

## بررسی تأثیر افزودن مقادیر مختلف نانو ذرات نقره بر روی خواص مکانیکی گلاس آینومر اصلاح شده با رزین

دکتر رزا حقگو<sup>۱</sup> - دکتر محمد باقر رضوانی<sup>۲</sup> - دکتر سمیه کاملی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهد، تهران، ایران  
 ۲- استادیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهد، تهران، ایران  
 ۳- دستیار تخصصی گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهد، تهران، ایران

### The effect of various amounts of nanosilver incorporation on the mechanical Properties of resin modified Glass-ionomer Cement

Roza Haghgoo<sup>1</sup>, Mohammad Bagher Rezvani<sup>2</sup>, Somayeh Kameli<sup>3</sup>

- 1- Associate Professor, Department of Pediatric, School of Dentistry, Shahed University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
 2- Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, School of Dentistry, Shahed University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
 3<sup>+</sup>- Post-graduate Student, Department of Pediatric, School of Dentistry, Shahed University of Medical Sciences, Tehran, Iran (so.kameli@shahed.ac.ir)

**Background and Aims:** Metal particle in size of nano show that biologic and chemical special characteristic. The purpose of this research is evaluation the effect of various amounts of nanosilver incorporation (20,40,80,120&200 ppm) on the mechanical Properties of resin modified Glass-ionomer Cement.

**Materials and Methods:** Based on ISO 4049 and ISO 9971 for polyalkenoid cements, Specimens (n=90 in each group) for flexural strength and modulus and compressive strength. Specimens in each groups were divided 6 groups with incorporation of various amounts of nanosilver (20,40,80,120&200 ppm) and control(Fuji II LC improved). Then stored in distilled water at 37°C for 1 day and 30 days. flexural strength and modulus and compressive strength of specimens were tested by universal testing machine (Zwick) with crosshead speed of 0/5 mm/min. Result were analyzed using two way ANOVA and Tukey HSD (post HOC).

**Results:** flexural strength and modulus of various amounts of nanosilver incorporation of resin modified Glass-ionomer Cement notSignificantly (P>0/05). Incorporating of 20 ppm compered to control (P=0/01) and.40 compered to control (P=0/02) and.80 ppm compered to control(P=0) compressive strength added and significantly. Incorporation of nanosilver into Fuji II LC added flexural strength and compressive strength after 1 day and 1 month compared to the original cement significantly (P<0/001).

**Conclusion:** Incorporation of 20 to 80 ppm nanosilver into Fuji II LC added mechanical properties compared to the original cement.

**Key Words:** Nano silver, Flexural strength, Compressive strength, Glass ionomer

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2013;26(3):211-7

+ مولف مسوول: نشانی: نشانی: تهران- خیابان انقلاب- خیابان ایالتیا- دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شاهد- گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان  
 تلفن: ۰۹۱۲۵۰۰۶۷۴۶ نشانی الکترونیک: so.kameli@shahed.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** ذرات فلزی در اندازه‌های نانو خصوصیات بیولوژیکی-شیمیایی و فیزیکی ویژه‌ای را نشان می‌دهند. هدف از این مطالعه افزودن مقادیر مختلف نانو ذرات نقره (۰.۰٪ (کنترل)، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm) بر روی خواص مکانیکال (استحکام فشاری و استحکام خمشی) یک نوع گلاس آینومر اصلاح شده با رزین می‌باشد.

**روش بررسی:** مطابق استاندارد ISO 4049 و ISO 9917 تعداد ۹۰ نمونه در هر گروه جهت استحکام خمشی و استحکام فشاری تهیه شد. نمونه‌ها در ۶ گروه شامل گروه کنترل (Fuji II LC improved) و گروه‌های حاوی نانو ذرات نقره (۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm) تهیه شد. سپس نمونه در آب با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۱ روز و ۱ ماه نگهداری شدند، سپس تحت آزمون توسط دستگاه سنجش خواص (Zwick) قرار گرفتند. سرعت تیغه دستگاه ۰/۵mm/min بود. اطلاعات خام به دست آمده توسط آزمون نرمال Tukey post HOC, two way ANOV مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد در استحکام خمشی و ضریب الاستیک خمشی در غلظت‌های مختلف گلاس آینومر حاوی نانو ذرات سیلور اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). استحکام فشاری در غلظت‌های ۲۰ ppm در مقایسه با گروه کنترل ( $P = 0.01$ ) و همچنین ۴۰ ppm با گروه کنترل ( $P = 0.02$ ) و ۸۰ ppm ( $P = 0$ ) با گروه کنترل افزایش پیدا کرده بود که از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. همچنین در بررسی زمان‌های مختلف استحکام فشاری و استحکام خمشی بعد ۱ روز و ۱ ماه در مقایسه با گروه کنترل (زمان صفر) افزایش پیدا کرده بود که از نظر آماری معنی‌دار بود ( $P < 0.001$ ).

