

## بررسی تأثیر افزودن کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بر استحکام باند برشی گلاس آینومر ترمیمی

رضا مسائلی<sup>۱</sup>، مهدی عبداللهی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه زیست مواد دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دندانپزشک، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۹۹/۲/۹ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۳

### Evaluation of the Addition of Chitosan and Nanoparticles of Titanium Dioxide on the Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cement

Reza Masaeli<sup>1</sup>, Mahdi Abdollahi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Dental Biomaterials, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Dentist, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 28 April 2020; Accepted: 13 September 2020

**Introduction:** Increasing adhesion of restorative glass ionomer cement to the tooth surface leads to reduction of recurrent caries and improvement of restoration durability. In present study, effect of Chitosan and nanoparticles of Titanium dioxide on glass ionomer cement adhesion to the tooth surface was investigated.

**Materials and Methods:** On dentinal surface of 56 buccal and lingual surfaces of 28 extracted human third molar, four different kind of glass ionomer cement were bonded: 1. Non-modified galss ionomer cement 2. Chitosan 10% v/v modified glass ionomer cement 3. NanoTiO<sub>2</sub> 3% w/w modified glass ionomer cement 4. Dual modified (Chitosan 10% v/v and Nano TiO<sub>2</sub> 3% w/w) glass ionomer cement. samples were kept in humidity of 100% and temperature of 37°C for 24 hours. Shear bond strength of the glass ionomer cements of four groups were measured by Universal Testing Machine and the results were analyzed using Tukey test and ANOVA. FTIR and XRD tests were conducted to evaluate the chemical structure of the glass ionomer cement of each group.

**Results:** Only shear bond strength results of the group which was simultaneously modified with Chitosan 10% v/v and nanoparticles of Titanium dioxide 3% w/w had shown significant different with the control group (P=0.016). XRD and FTIR tests showed no changes in the chemical structure of the glass ionomer of any modified group in comparison to the control group.

**Conclusion:** Modification of the restorative glass ionomer cement by Chitosan 10% v/v and nanoparticles of Titanium dioxide 3% w/w simultaneously, leads to improvement of the shear bond strength of glass ionomer cement to the tooth structure.

**Key words:** Glass ionomer cement, Shear bond strength, Chitosan, Titanium dioxide

**Corresponding Author:** dr.mahdi.abdollahi@gmail.com

J Mash Dent Sch 2021; 44(4): 397-407 .

#### چکیده

**مقدمه:** افزایش چسبندگی و استحکام باند گلاس آینومر ترمیمی به سطح دندان می تواند موجب کاهش پوسیدگی های ثانویه و افزایش دوام ترمیم شود. در پژوهش حاضر سعی داریم تا تأثیر افزودن کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم را بر استحکام باند و ساختار شیمیایی گلاس آینومر بررسی کنیم.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه آزمایشگاهی، بر روی ۵۶ سطح عاجی باکال و لینگوال ۲۸ دندان مولر سوم کشیده شده انسانی، چهار گروه مختلف گلاس آینومر شامل گلاس آینومر اصلاح نشده، گلاس آینومر اصلاح شده با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی، گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی و گلاس آینومر اصلاح شده به طور همزمان با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و قرارگیری در شرایط رطوبت ۱۰۰ درصد در انکوباتور، استحکام باند برشی آنها اندازه گیری شد. تحلیل نتایج آزمون استحکام باند برشی به وسیله آزمون Tukey و ANOVA صورت پذیرفت. برای بررسی ساختار شیمیایی بر روی نمونه های از گلاس آینومر مربوط به هر یک از گروه های آزمایش، آزمون FTIR و XRD انجام گرفت.

**یافته‌ها:** استحکام باند برشی مربوط به گروه اصلاح شده به صورت همزمان با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی نسبت به گروه گلاس آینومر اصلاح نشده، تفاوت معناداری را نشان داد. ( $P=0/016$ ) این آزمون برای سایر گروه‌ها نسبت به گروه گلاس آینومر اصلاح نشده تفاوت معناداری را نشان نداد. نتایج FTIR و XRD برای تمام گروه‌های اصلاح شده نشان دهنده قرارگیری غالباً فیزیکی مولوکول‌های کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در ترکیب گلاس آینومر بوده و تغییری در ساختار شیمیایی آن ایجاد نشده بود.

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد اصلاح گلاس آینومر به صورت همزمان با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی موجب افزایش قدرت چسبندگی و مقادیر استحکام باند برشی ترمیم‌های گلاس آینومر به سطح دندان می‌شود.

**کلمات کلیدی:** گلاس آینومر، استحکام باند برشی، کیتوسان، دی اکسید تیتانیوم  
مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۹ دوره ۴۴ / شماره ۴: ۴۰۷-۳۹۷.

