی و ضریب الاستیک سمان حاصل به صورت *in vitro* بررسی گردید. در صورتی که تاثیرات منفی بر روی خواص مکانیکی مشاهده نشود می‌توان افزودن نانوذرات HAP به این سمان را توصیه نمود. هدف از این مطالعه تعیین تاثیر افزودن مقادیر مختلف نانوذرات هیدروکسی آپاتیت بر خواص مکانیکی خمشی و فشاری گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین می‌باشد.

#### مواد و روشها:

در مطالعه تجربی حاضر که بر روی ۲۵۲ نمونه صورت گرفت از نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت (20090627, india) و سمان گلس آیونومر اصلاح شده با رزین (Fuji II LC (hydroxyapatite nano particles, NANO SHELL improved, Gc corporation, tokyo, japan) استفاده شد. نانوذرات HAP، با مقادیر مشخص با ترازوی دیجیتال Mettler Toledo-AB 204 توزین شده، به پودر گلاس اضافه شدند تا درصد وزنی نانوذرات در پودر گلاس در ۶ گروه آزمایشی به مقادیر ۱٪، ۲٪، ۵٪، ۷٪ و ۱۰٪ برسد (۰٪ کنترل فاقد نانو ذرات). مخلوط پودرهای حاصل توسط Mortar & Pestle برای ۲۰ دقیقه مخلوط شد تا توزیع یکنواخت ذرات حاصل گردد. پودرهای حاصل جهت ساخت نمونه‌های سمان حاوی HAP به کار گرفته شدند به این نحو که در هر گروه پودر مورد نظر طبق توزین دستورالعمل سازنده (مایع ۱/ پودر ۳/۲ وزنی) به وسیله اسپاتول پلاستیکی بر روی بلوک شیشه‌ای با مایع مخلوط شد. این اختلاط در دمای اتاق و زمان کمتر از ۲۵ ثانیه انجام گرفته، خمیر حاصل جهت پرکردن قالب‌های مربوط به کار گرفته شد.

بخش اول - ساخت نمونه‌ها جهت اندازه گیری استحکام

#### خمشی

در بخش اول، در هر ۶ گروه (یک گروه کنترل و ۵ گروه

مکانیکی نمی‌تواند در نواحی متحمل تنش‌های اکلوزال به عنوان ماده ترمیمی مورد استفاده قرار گیرد(۲). انواع سمان‌های گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین (RMGIs) به علت کاربرد آسان‌تر، زمان کارکرد طولانی‌تر و خواص مکانیکی برتر (مانند استحکام خمشی و استحکام تراکمی) توام با حفظ مزایای انواع کانونشنال، مورد توجه قرار گرفته‌اند. تاکنون روش‌هایی جهت بهبود خواص استحکامی سمان‌های گلاس آیونومر پیشنهاد شده‌اند مانند افزودن فیلرهای مختلفی چون Silver cermets و پودرهای استتلس استیل که نتایج خوبی را در تحقیقات آزمایشگاهی و انسانی ارائه نکرده‌اند. به همین دلیل امروزه تمرکز اصلی در تحقیقات بر بهبود خواص بیولوژیکی سمان متمرکز شده است که می‌تواند در افراد با ریسک پوسیدگی بالا مورد توجه قرار گیرد. یکی از روش‌های جدید جهت بهبود خواص سمان‌های گلاس آیونومر، افزودن هیدروکسی آپاتیت به پودر گلاس می‌باشد. هیدروکسی آپاتیت (HAP) نوعی فسفات کلسیم است  $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$  که به علت مشابهت به بخش اصلی معدنی مینا و عاج دندان و ویژگی‌هایی چون سازگاری زیستی، bioactivity، حلالیت پایین در محیط مرطوب و عدم سمیت مورد توجه قرار گرفته است (۳-۵). همچنین به علت پتانسیل ایجاد رمینرالیزاسیون در ضایعات پوسیدگی اولیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(۶). نانوذرات HAP به علت اندازه کوچک‌تر و شارژ سطحی بالاتر ذرات، درجه بلورینگی و ثبات کلئیدال بالاتری دارند که به بهبود خواص استحکام بخشی و سهولت کاربری منجر می‌شوند.