**نتیجه‌گیری:** بنابراین می‌توان نتیجه گرفت افزودن ۲۰ تا ۸۰ PPM درصد وزنی نانو ذرات سیلور به سمان گلاس آینومر اصلاح شده با رزین نوع Fuji II Lc، نه تنها موجب افت خواص مکانیکی نشده است بلکه آن را افزایش داده است.

**کلید واژه‌ها:** نانو سیلور، گلاس آینومر اصلاح شده با رزین، استحکام خمشی، استحکام فشاری

وصول: ۹۱/۰۹/۲۳ اصلاح نهایی: ۹۲/۰۵/۱۸ تأیید چاپ: ۹۲/۰۶/۰۱

## مقدمه

(bearing area stress) کمک نمود. روش‌هایی که تاکنون جهت بهبود خواص مکانیکی آن مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله اضافه نمودن ذرات نقره به گلاس آینومر و تهیه cermet، تأثیرچندان مهمی نداشته و در تحقیقات آزمایشگاهی و انسانی نیز نتایج خوبی را ارائه ننموده است (۴).

از آنجاکه استفاده از نانو ذرات در کامپوزیت باعث بهبود خواص مکانیکی آن گشته به نظر می‌رسد استفاده از نانو ذرات در گلاس آینومر به علت سازگاری زیستی، عدم تداخل در واکنش شبکه ای شدن گلاس (که از این نظر inert میباشد، استحکام و اثر تقویت کنندگی و در دسترس بودن مناسب باشد (۵، ۶). همچنین افزودن این نانو ذرات ممکن است در عین حال که تغییری در خواص مفید گلاس آینومر (همچون آزاد سازی فلوراید) ایجاد نکند، باعث بهبود خواص مکانیکی آن نیز گردد (۷).

در مطالعه‌ای مشخص شد که افزودن نانو هیدروکسی آپاتیت به گلاس آینومر خواص مکانیکی این ماده را بهبود می‌بخشد (۸). در مطالعاتی به بررسی خاصیت آنتی‌باکتریال ذرات نقره پرداخته شده است و نتایج نشان داده است این ماده دارای خاصیت آنتی‌باکتریال بر روی استرپتوکوک موتان می‌باشد (۹). اما تاکنون مطالعه‌ای به بررسی تأثیر

گلاس آینومر ماده‌ای است که از سال ۱۹۷۰ وارد دندانپزشکی شده و به عنوان یکی از مواد هم‌رنگ دندان در دندانپزشکی ترمیمی مورد استفاده قرار گرفته است (۱). غیر از توانایی باند شیمیایی به دندان مزایای دیگر این ماده همچون ضریب انبساط حرارتی مشابه دندان، ضریب انتقال حرارتی مشابه دندان، عدم وجود انقباض در زمان پلیمریزاسیون بر خلاف کامپوزیت‌ها سبب شده گلاس آینومر همچنان به عنوان یکی از مواد ترمیمی مهم در دندانپزشکی مطرح باشد (۲، ۳).

گلاس آینومر اصلاح شده با رزین حاوی اجزای اصلی گلاس آینومر هستند که با اضافه کردن مقادیر کمی رزین (اکثرأً HEMA) اصلاح شده‌اند. افزودن رزین به مایع سمان گلاس آینومر باعث افزایش قدرت باندینگ، زیبایی، پرداخت پذیری و بهبود خواص فیزیکی و مقاومت در برابر تماس با رطوبت سمان شده است (۲).