## مقدمه

هم افزایی (Synergism) تأثیرشان بر روی برخی از خواص مکانیکی و زیستی گلاس آینومر شده و افزایش بیشتر استحکام فشاری، کششی و خاصیت ضد میکروبی را نشان می‌دهد.<sup>(۱۴)</sup>

یکی از ویژگی‌های مکانیکی که در گلاس آینومر ترمیمی باید مورد توجه قرار گیرد، قدرت چسبندگی آن به سطح دندان است. گلاس آینومر با برقراری پیوندهای شیمیایی و بدون نیاز به هیچ‌گونه ماده واسطه‌ای با سطح دندان چسبندگی پیدا می‌کند. هرچند استحکام باند آن به سطح دندان نسبت به ترمیم‌های کامپوزیت رزینی مقادیر کمتری را نشان می‌دهد و لازم است تا برای بهبود ترمیم‌ها با این ماده، استحکام باند آن را به نحوی افزایش داد.<sup>(۱۵)</sup> کیتوسان در برخی مطالعات قدرت چسبندگی گلاس آینومر به دندان را افزایش داده و در برخی دیگر تأثیری بر آن نداشته است.<sup>(۱۲،۱۶)</sup> نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، تداخلی با چسبندگی گلاس آینومر با دندان ایجاد نکرده است.<sup>(۱۱)</sup> در مورد به کارگیری همزمان این دو ماده در ترکیب گلاس آینومر، همانطور که پیش‌تر اشاره شد، برخی از خواص مکانیکی و زیستی گلاس آینومر بهبود پیدا کرده است اما تا زمان انجام پژوهش حاضر، مطالعه‌ای در مورد استحکام باند آن صورت نگرفته است. با توجه به این مسئله، هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر افزودن کیتوسان و

امروزه سمان گلاس آینومر در دندانپزشکی به عنوان سمان چسباننده، ماده کف بندی، لاینر و ماده ترمیمی استفاده می‌شود. این ماده با وجود اینکه دارای خواص ویژه‌ای همچون آزادسازی فلوراید، خاصیت ضد میکروبی و چسبندگی شیمیایی به سطح دندان می‌باشد به علت ویژگی‌های مکانیکی ضعیف تری که نسبت به آمالگام و کامپوزیت‌های رزینی دارد، در زمینه دندانپزشکی ترمیمی کمتر مورد استقبال قرار گرفته است.<sup>(۱)</sup>

در سال‌های اخیر در مطالعات مختلف، به منظور بهبود خواص مکانیکی این ماده ترکیبات مختلفی از جمله فلزات گوناگون<sup>(۲-۴)</sup>، زیرکونیا<sup>(۵)</sup>، نانوذرات مختلف<sup>(۶-۸)</sup>، گلاس زیست فعال<sup>(۹)</sup> و وولاستونیت (Wollastonite)<sup>(۱۰)</sup> به این ماده افزوده شده است. کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم دسته‌ی دیگری از این ترکیبات هستند که به منظور بهبود ویژگی‌های زیستی و مکانیکی گلاس آینومر مورد استفاده قرار گرفته اند.<sup>(۱۱،۱۲)</sup> اصلاح گلاس آینومر با کیتوسان موجب افزایش خاصیت ضد میکروبی، آزادسازی فلوراید، استحکام فشاری و مقاومت به سایش آن می‌شود.<sup>(۱۲،۱۳)</sup> همچنین ترکیب نانوذرات دی اکسید تیتانیوم با پودر گلاس آینومر، استحکام فشاری، خمشی و خاصیت ضد میکروبی آن را بهبود می‌بخشد.<sup>(۷،۱۱)</sup> اصلاح گلاس آینومر به صورت همزمان با این دو ماده باعث

۹۹/۷ درصد فاز آنا تا از و ابعاد کمتر از ۲۵ nm استفاده شد (Tetrachem, Tehran, Iran).

کیتوسان به صورت پودر عرضه می‌شود. برای تهیه مایع گلاس آینومر حاوی کیتوسان ۱۰ درصد حجمی باید ابتدا ۴ میلی‌گرم از پودر کیتوسان (Aprinatd, Tehran, Iran) را به محلول ۰/۱ مولار استیک اسید اضافه کنیم تا حجم آن‌ها به ۲۰ میلی‌لیتر برسد. سپس آن را به مدت ۲۴ ساعت بر روی استیرر با دمای ۳۷ درجه و سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه قرار دادیم تا محلول کیتوسان بدست آید. مقدار ۱ میلی‌لیتر از این محلول با ۹ میلی‌لیتر از مایع گلاس آینومر مخلوط شد تا مایع گلاس آینومر حاوی کیتوسان ۱۰ درصد حجمی بدست آید.