Gu و همکاران در سال ۲۰۰۵ ترکیب نانوذرات HAP و اکسید زیرکونیوم با درصدهای مشخص را به پودر گلاس آیونومر کانونشنال اضافه کردند و در درصدهای حجمی ۴٪ و ۱۲٪ استحکام تراکمی و استحکام کششی بالاتری نسبت به سمان اولیه گزارش کردند(۷).

Moshaverinia و همکاران در سال ۲۰۰۸ نانوذرات HAP را به پودر گلاس کانونشنال اضافه کردند. افزودن ۵٪ وزنی از این ماده، استحکام تراکمی، استحکام کششی قطری و استحکام خمشی biaxial بالاتری نسبت به سمان اولیه ایجاد کرد(۸).

با توجه به آنکه به نظر می‌رسد افزودن نانوذرات HAP به گلاس آیونومر، علاوه بر بهبود خواص بیولوژیکی بر خواص مکانیکی نیز تاثیر مطلوب دارد، در این مطالعه سعی

توجه به داده‌های لازم و بر اساس فرمول  $CS = \frac{4P}{\pi d^2}$ ، استحکام تراکمی برای هر نمونه محاسبه شد. (CS= استحکام فشاری، P= حداکثر نیروی در نقطه شکست فشاری و d= قطر نمونه)

#### بخش سوم- محاسبه ضریب الاستیک:

منحنی تنش- کرنش برای ۲۵۲ نمونه با کمک نرم افزار دستگاه ترسیم شد. ضریب الاستیک برای هر مورد، (هم نمونه‌های فشاری و هم نمونه‌های خمشی) بر اساس شیب خطی منحنی حاصل، محاسبه شد.

#### بخش چهارم- بررسی میکروسکوپ الکترونی (SEM):

از هر گروه تست خمشی ۲ نمونه به صورت تصادفی انتخاب شدند (در مجموع ۱۲ نمونه) و پس از انجام تست، جهت بررسی ریزساختار سمان حاصل مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌ها با روش gold coating آماده‌سازی شده، با میکروسکوپ الکترونی SEM (مدل Hitachi S-4160, Tokyo-Japan, 180092, مورد مطالعه قرار گرفتند.

به طور کلی میانگین مقادیر و انحراف معیار استحکام و مقادیر ضریب الاستیک برای هر سنجش محاسبه شد. جهت بررسی توزیع داده‌ها از هیستوگرام با منحنی توزیع نرمال و جهت مقایسه داده‌ها از آزمون دوسویه و تک سویه ANOVA و جهت بررسی گروه‌های مسئول تفاوت از آزمون Tukey post Hoc HSD استفاده گردید.

#### یافته‌ها:

نتایج آنالیزهای آماری (میانگین و انحراف معیار استحکام خمشی، ضریب الاستیک خمشی، استحکام تراکمی و ضریب الاستیک تراکمی) در ۶ گروه مورد بررسی در دو بخش مطالعه در نمودارهای ۱ تا ۴ آمده است. بیشترین میانگین استحکام خمشی برابر مگاپاسکال مربوط به گروه ۵٪ وزنی نانو HAP پس از گذشت یک ماه بود. افزودن ۱٪ و ۲٪ وزنی نانو HAP به سمان گلاس آینومر نور سخت Fuji II LC (im) موجب بهبود معنی‌داری در استحکام خمشی و استحکام فشاری ماده حاصل نگردید (حدود ۱ مگاپاسکال افزایش). افزودن ۵٪ وزنی نانو HAP موجب بهبود معنی‌داری در استحکام خمشی و ضریب الاستیک خمشی گردید ( $P < 0.05$ ) (۱۷/۴) مگاپاسکال افزایش استحکام خمشی و ۲/۲ گیگا پاسکال افزایش ضریب الاستیک خمشی)، اما بر