با این وجود، استفاده از این ماده به علت ضعف خواص مکانیکی آن، چندان گسترش نیافته است و کاربرد آن محدود به ترمیم نواحی است که تحت فشار نباشد (non stress bearing area). بنابراین با هر روشی که بتوان به طریقی خواص مکانیکی آن را بهبود بخشید، می‌توان به گسترش کاربرد آن در نواحی تحت فشار

کردیم. سپس استحکام خمشی نمونه‌های موجود در ۳ فاصله زمانی مختلف (شامل بلافاصله پس از مخلوط شدن، ۲۴ ساعت پس از مخلوط شدن، ۱ ماه پس از مخلوط شدن) با استفاده از three point bending test و دستگاه universal testing machine مدل (Germany) Zwick Roell توسط فرمول زیر به دست آمد:

$$\delta = \frac{3PL}{2bd^2} \text{ : فرمول استحکام خمشی}$$

$$\delta = \text{استحکام خمشی} / b = \text{عرض نمونه} / d = \text{قطر نمونه} / p$$

حداکثر نیرو در نقطه خم / L = فاصله بین دو نقطه تکیه گاه

روش اندازه گیری استحکام فشاری

مطابق استاندارد ISO 9917 یک مولد برنجی ۲ تکه با قطر ۴ و ارتفاع ۶ میلی متر انتخاب شد. این تست نیز به همان روش ذکر شده برای تست flexural انجام شد. مدت زمان تابش در این روش ۴۰ ثانیه از هر طرف مولد یعنی جمعاً ۸۰ ثانیه بود. سپس استحکام فشاری نمونه‌های موجود (۵ نمونه در هر گروه) در ۳ فاصله زمانی مختلف (شامل بلافاصله پس از مخلوط شدن، ۲۴ ساعت پس از مخلوط شدن، ۱ ماه پس از مخلوط شدن) با استفاده از دستگاه universal testing machine مدل (Germany) Zwick Roell توسط فرمول زیر به دست آمد:

$$CS = \frac{4P}{\pi d} \text{ : فرمول استحکام فشاری}$$

قطر نمونه استوانه‌ای شکل / d حداکثر نیرو در نقطه شکست فشاری / P استحکام فشاری CS

مطالعه میکروسکوپی الکترونی

از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Hitachi S4160 محصول شرکت ژاپن جهت بررسی توزیع نانو ذرات در نمونه‌ها استفاده شد.

افزودن غلظت های مختلف نانو سیلور بر خواص مکانیکی گلاس آینومر نپرداخته است لذا انجام یک تحقیق علمی بر روی اثر افزودن این مواد کاملاً لازم و منطقی به نظر می‌رسد هدف از این تحقیق بررسی اثر افزودن نانو ذرات نقره بر خواص مکانیکی (compressive strength & Flexural strength) گلاس آینومر بود.

## روش بررسی

ساخت گلاس آینومر مورد آزمایش

درصدهای وزنی مختلف شامل (۰٪ (گروه کنترل)، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۲۰۰ ppm) از نانو ذرات نقره محصول شرکت (nanotech, India) و ذراتی با ابعاد ۳۰-۲۰ nm به صورت جداگانه به پودر گلاس آینومر Fuji II LC ساخت شرکت GC اضافه شد و توسط گوده و هاون دستی mortar&pestle method به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شد تا توزیع یکنواختی از ذرات بدست آید.

روش اندازه گیری استحکام خمشی

مطابق استاندارد ISO 4049 یک مولد فولادی ۲ تکه با ابعاد ۲۵ × ۲ × ۲۵ mm انتخاب شد. پودر گلاس آینومر با درصدهای مختلف نانوذرات با نسبت مشخص پودر/مایع جهت پرکردن کامل و یکباره مولد در زمان کمتر از ۲۵ ثانیه روی بلوک شیشه‌ای مخلوط شد. سمان آزمایشی مخلوط شده روی مولد قرار گرفته و کاملاً به داخل مولد فشرده شد و روی آن با یک لام شیشه‌ای پوشانده شد (۵ نمونه در هر گروه تهیه شد). سپس سمان آزمایشی با استفاده از دستگاه LED مدل (USA, Kerr) Demetron پلیمریزه شد. نوک دستگاه لایت کیور با قطر ۸ میلی متر بگونه‌ای قرار گرفت که تمامی نواحی جمعاً به مدت ۲۰۰ ثانیه تحت تابش قرار گرفت بدین ترتیب که نوک دستگاه لایت کیور را ۵ بار روی سطح قرار دادیم به طوری که ۵ دایره با هم همپوشانی داشته و مطمئن شدیم کل سطح تحت تابش قرار گرفته و هربار ۲۰ ثانیه تابش کردیم. سپس نمونه را برگردانده و پشت آن را نیز به همین ترتیب تحت تابش قرار دادیم. جهت جلوگیری از خشک شدن نمونه‌های آزمایشی آنها را بلافاصله پس از تابش در آب مقطر در انکوباتور (رطوبت ۱۰۰٪ و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد) نگهداری