برای انجام پژوهش حاضر، ۲۸ دندان مولر سوم کشیده شده سالم استفاده شد که شامل ۱۴ دندان مولر سوم فک بالا و ۱۴ دندان مولر سوم فک پایین بودند و به دلایل نهفتگی، ارتودنسی یا رفع پری‌کورونیت در فک مقابل کشیده شده بودند. لازم به ذکر است از بیماران جهت استفاده از دندان کشیده شده آن‌ها در پژوهش حاضر رضایت نامه کتبی، کسب شده بود. دندان‌ها حداکثر ۳ ماه قبل از آزمایش کشیده شده بودند و تا یک هفته قبل از انجام آزمایش، داخل آب و در دمای کمتر از ۸ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. یک هفته قبل از انجام آزمون استحکام باند برشی، به منظور ضد عفونی، دندان‌ها در محلول کلرآمین تی ۰/۵ درصد قرار داده شدند.

سطح باکال و لینگوال (پالاتال) دندان‌ها شماره گذاری شد و در چهار گروه به گونه‌ای قرار گرفتند که در هر گروه ۷ دندان مولر سوم بالا و ۷ دندان مولر سوم پایین وجود داشت. در ۷ مورد سطح باکال و در ۷ مورد سطح لینگوال (پالاتال) آن‌ها جهت باند گلاس آینومر مورد استفاده قرار گرفت تا سطوحی که بر روی آن‌ها چسبندگی گلاس آینومر

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر استحکام باند گلاس آینومر بود.

در مطالعات پیشین، کیتوسان با درصدهای حجمی‌ای مانند ۵ درصد، ۱۰ درصد، ۲۵ درصد و ۵۰ درصد در ترکیب مایع گلاس آینومر مورد استفاده قرار گرفته است. اما درصدی که در بیشتر مقالات مورد استفاده قرار گرفته و خواص مکانیکی بالاتری نشان داده است، درصد حجمی ۱۰ درصد می‌باشد.<sup>(۱۸-۱۶و۱۷)</sup> همچنین در مورد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم درصدهای جرمی مانند ۳ درصد، ۵ درصد و ۷ درصد مورد استفاده قرار گرفته که درصد جرمی ۳ درصد بیشتر استفاده شده و خواص مکانیکی بهتری را نشان داده است.<sup>(۱۴و۱۱)</sup> بنابراین در پژوهش حاضر، درصد حجمی ۱۰ درصد برای اصلاح مایع گلاس آینومر با کیتوسان و درصد جرمی ۳ درصد برای اصلاح پودر گلاس آینومر با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم مورد استفاده قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

گلاس آینومر مورد استفاده در مطالعه حاضر، از نوع (GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative, Tokyo, Japan) می‌باشد. برای بررسی تأثیر حضور کیتوسان و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر استحکام باند گلاس آینومر، چهار گروه در نظر گرفته شد. در گروه اول از گلاس آینومر اصلاح نشده، گروه دوم از گلاس آینومر اصلاح شده با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی، گروه سوم گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی و در گروه چهارم گلاس آینومر اصلاح شده به طور همزمان با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی، مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه پودر گلاس آینومر حاوی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم دارای

نمونه داخل آب مقطر قرار داده شد تا سایر دندان‌ها نیز آماده شوند. لازم به ذکر است، برای هر کدام از گروه‌های چهارگانه آزمایش از اسلب شیشه‌ای و اسپاتول محکمه جداگانه استفاده شد.

پس از آماده‌سازی، تمام نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در رطوبت ۱۰۰ درصد در انکوباتور قرار داده شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت نمونه‌ها از دستگاه انکوباتور خارج گردیدند و مولدهای سیلیکونی از اطرف گلاس آینومر جدا شدند. آزمون استحکام باند برشی به وسیله دستگاه Universal Testing Machine مدل STM-۲۰ (Santam Co., Tehran, Iran) با سرعت کراس هد ۰/۵ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد (تصویر ۱). دندان‌ها در جایگاه مخصوص خود در دستگاه قرار گرفته و تحت تنظیمات مذکور، آزمون استحکام باند برشی اجرا شد (تصویر ۲). مقادیر استحکام باند برشی مربوط به نمونه‌های گروه‌های مختلف جمع آوری شد و تحلیل آن‌ها به وسیله آزمون Tukey و ANOVA صورت پذیرفت.



تصویر ۱: شمای کلی دستگاه UTM مورد استفاده

در گروه‌های مختلف مورد آزمون قرار می‌گیرد، تا حد امکان مشابه باشند.

دندان‌ها داخل آکريل سلف‌کیور (Acropars, Tehran, Iran) مانت شده و سپس ۲۴ ساعت داخل آب مقطر قرار داده شدند تا مونومرهای غیرفعال آکريل آزاد شوند و تداخلی با واکنش ست شدن گلاس آینومر در ۲۴ ساعت اول پس از قرارگیری بر روی سطح دندان، نداشته باشند. سپس سطوح باکال و لینگوآل دندان‌ها با فرز الماسه به صورت موازی تراش داده شدند تا سطحی ترین لایه عاج دندان حداقل به اندازه دایره‌ای با قطر ۳ میلی‌متر نمایان شود. به جهت بدست آوردن سطحی صاف برای باند گلاس آینومر، قسمت تراش خورده دندان توسط کاغذ کاربید سیلیکون P۱۲۰ و P۴۰۰ (Deerfos Co, Incheon, South Korea) و در حضور آب کافی پرداخت گردید.