آزمایشی) خمیر حاصل از اختلاط درون قالب آلومینیومی دو تکه با ابعاد ۲۵×۲×۲ میلی‌متر که مطابق استاندارد ISO ۴۰۴۹ تهیه شده بود، قرارگرفت. پس از قرار دادن لام شیشه‌ای بر روی نمونه و متراکم کردن خمیر جهت جلوگیری از ایجاد حباب، هر یک از سطوح فوقانی و تحتانی نمونه توسط دستگاه Light Emitting Diode (LED) (مدل Demetron LC. SDS Kerr, USA; intensity, 600MmW/cm) به مدت ۸۰ ثانیه تحت تابش نور قرارگرفتند. به این ترتیب که طول قالب ۴ بار و هر بار به مدت ۲۰ ثانیه نور دریافت کرد. نمونه‌ها بلافاصله پس از اتمام تابش از قالب خارج و تا زمان انجام تست داخل انکوباتور و در آب مقطر در دمای ۳۷°C نگاهداری شدند. برای سنجش خواص خمشی تعداد ۱۰۸ نمونه (دوهرگروه، ۱۸ نمونه) ساخته شد که ۶ عدد پس از گذشت ۱ روز، ۶ عدد پس از گذشت یک هفته و ۶ عدد پس از گذشت یک ماه، توسط دستگاه یونیورسال تست ماشین (Z2.5, Zwick, Germany) با نیروی اولیه ۲ نیوتن و سرعت ۱ Mm min<sup>-1</sup> و ۰/۵ مورد سنجش قرارگرفتند. با توجه به داده‌های لازم و

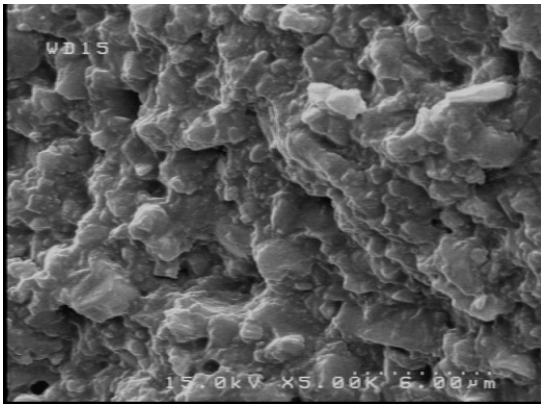
بر اساس فرمول  $\alpha = \frac{3PL}{2dd^2}$ ، استحکام خمشی برای هر نمونه محاسبه شد. (α= استحکام خمشی، P= حداکثر نیرو در نقطه شکست خمشی، L= فاصله تکیه گاه، b= عرض نمونه، d= قطر نمونه)

#### بخش دوم- ساخت نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری استحکام تراکمی

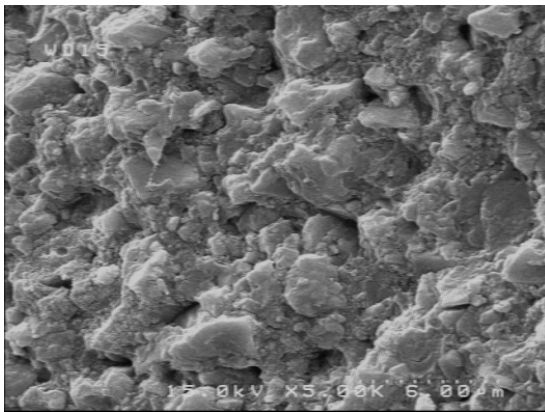
در بخش دوم، در هر ۶ گروه، خمیر حاصل از اختلاط درون قالب برنجی دو تکه با ابعاد ۶×۴ میلی‌متر (استاندارد ISO ۹۹۱۷) قرار داده شد. پس از قراردادن لام شیشه‌ای سطح فوقانی و تحتانی هر نمونه با همان دستگاه LED به مدت ۲۰ ثانیه تحت تابش نور قرارگرفت. نمونه‌های حاصل پس از خروج از قالب نیز از هر سطح طرفی به مدت ۲۰ ثانیه نور دریافت کردند.

نمونه‌ها مطابق روش بخش اول تا زمان انجام تست در انکوباتور نگهداری شدند. برای سنجش خواص تراکمی تعداد ۱۴۴ نمونه (در هر گروه ۲۴ نمونه) ساخته شد که ۸ عدد پس از ۱ روز، ۸ عدد پس از گذشت یک هفته و ۸ عدد پس از گذشت یک ماه توسط دستگاه Zwick Roell که این بار برای تست تراکمی تنظیم شده بود مورد سنجش واقع شدند (نیروی اولیه ۲ نیوتن و سرعت ۰/۵ Mm min<sup>-1</sup>). با

با افزایش درصد وزنی نانو HAP (در گروه‌های ۷٪ و ۱۰٪) افت معنی‌داری در خواص استحکام خمشی ایجاد شد که این کاهش نسبت به گروه ۵٪ معنی‌دار بود (۱۱ مگا پاسکال کاهش) ( $P < 0.05$ ).