از نظر آماری معنی‌دار بود (Tukey's test,  $p=0/03$ ). بیشترین میزان استحکام فشاری در غلظت ۲۰ ppm گزارش شد که تفاوت آن با غلظت‌های ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm ( $P=0/008$ ) و ۲۰۰ ppm ( $P=0/007$ ) معنی‌دار بود. پس از ۲۴ ساعت استحکام فشاری در غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ ppm نسبت به گروه کنترل بیشتر و استحکام فشاری در غلظت‌های ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm نسبت به گروه کنترل کمتر بود. با این حال هیچکدام از این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. ( $P>0/05$ , Tukey's test). حداکثر میزان استحکام فشاری پس از ۲۴ ساعت متعلق به غلظت ۴۰ ppm و با اختلاف بسیار کمی پس از آن متعلق به غلظت ۲۰ ppm بود که اختلاف میانگین استحکام فشاری در هر دو با غلظت ۲۰۰ ppm معنی‌دار بود (هر دو،  $P=0/04$ , Tukey's test).

#### اثر غلظت و زمان بر استحکام خمشی

داده‌های حاصل از آزمون استحکام خمشی نشان داد که در تمامی زمان‌های مورد آزمایش افزودن ذرات نانونقره بویژه به میزان ۲۰ ppm موجب افزایش استحکام خمشی شده است، اما آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که این تأثیر معنی‌داری نمی‌باشد ( $P=0/05$ ). همچنین تأثیر متغیر زمان بر استحکام خمشی معنی‌دار بود ( $P=0/02$ ) به طوریکه صرفنظر از غلظت، استحکام خمشی در ۲۴ ساعت نسبت به زمان اولیه ( $P=0/03$ , Tukey's test) و ۳۰ روز ( $P=0/005$ , Tukey's test) بیشتر بوده است.

اطلاعات خام به دست آمده توسط نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون توزیع نرمال (کلموگراف اسمیرنوف) جهت تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد، از آنالیز واریانس دوطرفه و یک طرفه برای بررسی تأثیر متغیرهای غلظت ذرات نانونقره و زمان بر استحکام فشاری و خمشی استفاده شد. در صورت وجود تأثیر معنی‌دار آماری از Tukey Post Hoc test برای پیدا کردن گروه‌های مسوول تفاوت استفاده شد.

#### یافته‌ها

##### اثر غلظت و زمان بر استحکام فشاری

آزمون آنالیز واریانس دوطرفه (2-way Anova) نشان داد که هر دو عامل غلظت ( $P<0/001$ ) و زمان ( $P<0/001$ ) در استحکام فشاری تأثیر معنی‌داری داشته اند. همچنین تأثیر همزمان غلظت و زمان بر میزان استحکام فشاری معنی‌دار بود ( $P=0/03$ ). با توجه به معنی‌دار بودن اثر همزمان غلظت و زمان، آنالیز واریانس یک طرفه به تفکیک برای هر زمان انجام شد. نتایج آزمون نشان داد که متغیر غلظت ذرات نانونقره براستحکام فشاری اولیه ( $P=0/001$ ) و استحکام فشاری پس از ۱ روز ( $P=0/01$ ) تأثیر معنی‌دار دارد، درحالیکه اثر غلظت بر استحکام فشاری پس از ۳۰ روز معنی‌دار نمی‌باشد ( $P=0/58$ ). با افزودن ذرات نقره استحکام فشاری اولیه سمان (روز صفر) با افزودن ۲۰ ppm نانو نقره به میزان مختصری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت ( $p=0/58$ , Tukey's test) ولی با افزایش بیشتر غلظت، استحکام فشاری کاهش پیدا کرد؛ که این کاهش در غلظت ۲۰۰ ppm

جدول ۱- نتایج تست‌های مربوط به استحکام فشاری. در هر ستون مقادیر دارای اندیس مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دارند.