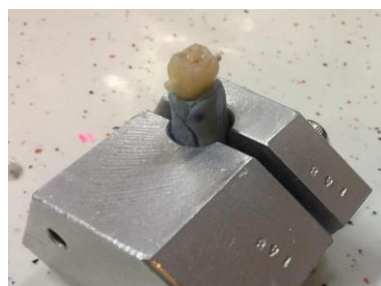
جهت قراردعی و شکل‌دهی گلاس آینومر بر روی سطح دندان، مولدهای سیلیکونی (Optosil, Kulzer GmbH, Hanau, Germany) با حفره‌ای در قسمت میانی به شکل استوانه و با قطر ۲/۴ میلی‌متر و ارتفاع ۳ میلی‌متر تهیه شد. برای مخلوط کردن گلاس آینومر و آماده‌سازی سطح دندان، طبق دستورالعمل کارخانه عمل شد. ابتدا سطح دندان توسط پلی‌آکرلیک ۲۰ درصد (GC Dentin conditioner, GC Corporation, Tokyo, Japan) به مدت ۱۰-۱۵ ثانیه آماده سازی شد. بلافاصله پودر و مایع گلاس آینومر با نسبت‌های مشخص شده از سوی کارخانه بر روی اسلب شیشه‌ای و به وسیله اسپاتول محکمه پلاستیکی به صورت دو مرحله‌ای مخلوط شد تا به قوام مناسب برسد.

سپس مولد سیلیکونی بر روی سطح دندان قرار داده شد و گلاس آینومر داخل حفره‌ی استوانه‌ای شکل آن ریخته شد. بعد از ۱۵ دقیقه که ست شدن اولیه‌ی گلاس آینومر رخ داد،

### یافته ها

مقادیر استحکام باند برشی بدست آمده جمع آوری و میانگین و انحراف معیار تمام گروه‌ها استخراج شد. با استفاده از آزمون One-Sample Kolmogorov-Smirnov تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال تایید شد. بنابراین برای مقایسه استحکام باند برشی از آزمون One-way ANOVA استفاده گردید. برای مقایسه دو به دو گروه‌ها از آزمون Tukey HSD استفاده شد. میزان خطای نوع اول آماری در آزمون برابر ۰/۰۵ بود. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS با ویرایش ۲۵ انجام گرفت.

نتایج آزمون استحکام باند برشی تنها برای گروه گلاس آینومر اصلاح شده به صورت همزمان با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی نسبت به گروه گلاس آینومر اصلاح نشده، اختلاف معناداری را نشان داد ( $P=۰/۰۱۶$ ). گروه اصلاح شده با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی و گروه اصلاح شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی، هر چند میانگین‌های بالاتری نسبت به گروه گلاس آینومر اصلاح نشده نشان دادند، اما از لحاظ آماری اختلاف معناداری نسبت به آن نداشتند. نتایج مربوط به گروه‌های مختلف آزمایش به طور خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین نتایج مربوط به آزمون Tukey HSD جهت مقایسه دو به دو گروه‌های چهارگانه آزمون استحکام باند برشی در جدول ۲ آورده شده است.



تصویر ۲: نمونه آماده و مانت شده

جهت بررسی تغییرات ساختاری و گروه‌های شیمیایی حاضر در ترکیب گلاس آینومر پس از اصلاح با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و کیتوسان و مقایسه آن‌ها با گلاس آینومر معمولی، نمونه‌ای از گلاس آینومرهای هر یک از چهار گروه آزمایش تهیه شد و دو آنالیز FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) و XRD (X-Ray Diffraction) بر روی آن‌ها انجام گرفت. آزمون FTIR، با تابش اشعه مادون قرمز به ماده مورد آزمایش نسبت به مشخصه یابی آن بر اساس گروه‌های عاملی شرکت کننده در ساختار آن عمل می‌نماید. گروه‌های عاملی ماده، انرژی پرتوهای برخوردی را جذب می‌کنند که منجر به ارتعاش، چرخش و تغییر طول پیوندهای ماده می‌شود. اطلاعات دریافتی توسط نرم‌افزار به صورت نمودار نمایش داده می‌شود. در آزمون XRD نیز از پرتو X جهت مشخصه یابی ساختار شیمیایی و پیوندهای موجود استفاده می‌شود و اطلاعات دریافتی در نهایت به صورت نمودار نشان داده می‌شود.