شکل ۳ - میکروگراف SEM نمونه گلس آیونومر حاوی ۷٪ وزنی نانو HAP

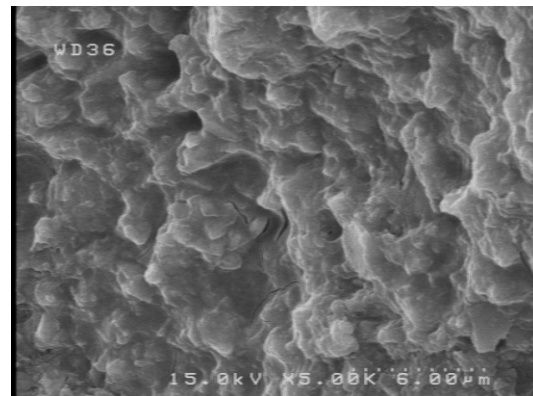


شکل ۴ - میکروگراف SEM نمونه گلس آیونومر حاوی ۱۰٪ وزنی نانو HAP

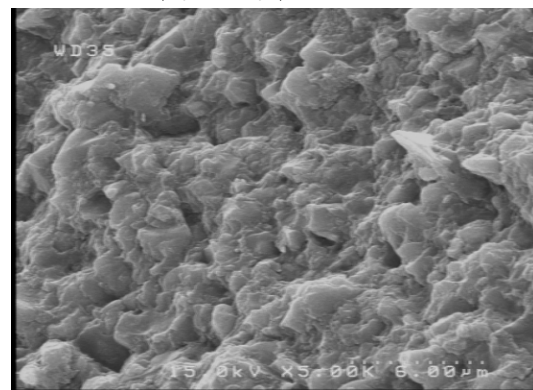
به نظر می‌رسد که علت این کاهش آگلومره شدن نانو ذرات در درصد‌های بالا درون ماتریکس سمان است که به صورت نقاط ضعف عمل می‌کنند. همانگونه که در تصاویر میکروگراف مربوطه مشاهده می‌شود در گروه‌های ۷٪ و ۱۰٪ نانو ذرات آگلومره شده و

روی استحکام فشاری و ضریب الاستیک فشاری ماده حاصل تاثیر معنی‌داری نداشت (حدود ۱ مگاپاسکال افزایش). افزودن ۷٪ و ۱۰٪ وزنی نانو HAP نیز تغییر معنی‌داری در استحکام خمشی و فشاری، همچنین ضرایب الاستیک مربوطه نسبت به گروه کنترل نشان نداد (حدود ۶ مگاپاسکال افزایش) ( $P > 0.05$ ).

نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که در همه گروه‌ها با افزودن نانو HAP، پس از گذشت یک روز تغییر معنی‌داری در خواص استحکامی خمشی و فشاری ایجاد نمی‌شود. اما پس از گذشت یک ماه افزایش معنی‌داری در استحکام و ضریب الاستیک خمشی در گروه ۵٪ وزنی نانو HAP مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) (۱۷/۴ مگاپاسکال افزایش). همانگونه که در میکروگراف میکروسکوپ الکترونیکی مربوطه مشاهده می‌شود تا گروه ۵٪ اختلاط پودر و مایع سمان نسبتاً کامل صورت پذیرفته است و تا گروه ۵٪ با افزایش درصد وزنی نانو ذرات اختلاط مناسب بوده، استحکام افزایش می‌یابد. (اشکال ۱ و ۲).

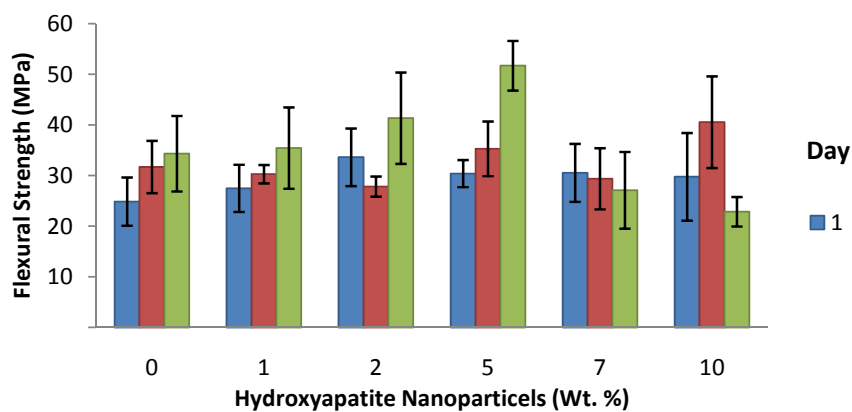


شکل ۱- میکروگراف SEM نمونه گلس آیونومر فاقد نانو HAP (گروه کنترل)