(Tukey's test,  $\alpha=0.05$ )

استحکام فشاری (مگاپاسکال)			
میانگین (انحراف معیار)			
روز ۳۰	۲۴ ساعت	روز صفر	
۷۰/۲۸ (۳/۱۰)	a ۹۳/۷۵ (۲۱/۷۳) a	۸۶/۲۶ (۸/۷۹) a	۰ ppm
۶۵/۱۳ (۱۹/۱۴)	۱۰۶/۰۳ (۱۶/۰۴) b	۹۱/۸۲ (۱۷/۷۳) b	۲۰ ppm
۵۸/۳۹ (۶/۲۷)	۱۰۶/۱۲ (۱۹/۹۳) c	۸۴/۴۳ (۱۸/۰۰) c	۴۰ ppm
۵۶/۹۳ (۱۴/۵۵)	۱۰۰/۸۸ (۹/۵۴)	۶۷/۸۱ (۱۱/۶۸)	۸۰ ppm
۶۲/۹۳ (۷/۴۶)	۶۹/۴۰ (۱۰/۷۸)	۵۵/۹۳ (۶/۶۰) b,c	۱۲۰ ppm
۵۹/۴۹ (۵/۱۷)	۶۵/۹۶ (۱۲/۷۴) a,b,c	۵۰/۴۰ (۸/۳۳) a,b,c	۲۰۰ ppm

جدول ۲- نتایج تست‌های مربوط به استحکام خمشی

استحکام خمشی (مگاپاسکال)			
میانگین (انحراف معیار)			
روز صفر	۲۴ ساعت	۳۰ روز	
۴۵/۷۹ (۱۲/۵۸)	۴۷/۳۴ (۱۰/۷۶)	۳۶/۸۶ (۸/۳۴)	۰ ppm
۵۰/۴۹ (۷/۳۸)	۶۹/۱۰ (۱۴/۰۹)	۵۵/۹۱ (۲۸/۷۹)	۲۰ ppm
۵۸/۱۰ (۲۱/۴۵)	۶۵/۹۳ (۹/۵۴)	۴۹/۱۰ (۱۶/۲۷)	۴۰ ppm
۵۴/۷۱ (۱۵/۷۷)	۶۷/۸۶ (۵/۹۳)	۵۸/۵۲ (۱۵/۳۰)	۸۰ ppm
۵۲/۵۴ (۱۲/۲۲)	۶۰/۱۸ (۱۴/۶۸)	۵۱/۰۷ (۵/۳۹)	۱۲۰ ppm
۴۹/۰۶ (۲۲/۷۷)	۵۴/۷۲ (۴/۵۷)	۴۶/۷۸ (۱۲/۳۰)	۲۰۰ ppm

با این حال با در نظر گرفتن عامل غلظت، متغیر زمان بر میزان استحکام خمشی تأثیر معنی‌داری نداشته است (1-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

بر اساس نتایج مشاهدات میکروسکوپ الکترونی با افزودن ذرات نانو سیلور تا غلظت های ۸۰ ppm توزیع نسبتاً خوبی در پلیمر وجود دارد ولی در غلظت‌های ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm انحلال به خوبی صورت نگرفته است (جدول ۱ و ۲).

## بحث و نتیجه‌گیری

سمان‌های گلاس آینومر اصلاح شده با زرین (Resin modified glass inomer) گروهی از سمان‌های دندانی هستند که به علت قابلیت آزادسازی فلوراید و باند حقیقی شیمیایی و میکرو مکانیکی آن‌ها با ساختمان دندان در بیماران با ضایعات پوسیدگی متعدد و ریسک بالا و نیز جهت ترمیم ضایعات سرویکالی به کار می‌رود. نقش مثبت فلوراید حتی در غلظت های پایین در پیشگیری از پوسیدگی و رمنیرالیزاسیون ضایعات پوسیدگی اولیه به اثبات رسیده است (۱۰).

دانش خواص مکانیکی جهت هدایت صحیح کاربرد مواد دندانی و کارایی دراز مدت آنها ضروری می‌باشد. در تحقیق حاضر تست‌های استحکام خمشی و استحکام فشاری به صورت in-vitro انجام شد. در این تحقیق جهت بررسی استحکام خمشی از تست خمش سه نقطه‌ای استفاده شد اندازه همه نمونه‌ها یکسان بود و نمونه‌ها مطابق با استاندارد ISO 4049 با استفاده از مولدهای دقیق ساخته شده توسط دستگاه تراش کامپیوتری آماده شدند.