جدول ۱: نتایج آزمون استحکام باند برشی برای گروه‌های چهار گانه مطالعه

گروه	میانگین (MPa)	انحراف معیار	بیشترین مقدار (MPa)	کمترین مقدار (MPa)
GIC*	۴/۶۳	۲/۱۰	۸/۵۶	۱/۹۳
GIC+Ch**	۶/۴۳	۲/۴۹	۱۱/۳۲	۲/۵۵
GIC+TiO <sub>2</sub> ***	۵/۵۲	۲/۱۱	۹/۰۹	۲/۶۲
GIC+Ch+TiO <sub>2</sub>	۷/۵۸	۳/۱۸	۱۳/۶۰	۲/۹۰
نتیجه آنالیز واریانس یک طرفه				F=۳/۵۲۸
				P=۰/۰۲۱

\* گلاس آینومر؛ \*\* کیتوسان؛ \*\*\* نانوذرات دی اکسید تیتانیوم

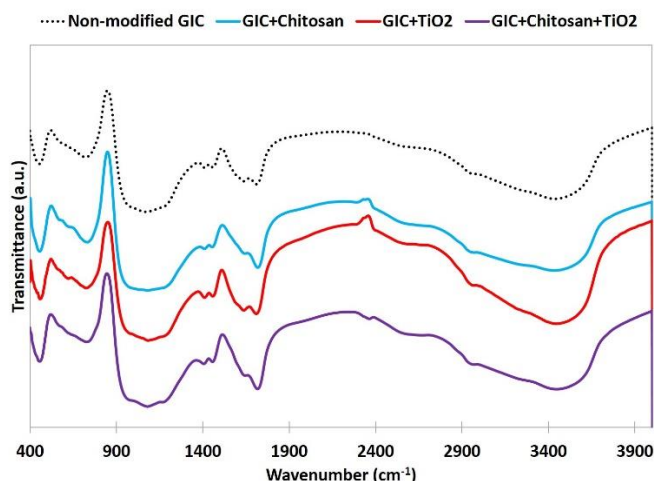
جدول ۲: نتایج مقایسه دو به دو آزمون استحکام باند برشی توسط آزمون آماری Tukey HSD

گروه			گروه
GIC+TiO <sub>2</sub>	GIC+Ch	GIC	
-	-	-	GIC*
-	-	P=۰/۲۴۱	GIC+Ch**
-	P=۰/۷۷۴	P=۰/۷۸۳	GIC+TiO <sub>2</sub> ***
P=۰/۱۴۷	P=۰/۶۲۶	P=۰/۰۱۶	GIC+Ch+TiO <sub>2</sub>

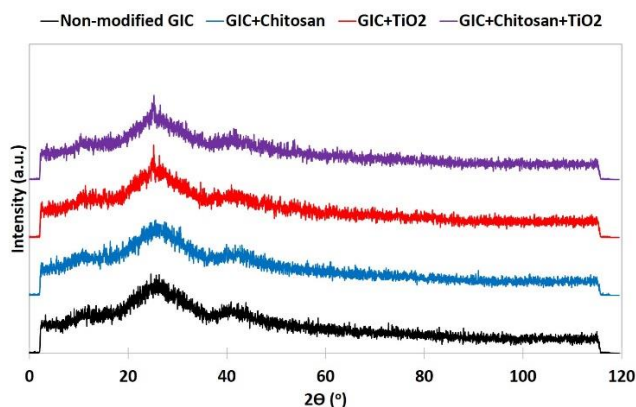
\* گلاس آینومر؛ \*\* کیتوسان؛ \*\*\* نانوذرات دی اکسید تیتانیوم

فیزیکی می‌باشد. نتایج آزمون XRD (نمودار ۲) نیز مؤید همین موضوع بود. تغییر خاصی در محل پیک نمودارها مشاهده نشد و پیوند شیمیایی جدیدی در ساختار گلاس آینومر تشکیل نشده بود.

طبق نتایج FTIR (نمودار ۱)، موقعیت پیک نمودارها تغییر چندانی نداشته و پیوند شیمیایی جدیدی تشکیل نشده است. در نتیجه حضور کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در ساختار گلاس آینومر به صورت فیلر و غالباً



نمودار ۱: طیف FTIR جذبی گلاس آینومر اصلاح نشده و اصلاح شده با کیتوسان و دی اکسید تیتانیوم، به تنهایی و به همراه هم، در محدوده طول موج  $400-4000 \text{ cm}^{-1}$



نمودار ۲: طیف XRD گلاس آینومر اصلاح نشده و گلاس آینومرهای اصلاح شده با دی اکسید تیتانیوم و کیتوسان به تنهایی و همزمان.