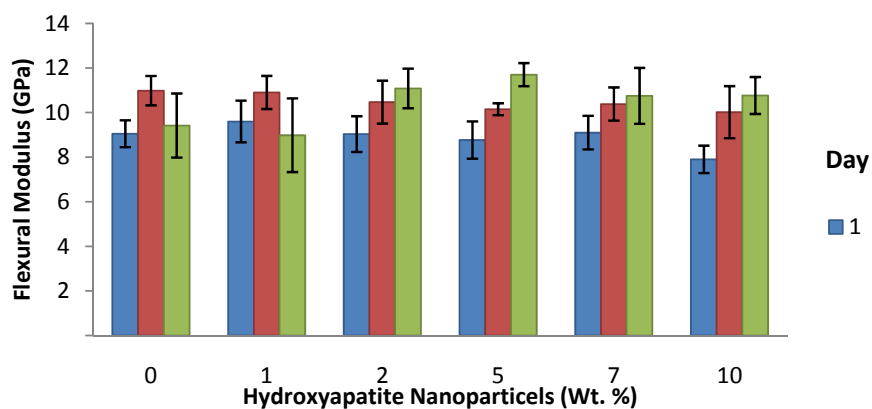


شکل ۲- میکروگراف SEM نمونه گلس آیونومر حاوی ۵٪ وزنی نانو HAP

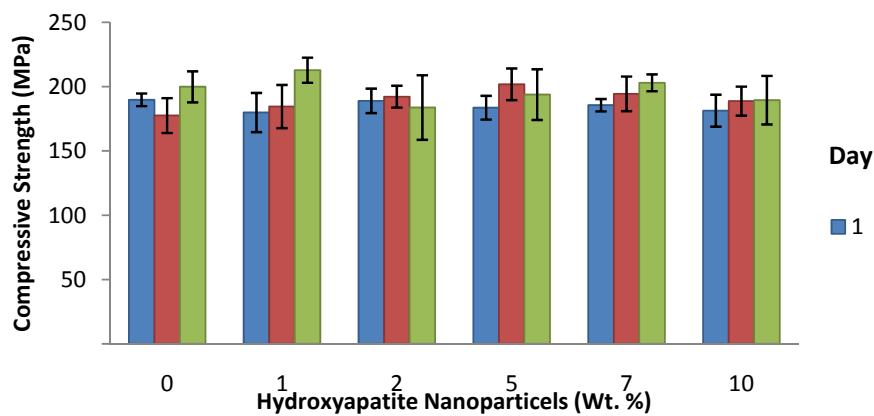
این کلوخه‌ها با پودر سمان واکنش کافی نمی‌دهند. (اشکال ۳ و ۴)



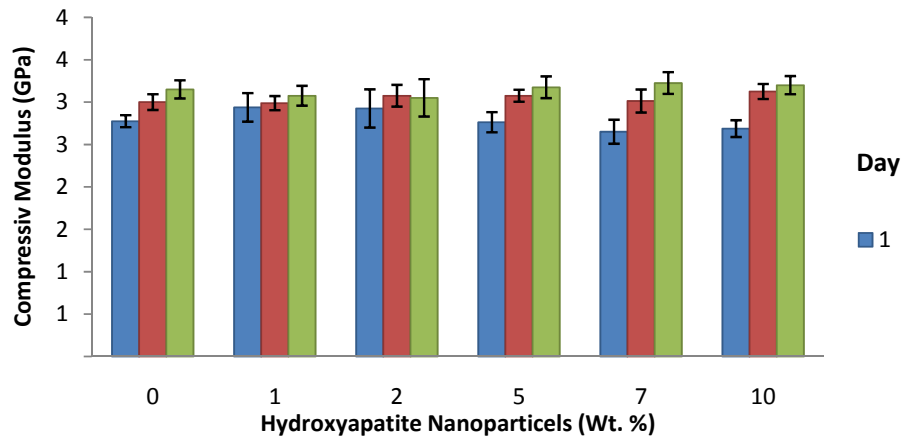
نمودار ۱- میانگین استحکام خمشی (MPa) در ۶ گروه مورد بررسی در سه زمان مختلف (۱ روز و هفته و ماه)