تحقیقات متعدد نشان داده که افزودن ذرات فلزی به سمان‌های گلاس آینومر (ceremet) نمی‌تواند موجب افزایش چشمگیری در خواص استحکام فشاری سمان حاصل شود. با این حال پیش از این افزایش استحکام سمان‌ها به واسطه افزودن نانوذرات گزارش شده است. Arcis و همکاران در سال ۲۰۰۲ طی تحقیقی به مخلوط منومرهای نورسخت فاقد فیلر (HEMA+BISGMA) نانوذرات هیدروکسی آپاتیت (HAP) را اضافه کردند. نتایج نشان داد که افزودن ۵۰-۶۰٪ وزنی نانوذرات HAP منجر به افزایش ضریب یانگ و سختی ماده حاصل گردید. اگرچه شباهت کاملی بین این تحقیق و تحقیق حاضر وجود ندارد به نظر میرسد که ممکن است نانوذرات در تحقیق حاضر نیز با مکانیسم مشابهی موجب افزایش معنی‌دار استحکام فشاری شده باشد (۸).

در مورد اعتبار نتایج حاصل از آزمون‌های مکانیکی مختلف به منظور قضاوت در مورد ویژگی‌های مکانیکی سمان‌ها نظرات متفاوت و متناقض وجود دارد. Dowling و همکاران در مطالعه خود پیشنهاد کردند که استحکام فشاری یک آزمایش مناسب استاندارد برای مواد شکننده مثل گلاس آینومر نمی‌باشد زیرا گوناگونی و تنوع زیادی را در نتایج نشان می‌دهد (۱۸). در حالیکه Klererlean و همکاران اظهار داشتند که نتایج تست خمشی بیانگر یکپارچگی مکانیکی ماده نمی‌باشد و در عوض یکپارچگی مکانیکی ماده را می‌توان با استحکام فشاری اندازه گرفت (۱۳). البته یک آزمون به تنهایی ممکن است بیان کننده ویژگی‌های مکانیکی ماده نباشد ولی تفسیر چند آزمون در کنار هم می‌تواند نشان‌دهنده خواص مکانیکی مواد و تأثیر عوامل گوناگون بر آن باشد.

را با گذشت زمان گزارش کردند (۲۰). نتایج فوق این فرضیه را حمایت می‌کند گرچه افزودن بخش رزینی به سمان گلاس آینومر می‌تواند ماده‌ای با استحکام اولیه بالا ایجاد کند، اما استحکام دراز مدت این سمان‌ها وابسته به عوامل متعددی است که می‌توانند بر روی مقاومت نسبت به تجزیه سمان Set شده در محیط مرطوب مؤثر باشد. Williams و همکاران نیز گزارش کرده‌اند که سمان‌های حاوی کوپلیمرهای آکرلیک اسید مانند Fuji II که در این مطالعه به کار گرفته شد پس از ۲۴ ساعت به حداکثر استحکام خود می‌رسند و متعاقباً استحکام فشاری آنها پس از چهار ماه تا ۵۰٪ کاهش می‌یابد که موید یافته‌های مطالعه حاضر است (۲۳).

در مواد شکننده مانند سمان‌های گلاس آینومر و گلاس آینومر اصلاح شده با رزین کیفیت سطح نمونه از نظر پالیش تأثیر زیادی بر میزان استحکام خمشی دارد (۱۱). در این تحقیق نمونه‌ها بعد از اتمام زمان نگهداری در انکوباتور و قبل از انجام تست با کاغذ سمباده سیلیکون کار باید ۶۰۰ گریت در کلیه سطوح در محیط مرطوب پالیش شدند (۱۲). تا تأثیر عامل پالیش سطح به حداقل برسد. در تحقیق حاضر همه نمونه‌های خمشی با روش یکسان و شرایط یکسان set شدند به عبارت دیگر همه نمونه‌ها در دمای اتاق ۲۴ درجه سانتی‌گراد و هر کدام به مدت ۸۰ ثانیه از سطح فوقانی و ۸۰ ثانیه از سطح تحتانی و با یک دستگاه LED مورد تابش نور قرار گرفتند. از نظر نحوه آماده‌سازی نمونه‌ها سعی شد تا با توجه به تأثیر منفی لایه لایه قرار دادن سمان در مولد بر استحکام فشاری سعی شد جهت پرکردن قالب‌ها با سمان گلاس آینومر توزین دقیق صورت پذیرد تا قالب استاندارد تهیه شده در یک مرحله به صورت کامل پر شود. به عبارت دیگر نسبت پودر به مایع مطابق دستورالعمل سازنده که برای پر کردن کامل قالب نیز کافی بود اندازه‌گیری شد و سپس پودر به مقدار مناسب جهت پر نمودن قالب در یک مرحله آماده شد تا نمونه‌ها به صورت یکنواخت تهیه شد.