## بحث

می شود. هم چنین در نتایج آزمون استحکام باند کششی مشاهده شد که در درصدهای حجمی ۵ درصد و ۱۰ درصد تفاوت ناچیزی میان آن ها و گروه گلاس آینومر اصلاح نشده وجود داشت ولی درصدهای حجمی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد استحکام باند کششی گلاس آینومر را کاهش داده بودند.

Ibrahim و همکارانش<sup>(۱۲)</sup> کیتوسان را در درصدهای حجمی ۵ درصد، ۱۰ درصد، ۲۵ درصد و ۵۰ درصد به گلاس آینومر اضافه کردند و تأثیر آن را بر استحکام کششی گلاس آینومر و خواص ضد میکروبی آن بررسی نمودند. آنها مشاهده کردند که افزودن کیتوسان موجب بهبود خاصیت ضد میکروبی گلاس آینومر علیه استرپتوکوکوس موتانس

برای بررسی و اندازه گیری استحکام باند کششی، چفرمگی شکست، استحکام فشاری و کششی، خواص ضدمیکروبی، آزادسازی فلوراید و ریزسختی سطحی گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، Elsaka و همکارانش<sup>(۱۱)</sup> مطالعه‌ای انجام دادند. آن‌ها نانوذرات دی اکسید تیتانیوم را در درصدهای وزنی ۳ درصد، ۵ درصد و ۷ درصد به گلاس آینومر اضافه نمودند. درصدهای وزنی ۳ درصد و ۵ درصد این نانوذرات، مقادیر استحکام فشاری و کششی و چفرمگی شکست را افزایش داد ولی در درصد وزنی ۷ درصد، این مقادیر کاهش یافت. میکروهاردنس در درصد وزنی ۳ درصد افزایش یافت ولی درصدهای وزنی بالاتر، مقدار آن را کاهش دادند. خواص ضد میکروبی در حضور نانوذرات دی اکسید تیتانیوم افزایش یافت و تداخلی با آزادسازی فلوراید نشان نداد. چهار گروه مطالعه‌ی Elsaka و همکارانش<sup>(۱۱)</sup> از لحاظ آماری تفاوت معناداری در مقادیر استحکام باند کششی نشان ندادند ولی میانگین گروه اصلاح شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد وزنی بالاتر از بقیه بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد استحکام باند برشی گروه گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم با گروه گلاس آینومر اصلاح نشده از لحاظ آماری تفاوت معناداری نداشت و در نتیجه به نظر می‌رسد همانطور که در مطالعات پیشین نیز نشان داده شده است، حضور نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تداخلی با چسبندگی گلاس آینومر نخواهد داشت.

Ibrahim و همکارانش<sup>(۱۴)</sup> نانوذرات دی اکسید تیتانیوم را به صورت ۳ درصد وزنی و کیتوسان را به صورت ۱۰ درصد حجمی در ترکیب گلاس آینومر استفاده نموده و برخی از خواص آن را ارزیابی نمودند. آن‌ها موارد مذکور را در چهار گروه گلاس آینومر اصلاح نشده، گلاس آینومر

در مطالعه دیگری که توسط Debnath و همکارانش<sup>(۱۶)</sup> انجام شد، مجدداً خواص چسبندگی و ضدمیکروبی گلاس آینومر اصلاح شده با کیتوسان اندازه گیری شد. اما این بار فقط کیتوسان در درصد حجمی ۱۰ درصد مورد آزمایش قرار گرفت. خاصیت ضدمیکروبی گلاس آینومر همانند مطالعه Ibrahim و همکارانش<sup>(۱۲)</sup> با حضور کیتوسان بهبود یافته و تاییدکننده مطالعات قبلی بود. اما نتایج استحکام باند برشی نشان می‌داد که کیتوسان، چسبندگی گلاس آینومر را به طور قابل توجهی (حدود دو برابر) افزایش داده بود.

یکی از اهداف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر حضور کیتوسان به تنهایی بر استحکام باند گلاس آینومر بود. میانگین مقادیر بدست آمده از آزمون استحکام باند برشی برای گروه اصلاح شده با کیتوسان ۱۰ درصد حجمی، بیشتر از گروه گلاس آینومر اصلاح نشده بود (۶/۴۳ MPa در برابر ۴/۶۳ MPa)، اما از لحاظ آماری این تفاوت معنادار نبود و به نظر می‌رسد حضور کیتوسان به تنهایی در ترکیب گلاس آینومر تأثیر معناداری بر استحکام باند برشی این ماده به دندان ندارد.

Garcia-Contreras و همکارانش<sup>(۷)</sup> خواص مکانیکی و ضدمیکروبی گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم را بررسی کردند. آنها پس از افزودن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به گلاس آینومر به این نتیجه رسیدند که خاصیت ضدمیکروبی گلاس آینومر افزایش می‌یابد. همچنین اضافه شدن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تداخلی با استحکام باند برشی گلاس آینومر ندارد. آن‌ها به این نتیجه نیز رسیدند که گلاس آینومر اصلاح شده با این نانوذرات، افزایش در مقادیر استحکام کششی و فشاری را نشان می‌دهد.