نمودار ۲- میانگین ضریب الاستیک خمشی (GPa) در ۶ گروه مورد بررسی در سه زمان مختلف (۱ روز و هفته و ماه)



نمودار ۳- میانگین استحکام فشاری (MPa) در ۶ گروه مورد بررسی در سه زمان مختلف (۱ روز و هفته و ماه)



نمودار ۴ - میانگین ضریب الاستیک فشاری (GPa) در ۶ گروه مورد بررسی در سه زمان مختلف (۱ روز و هفته و ۱ ماه)

#### بحث:

یکی از ایده‌های نوین جهت افزایش استحکام و خواص مکانیکی سمان‌های گلاس آیونومر، افزودن نانوذرات مختلف به ماتریکس سمان می‌باشد. گلاس آیونومرهای حاوی هیدروکسی آپاتیت نیز مدتی است به حیطة مواد دندان‌ی معرفی شده‌اند. در مطالعه حاضر بجای پودر معمول هیدروکسی آپاتیت از نانوذرات هیدروکسی آپاتیت استفاده شد. نانوذرات به علت درجه بلورینگی و ثبات کلوییدی بالاترشان منجر به بهبود خواص استحکام بخشی و سهولت کاربری می‌شوند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزودن ۵٪ وزنی از نانوذرات فوق به پودر سمان گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین موجب افزایش معنی‌دار استحکام خمشی و ضریب الاستیک خمشی سمان حاصل نسبت به گروه کنترل شد. بدین صورت که استحکام خمشی از ۳۴/۳ مگا پاسکال به ۵۱/۷ مگا پاسکال و ضریب الاستیک خمشی از ۹/۵ گیگا پاسکال به ۱۱/۷ گیگا پاسکال افزایش پیدا کرد.

تاکنون مطالعاتی در زمینه افزودن نانوذرات به سمان گلاس آیونومر کانونشنال صورت پذیرفته‌اند، اما بررسی در خصوص افزودن نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت به گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین، انجام نشده است. گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین به علت دارا بودن ویژگی‌هایی چون خواص مکانیکی برتر و کاربرد آسان‌تر نسبت به انواع کانونشنال، امروزه موارد کاربرد گسترده‌ای در دندانپزشکی ترمیمی و پروتز دارد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی

تاثیر افزودن این نانو ذرات با خواص بیولوژیک بالا به سمان گلس آیونومر اصلاح شده با رزین صورت پذیرفت. در مطالعه حاضر نتایج آزمون خمشی حاکی از افزایش استحکام خمشی با افزایش نسبت درصد وزنی نانو تا ۵٪ می‌باشد. افزون بر این مقدار سبب کاهش استحکام خمشی می‌گردد. Moshaverinia و همکاران (۲۰۰۸) نیز نانوذرات هیدروکسی آپاتیت به پودر گلاس کانونشنال اضافه کرده، نتیجه گرفتند که افزودن ۵٪ وزنی از آن، استحکام فشاری (۱۷۷-۱۷۹ مگا پاسکال) و استحکام خمشی دو محوره بالاتری نسبت به سمان اولیه ایجاد کرد (۲۸-۲۶ مگاپاسکال) (۸). به نظر می‌رسد که این نتایج بیانگر واکنش قوی بین ماتریکس سمان و نانوذرات می‌باشند. انحلال نانوبیوسرامیک‌ها در محلول اسیدی مایع سمان به خروج یون‌های کلسیم از سطح نانوذرات می‌انجامد و با وقوع بیشتر واکنش‌های شبکه‌ای در نهایت استحکام سمان افزایش می‌یابد (۹). در مطالعه حاضر بجای گلاس آیونومر کانونشنال از گلاس آیونومر رزین مدیفای استفاده شد. همچنین در مطالعه حاضر بر خلاف مطالعه Moshaverinia و همکاران (۲۰۰۸) که از نانوذرات گرانولار استفاده شده بود از نانوذرات شرکت نانو شل که طبق نمای شرکت سازنده میله‌ای شکل هستند، استفاده شد (۸). به نظر می‌رسد که هر دو عامل فوق در ایجاد اختلاف عددی مقادیر مطالعه حاضر با مطالعه Moshaverinia و همکاران (۲۰۰۸) دخیل باشند. در مطالعه Gu و همکاران (۲۰۰۵) نیز ترکیب نانوذرات