نانو ذرات نقره در حال حاضر در مواد ترمیمی، سمان‌های رتروفیل اندو و ایمپلنت‌های دندانی استفاده می‌شود. با توجه به تأثیرات آنتی‌باکتریال ذرات نانونقره کاربرد آن در سمان‌های دندانبیژیکی می‌تواند مفید باشد. با این حال تناقض‌ها در مورد سمیت آن در سیستم‌های بیولوژیک و اکولوژیک نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزودن ذرات نقره استحکام فشاری اولیه سمان (روز صفر) با افزودن ۲۰ ppm نانو نقره به میزان مختصری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر غلظت، استحکام فشاری کاهش پیدا کرد؛ که این کاهش در غلظت ۲۰۰ ppm نسبت به گروه کنترل از نظر آماری معنی‌دار بود. همانطور که ذکر شد بیشترین میزان استحکام فشاری اولیه در غلظت ۲۰ ppm گزارش شد که تفاوت آن با غلظت‌های ۱۲۰ و ۲۰۰ ppm معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد در درصد‌های وزنی بالاتر (۲۰۰ ppm و ۱۲۰ ppm) همانطور که در تصاویر SEM نیز مشاهده می‌شود، تجمعات نانو ذرات درون ماتریکس که به صورت نقص موضعی و یا محلی برای تجمع استرس عمل می‌کند در افت استحکام مؤثر هستند.

مطالعه حاضر نشان داد که در تمامی زمان‌های مورد مطالعه افزودن نانونقره بویژه به میزان ۲۰ ppm موجب افزایش استحکام خمشی شده است. البته در هریک از سه زمان مورد مطالعه افزودن غلظت بیش از ۲۰ ppm موجب کاهش تدریجی استحکام خمشی می‌شود. اگرچه این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود ولی در کنار نتایج حاصل از آزمون استحکام فشاری می‌تواند موید این باشد که از نظر ویژگی‌های مکانیکی مورد مطالعه غلظت ۲۰ ppm نتایج مطلوب‌تری را حاصل می‌نماید.

با افزایش غلظت بویژه در درصد‌های وزنی بالاتر از ۸۰ ppm به علت ویژگی‌های نانو ذرات که سایز کوچک‌تر و سطح مؤثر بالاتری را در مقایسه با ذرات گلاس دارند، در نهایت میزان آینومر جهت نگهداری مؤثر مقادیر زیاد نانوسیلور ناکافی است و در نهایت مایع نتوانسته است ذرات گلاس را به خوبی مرطوب کند که مشاهدات میکروسکوپ الکترونی این مطلب را تأیید می‌کند (۱۷). همچنین با افزایش درصد وزنی نانوسیلور ویسکوزیته سمان حاصل افزایش می‌یافت و اختلاط سمان بسیار مشکل بود به نظر می‌رسد این عامل می‌تواند منجر به تهیه نمونه‌هایی غیر هموزن و دارای حباب‌های بیشتر گردد که می‌تواند تفسیری برای نتایج فوق باشد.

Irie و همکاران در سال ۲۰۰۳ طی تحقیقی استحکام خمشی سه نقطه‌ای نمونه‌های گلاس آینومر از نوع Fuji IX و Fuji II و Ketac-molar و Fx-II را بلافاصله پس از اختلاط و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در آب اندازه‌گیری و افزایش استحکام سمان‌ها

را روشن می‌سازد (۲۲).

زیست‌سازگاری سمان گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین پس از افزودن این مقدار نانونقره مورد مطالعه قرار گیرد.