مربوط به هیدروکسی آپاتیت سطح دندان (تشکیل لایه تبادل یونی).<sup>(۱۹)</sup>

در نتیجه با تغییر در هر یک از موارد بالا می‌توان مقادیر استحکام باند گلاس آینومر را تغییر داد. هر چند چسبندگی و استحکام باند یک ماده ترمیمی صرفاً به عوامل مربوط به سطح تماس دندان و ماده ترمیمی محدود نمی‌شود. به عنوان مثال در برخی مطالعات بیان شده است که عواملی همچون استحکام کششی ماده گلاس آینومر با مقادیر استحکام باند نسبت مستقیم دارد چرا که بیشتر شکست های چسبندگی در ترمیم های گلاس آینومری از نوع هم چسبی و داخل خود ساختار گلاس آینومر می‌باشد.<sup>(۱)</sup> در نتیجه می‌توان گفت حضور فیلرها در ترکیب گلاس آینومر در صورتیکه تداخلی با ترکیب کلی آن نداشته باشند و استحکام کششی گلاس آینومر را افزایش دهند، موجب افزایش مقادیر استحکام باند نیز خواهند شد.<sup>(۱)</sup> با توجه به نتایج FTIR و XRD در مطالعه حاضر، کیتوسان و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به صورت فیلرهای عمل کردند که به نظر می‌رسد با پر کردن فضاهای خالی در ترکیب گلاس آینومر استحکام کلی آن را افزایش می‌دهند. همانطور که با توجه به نتایج مطالعات پیشین حضور این دو ماده در ترکیب گلاس آینومر موجب افزایش استحکام کششی و فشاری آن شده است.<sup>(۱۴)</sup> از طرفی به نظر می‌رسد در گروه‌های حاوی کیتوسان، علاوه بر این موضوع، پدیده دیگری نیز رخ می‌دهد. کیتوسان یک واحد آمینی و دو واحد هیدروکسیل به ازای هر شش واحد کربنی دارد.<sup>(۲۰)</sup> به نظر می‌رسد این ماده می‌تواند با حضور در لایه تبادل یونی به افزایش قدرت استحکام باند کمک کند. به این صورت که به عنوان واسطه‌ای میان مولکول‌های پلی‌آکرلیک‌اسید (پیوند میان گروه آمینی کیتوسان و گروه کربوکسیل پلی‌آکرلیک‌اسید) و یون‌های کلسیم سطح دندان (پیوند میان گروه‌های هیدروکسیل کیتوسان و یون

اصلاح شده با کیتوسان، گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و گلاس آینومر اصلاح شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و کیتوسان به طور همزمان، بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد به کارگیری همزمان این دو ماده در ترکیب گلاس آینومر نسبت به استفاده هر یک از آن‌ها به صورت جداگانه، استحکام فشاری و کششی آن را به میزان بیشتری افزایش می‌دهد که نشان‌دهنده پتانسیل مناسب این ترکیب برای اصلاح گلاس آینومر است.

تا زمان انجام پژوهش حاضر، مطالعه‌ای در مورد استحکام باند و چسبندگی ترکیب مذکور انجام نشده است. با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر به نظر می‌رسد به کارگیری هم زمان کیتوسان و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در ترکیب گلاس آینومر اثر هم‌افزایی نشان داده و تنها گروهی از مطالعه بود که از لحاظ استحکام باند برشی تفاوت معناداری با گروه گلاس آینومر اصلاح نشده نشان داد.

پرداختن به مقوله چسبندگی و استحکام باند از آنجایی دارای اهمیت است که با افزایش قدرت چسبندگی، گیر و دوام ترمیم گلاس آینومر افزایش یافته و ریزش ترمیم کاهش می‌یابد. در نتیجه احتمال نفوذ میکروارگانیسم‌های پوسیدگی‌زا به محل تماس ترمیم و دندان کاهش یافته و پوسیدگی ثانویه در زیر ترمیم کمتر رخ می‌دهد.<sup>(۱)</sup>

به طور کلی چسبندگی گلاس آینومر به سطح دندان بر اساس دو مکانیسم مرتبط باهم رخ می‌دهد. گیر میکرومکانیکی ناشی از خلل و فرجی که با تأثیر پلی‌آکرلیک‌اسید حاضر در ترکیب گلاس آینومر بر روی سطح دندان ایجاد می‌شود. پیوند شیمیایی میان گروه کربوکسیل مربوط به پلی‌آکرلیک‌اسید و یون‌های کلسیم

### نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد اصلاح گلاس آینومر به طور همزمان با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۳ درصد جرمی و کیتوسان ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش معنادار نتایج مربوط به استحکام باند برشی و بهبود چسبندگی آن به سطح عاجی دندان می شود. هرچند مطالعات بیشتری برای بررسی سایر خواص مکانیکی و همچنین تعمیم این نتایج به محیط بالینی مورد نیاز است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه دوره دکتری عمومی مصوب معاونت پژوهشی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران به شماره ۶۴۷۲ می باشد.