نسبی کامل است و به نظر می‌رسد پیشروی واکنش اسید-باز در نهایت منجر به افزایش استحکام می‌گردد (۱۵). همچنین در گروه‌های بالاتر از ۵٪ نیز مقاومت سمان همزمان با نگهداری در آب کاهش یافت. با افزایش درصد وزنی، نقایص و حباب‌های بیشتری در ماده مشاهده می‌شود که موجب افزایش جذب آب شده، نقطه ضعفی برای افت خواص محسوب می‌شوند (۵). Santos و همکاران (۲۰۰۲) نیز طی تحقیقی بر روی ویژگی‌های جذب آب کامپوزیت‌های حاوی فیلر هیدروکسی آپاتیت دریافتند که جذب آب بالاتر نمونه‌های حاوی فیلر می‌تواند به دلیل تخلخل‌ها و تجمعات ذرات فیلر در ریز ساختار باشد که این یافته با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱۶).

با توجه به محدودیت‌ها و شرایط حاکم بر این مطالعه به نظر می‌رسد می‌توان حدود ۵٪ وزنی نانو هیدروکسی آپاتیت را به پودر گلاس رزین مدیفای اضافه نمود و همزمان با بهبود خواص بیولوژیک، خواص خمشی را نیز بهبود بخشید. هر چند بررسی سایر خواص فیزیکی و مکانیکی ماده حاصل در مطالعات بعدی توصیه می‌شود.

#### نتیجه‌گیری:

با توجه به محدودیت‌ها و شرایط حاکم بر این مطالعه، افزودن ۵٪ وزنی نانو HAP به سمان گلاس آینومر اصلاح شده با رزین Fuji II LC (improved) موجب بهبود معنی‌دار در استحکام خمشی و ضریب الاستیک خمشی گردید اما بر روی استحکام فشاری و ضریب الاستیک فشاری ماده حاصل، تاثیر معنی‌داری نداشت. بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان ۵٪ وزنی نانو HAP را به گلاس اضافه نمود و همزمان با بهبود خواص بیولوژیک، خواص مکانیکی را نیز بهبود بخشید.

#### تشکر و قدردانی:

نویسندگان بدینوسیله از مرکز تحقیقات دانشکده دندانپزشکی دانشگاه شاهد که بخشی از هزینه‌های مربوط به این پژوهش را تقبل نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایند.

#### References

1. Yoon SI, Lee YK, Kim YU, Kim MC, Kim KN, Kim SO, et al. The effect of hydroxyapatite on bonding strength between dental luting cement and human teeth. *Key Engineering Mat* 2005;284-286:935-956.
2. Mitchell CA, Douglas WH, Cheng YS. Fracture toughness of conventional resin modified glass ionomer and

هیدروکسی آپاتیت و اکسید زیرکونیوم با درصد‌های مشخص به پودر گلاس آینومر کانونشنال اضافه گردید. ایشان در درصد‌های حجمی ۴٪ و ۱۲٪ استحکام تراکمی و کششی بالاتری نسبت به سمان اولیه گزارش کردند (۷). در مطالعه حاضر، گرچه پس از گذشت یک هفته، استحکام تراکمی گروه ۵٪ به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بالاتر بود ولی روند افزایش منطقی و قابل بحث در مورد خواص تراکمی مشاهده نشد. تحقیقات نشان داده‌اند که حتی افزودن ذرات فلزی که نسبت به هیدروکسی آپاتیت سخت‌تر هستند به گلاس آینومر نیز نمی‌تواند موجب افزایش چشمگیری در خواص فشاری شود (۱۰ و ۱۱). به نظر می‌رسد استفاده از نانوذرات اکسید زیرکونیوم به علت استحکام و مدولوس و سختی بالاتر نسبت به هیدروکسی آپاتیت و ذرات گلاس و عدم انحلال این ذرات با افزایش زمان نگهداری در آب، موجب افزایش معنی‌دار در استحکام تراکمی شده است.