باتوجه به محدودیت‌ها و شرایط حاکم بر این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ۲۰ تا ۸۰ ppm ذرات نانونقره به سمان گلاس آیونومر اصلاح شده با رزین Fuji II تأثیر قابل توجهی بر استحکام این سمان ندارد. با توجه به خواص آنتی باکتریال ذرات نانونقره، چنانچه از لحاظ زیست‌سازگاری معنی وجود نداشته باشد، می‌توان افزودن این میزان نانونقره به این سمان را توصیه کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود

### تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب دانشکده دندانپزشکی شاهد به شماره ۹۰-۴-۵-۴۰۴۵۱ می‌باشد. بدین وسیله از حمایت دانشکده دندانپزشکی شاهد تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع:

- 1- Lohbauer U. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials?—Properties, Limitations and Future Trends. *Materials*. 2009;3(1):76-96.
- 2- Powers JM, Sakguchi RL. "Craig's Restorative Dental Materials", 13<sup>th</sup> ed. US: Mosby Elsevier; 2012:150-60.
- 3- Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. *Sturdevant's Art & Science of operative Dentistry*, 6<sup>th</sup> ed. US: Mosby Elsevier; 2012:280-5.
- 4- Habekost Lde V, Camacho GB, Demarco FF, Powers JM. Tensile bond strength and flexural modulus of resin cements--influence on the fracture resistance of teeth restored with ceramic inlays. *Oper Dent*. 2007;32(5):488-95.
- 5- Gu YW, Yap AU, Cheang P, Khor KA. Effects of incorporation of HA/ZrO<sub>2</sub> into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials*. 2005;26(7):713-20.
- 6- Xu HH, Quinn JB, Giuseppetti AA. Wear and mechanical properties of nano-silica-fused whisker composites. *J Dent Res*. 2004;83(12):930-5.
- 7- Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc*. 2003;134(10):1382-90.
- 8- Arcís RW, López-Macipe A, Toledano M, Osorio E, Rodríguez-Clemente R, Murra J, et al. Mechanical properties of visible light-cured resins reinforced with hydroxyapatite for dental restoration. *Dent Mater*. 2002;18(1):49-57.
- 9- Carrião MS. Nanosilver Application in Dental cements. *ISRN Nanotechnology*; 2012.
- 10- Mickenautsch S, Yengopal V. Demineralization of hard tooth tissue adjacent to resin-modified glass-ionomers and composite resins: a quantitative systematic review. *J Oral Sci* 2010; 52(3): 347-57.
- 11- Mousavinasab SM, Khoroushi M, Keshani F, Hashemi S. Flexural strength and morphological characteristics of resin-modified glass-ionomer containing bioactive glass. *J Contemp Dent Pract*. 2011;12(1):41-6.
- 12- Della Bona A, Mecholsky JJ Jr, Anusavice KJ. Fracture behavior of lithia disilicate- and leucite-based ceramics. *Dent Mater* 2004; 20(10): 956-62.
- 13- Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater* 2004; 20(1): 45-50.
- 14- Ramashanker, Singh RD, Chand P, Jurel SK, Tripathi S. Evaluation of adhesive and compressive strength of glass ionomer cement. *J Indian Prosthodont Soc*. 2011;11(4):210-4.
- 15- Wang L, D'Alpino PH, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci*. 2003;11(3):162-7.
- 16- Anstice HM, Nichoolson JW, Maccabe JF. The effect of study layer specimens for determination of the compressive of glass- ionomer cements. *J Dent Res*. 1992;71(12):1871-4.
- 17- Goenka S, Balu R, Sampath Kumar TS. Effects of nanocrystalline calcium deficient hydroxyapatite incorporation in glass ionomer cements. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2012;7:69-76.
- 18- Dowling AH, Fleming GJ, McGinly EL, Addison O. Improving the standard of the standard for glass ionomers: an alternative the compressive fracture strength test for considerations. *J Dent*. 2012;40(3):189-201.
- 19- Kerby RE, Bleiholder RF. Physical properties of stainless steel and silver reinforced glass ionomer cements. *J Dent Res*. 1991;70(10):1358-61.
- 20- Irie M, Maruo Y, Nishigawa G, Suzuki K, Watts DC. Class I gap-formation in highly-viscous glass-ionomer restorations: delayed vs Immediate polishing. *Oper Dent* 2008;33(2):196-202.
- 21- Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. *Sturdevant's Art & Science of operative dentistry*. 5<sup>th</sup> ed. US. Mosby Elsevier; 2006.
- 22- Garcia Contreras R, Arqueta- figueloa L, Mejia C. Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice. *Int Dent J*. 2011;61(6):297-301.
- 23- Williams JA, Billington RW. Changes in compressive strength of glass ionomer restorative materials with respect to time periods of 24 h to 4 months. *J Oral Rehabil*. 1991;18(2):163-8.