کلسیم) عمل کرده و تنش بین سطحی (Interfacial tension) را در سطح تماس بین دندان و گلاس آینومر کاهش داده و موجب افزایش چسبندگی و استحکام باند آن می شود. در نتیجه به نظر می رسد در گروه حاوی کیتوسان و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به طور همزمان، به علت حضور فیلرها و همچنین کاهش تنش بین سطحی در لایه تبادل یونی، استحکام باند افزایش یافته و نتایج معناداری را در آزمون استحکام باند برشی نسبت به گروه گلاس آینومر اصلاح نشده نشان می دهد.

### منابع

1. Sidhu SK, Nicholson JW. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *J Funct Biomater* 2016; 7(3):16.
2. Boyd D, Towler MR. The processing, mechanical properties and bioactivity of zinc based glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2005; 16(9):843-50.
3. Osinaga PW, Grande RH, Ballester RY, Simionato MR, Rodrigues CR, Muench A. Zinc sulfate addition to glass-ionomer-based cements: influence on physical and antibacterial properties, zinc and fluoride release. *Dent Mater* 2003; 19(3):212-7.
4. Pamir T, Sen BH, Celik A. Mechanical and fluoride release properties of titanium tetrafluoride-added glass-ionomer cement. *Dent Mater J* 2005; 24(1):98-103.
5. Gu Y, Yap A, Cheang P, Koh Y, Khor K. Development of zirconia-glass ionomer cement composites. *J Non-Crystalline Solids* 2005; 351(6-7):508-14.
6. Choudhary K, Nandlal B. Comparative evaluation of shear bond strength of nano-hydroxyapatite incorporated glass ionomer cement and conventional glass ionomer cement on dense synthetic hydroxyapatite disk: an in vitro study. *Indian J Dent Res* 2015; 26(2):170.
7. Garcia-Contreras R, Scougall-Vilchis RJ, Contreras-Bulnes R, Sakagami H, Morales-Luckie RA, Nakajima H. Mechanical, antibacterial and bond strength properties of nano-titanium-enriched glass ionomer cement. *J Appl Oral Sci* 2015; 23(3):321-8.
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 (GIC). *Acta Biomater* 2008; 4(2):432-40.
9. Yli-Urpo H, Lassila LV, Närhi T, Vallittu PK. Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent Mater* 2005; 21(3):201-9.
10. Azama TY, Yinga QX, Rahmana IA, Masudia SM, Luddin N, Rashidb RA. Effects of incorporating wollastonite and mine-silica by-product to the hardness of glass ionomer cement (GIC). *Arch Orofacial Sci* 2013; 8(2):54-9.
11. Elsaka SE, Hamouda IM, Swain MV. Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: influence on physical and antibacterial properties. *J Dent* 2011; 39(9):589-98.
12. Ibrahim MA, Neo J, Esguerra RJ, Fawzy AS. Characterization of antibacterial and adhesion properties of chitosan-modified glass ionomer cement. *J Biomater Appl* 2015; 30(4):409-19.

13. Kumar RS, Ravikumar N, Kavitha S, Mahalaxmi S, Jayasree R, Kumar TS, et al. Nanochitosan modified glass ionomer cement with enhanced mechanical properties and fluoride release. *Int J Biol Macromol* 2017; 104(Pt B):1860-5.
14. Ibrahim MA, Meera Priyadarshini B, Neo J, Fawzy AS. Characterization of chitosan/TiO<sub>2</sub> nano-powder modified glass-ionomer cement for restorative dental applications. *J Esthet Restor Dent* 2017; 29(2):146-56.
15. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115(1):24-8.
16. Debnath A, Kesavappa SB, Singh GP, Eshwar S, Jain V, Swamy M, et al. Comparative evaluation of antibacterial and adhesive properties of chitosan modified glass ionomer cement and conventional glass ionomer cement: an in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2017; 11(3):ZC75-8.
17. Abraham D, Thomas AM, Chopra S, Koshy S. A comparative evaluation of microleakage of glass ionomer cement and chitosan-modified glass ionomer cement: an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2014; 7(1):6-10.
18. Karthick A, Kavitha M, Loganathan S, Malarvizhi D. Evaluation of microshear bond strength of chitosan modified GIC. *World J Med Sci* 2014; 10(2):169-73.
19. Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Inoue S, Sano H, et al. Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials* 2003; 24(11):1861-7.
20. Petri DF, Donegá J, Benassi AM, Bocangel JA. Preliminary study on chitosan modified glass ionomer restoratives. *Dent Mater* 2007; 23(8):1004-10.