در تحقیق حاضر افزودن ۷٪ و ۱۰٪ وزنی از نانوذرات موجب افت استحکام خمشی گردید. به نظر می‌رسد در درصد‌های بالاتر از ۵٪ تجمعات نانوذرات (آگلومرها) درون ماتریکس به صورت نقاط ضعف عمل کرده، در افت خواص موثر هستند. همچنین بدلیل اوپک بودن هیدروکسی آپاتیت در برابر نور به نظر می‌رسد عدم نفوذ کامل نور می‌تواند فرآیند پخت بخش رزینی سمان را متاثر کرده موجب افت استحکام شود (۱۲). نانوذرات در درصد‌های وزنی بالا به صورت فیلر غیرواکنشی عمل کرده، می‌توانند با واکنش اسید-باز نیز تداخل نمایند (۱۳).

در مطالعه Yap و همکاران نیز (۲۰۰۲) با افزودن درصد‌های حجمی مختلف از پودر هیدروکسی آپاتیت به گلاس کانونشنال نتیجه گرفتند که افزایش استحکام تراکمی معنی‌داری حاصل نمی‌شود. حتی در گروه ۲۸٪ یک کاهش ۲۰ مگا پاسکال مشاهده شد که با مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱۴). بررسی تاثیر زمان بر استحکام نشان داد که استحکام سمان به صورت تدریجی از یک روز تا یک‌ماه افزایش می‌یابد و این افزایش استحکام تا گروه ۵٪ وزنی نیز مشاهده شد. اختلاط گلاس و مایع اسیدی هنوز به طور

- composite luting cements. *Dent Mater* 1999;15:7-13.
3. Kalita SJ, Bhardwaj A, Bhatt HA. Nano crystalline calcium phosphate ceramics in biomedical engineering *Materials Science and Engineering* 2007;27:441- 449.
  4. Ferraz MP, Monterio FJ, Manual CM. Hydroxyapatite nano particles: A review of preparation methodologies. *J Applied Biomat Biomech* 2004;2:74- 80.
  5. Sadat-Shojai M. Preparation of hydroxyapatite nanoparticles: comparision between hydrothermal and Solvo-treatment processes and colloidal stability of produced Nanoparticles in a dilute experimental dental adhesive. *J Iran Chem Soc* 2009;6:386-392.
  6. Roveri N, Battistella E, Bianchi CL, Foltran I, Foresti E, Iafisco M, et al. Surface enamel remineralization: Biomimetic Apatite Nanocrystals and Fluoride ions different effects. *J Nanomater* 2009;Article ID 746383
  7. Gu YW, Yap AU, Cheang P, Khor KA. Effects of incorporation of HA/ZrO(2) into glass ionomer cement. (GIC) *Biomaterials* 2005;26:713-720.
  8. Moshaverinia A, Ansari S, Moshaverinia M, Roohpour N, Darr JA, Rehman I. Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements. *Acta Biomater* 2008; 4: 432 – 440.
  9. Suchanek W, Yashima M, Kakahana M, Yoshimura M. Processing and mechanical properties of hydroxyapatite reinforced with hydroxyapatite whiskers. *Biomaterials* 1996; 17:1715-1723.
  10. kilpatrick NM, Murray JJ, McCabe JF. The use of a reinforced glass– ionomer cement for the restoration of primary molars: a clinical trial. *Br Dent J* 1995;179: 175- 179.
  11. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. The comparative strengths of commercial glass-ionomer cements with and without metal additions. *Br Dent J* 1992; 172: 279-282.
  12. Sadat-Shojai M, Atai M, Nodehi A, Khanlar LN. hydroxyapatite nanorods as novel fillers for improving the properties of dental adhesives: Synthesis and application. *Dent Mater* 2010; 26: 471-482.
  13. Nicholson JW. Hawkins SJ, Smith JE. The incorporation of hydroxyapatite into glass-polyalkenoate ("glass-ionomer") cements: a preliminary study. *J Mater sci: Mater Med* 1994; 4: 418-42.
  14. Yap AU, Pek YS, Kumar RA, Cheang P, Khor KA. Experimental studies on a new bioactive material: HA Ionomer cements. *Biomaterials* 2002; 23: 955-962.
  15. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials? properties, limitations and future trends. *Materials* 2010; 3: 76 – 96.
  16. Santos C, Clarke RL, Braden M, Guitian F, Davy KW. Water absorption characteristics of dental composite incorporating hydroxyaptite filler. *Biomaterials* 2002;23: 1897- 1904.