

مقایسه استحکام خمشی چند نوع کامپوزیت رایج موجود در بازار ایران

دکتر ساینا شمسزاده*، دکتر وقارالدین اخوان زنجانی**، دکتر مریم مفیدی***، دکتر مریم عبده تبریزی**، دکتر صنم یزدانی*

چکیده

سابقه و هدف: علیرغم پیشرفت‌های فراوان در مورد کامپوزیت‌های دندان، استفاده از این مواد با تردیدهایی در زمینه خصوصیات مکانیکی از جمله استحکام خمشی همراه می‌باشد. از طرفی، با توجه به معرفی مواد کامپوزیتی مختلف، لزوم مقایسه خصوصیات مکانیکی این مواد مانند استحکام خمشی بیش از پیش احساس می‌گردد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین استحکام خمشی ۱۲ نوع کامپوزیت مختلف انجام گرفت. **مواد و روشها:** در مطالعه تجربی آزمایشگاهی حاضر، ۱۲۰ نمونه از ۱۲ نوع کامپوزیت تهیه شدند. نمونه‌ها با استفاده از مولد و بر اساس استاندارد ۴۰۴۹ تهیه شده، سپس توسط دستگاه SMT با سرعت اعمال نیروی 0.75 ± 0.25 میلی‌متر در دقیقه تحت آزمون خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. اطلاعات بدست آمده توسط آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و Scheffe مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطح آماری کمتر از ۰/۰۵ معنادار برآورد گردید.

یافته‌ها استحکام خمشی نمونه‌های کامپوزیتی از نظر آماری متفاوت بود ($P < 0.001$). مقایسه دویه‌دوی گروه‌های کامپوزیتی در موارد زیر معنی‌دار بود: Artemis و Swiss TEC ($P < 0.004$)، Venus و Swiss TEC ($P < 0.02$)، Charisma و Swiss TEC ($P < 0.001$)، Charisma و Spectrum ($P < 0.03$)، Artemis و Z250 ($P < 0.001$)، Synergy و Z250 ($P < 0.007$)، Point 4 و Z250 ($P < 0.02$)، CermaX و Z250 ($P < 0.02$)، Venus و Z250 ($P < 0.01$)، Charisma و Z250 ($P < 0.001$)، Charisma و Tetric Ceram ($P < 0.03$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد تمام کامپوزیت‌های مورد مطالعه حداقل استحکام خمشی بر اساس استاندارد ISO 4049 داشته‌اند که از محدوده ۱۳۴/۰ مگاپاسکال برای کامپوزیت Charisma تا ۲۶۳/۰ مگاپاسکال برای کامپوزیت Z250 متغیر بود. استفاده از کامپوزیت‌های Tetric Ceram، Spectrum، Swiss TEC و Z250 به دلیل استحکام خمشی بالا در ترمیم‌های دارای استرس زیاد توصیه می‌گردد.

کلید واژگان: استحکام خمشی، کامپوزیت، خصوصیات مکانیکی

تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۹۲/۴/۱

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۹۲/۳/۱۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۹/۲۱

Please cite this article as follows:

Shamszadeh S, Akhavan Zanjani V, Mofidi M, Abdo Tabrizi M, Yazdani S. Comparison of flexural strength of some composite types common in Iran. J Dent Sch 2013; 31(2):97-103.

مقدمه

فراوانی جهت بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی کامپوزیت‌ها صورت گرفته است. در نتیجه این پژوهش‌ها، روش‌های متعددی جهت بهبود خصوصیات مکانیکی کامپوزیت‌ها معرفی شده‌اند که از جمله آنها می‌توان به افزایش میزان فیلر، تغییر در نوع پلیمریزاسیون و نوع فیلر، بهبود نوع پلیمرهای مورد استفاده در ماتریکس، ایجاد باند مناسب‌تر بین فیلر و ماتریکس و طرز قرارگیری فیلرها اشاره نمود (۳). هر چند با وجود پیشرفت‌های مناسب در این زمینه، مقاومت (Toughness)، استحکام (Strength) و پایداری این ماده برای کاربرد در نقاط پرتنش نیازمند

امروزه کامپوزیت‌های دندان به عنوان یکی از رایج‌ترین مواد ترمیمی زیبایی محسوب می‌شوند. این مواد از طریق عوامل اتصال‌دهنده به مینا و عاج اتصال یافته، سبب تقویت ساختمان باقیمانده دندان می‌گردند.

کامپوزیت‌ها نیز، مانند سایر مواد دندان دارای معایبی می‌باشند که بطور عمده عبارتند از: انقباض بعد از پلیمریزاسیون (shrinkage)، مقاومت کم در برابر شکستگی و سایش (۲ و ۱) این معایب می‌توانند استفاده از این مواد را به خصوص در نواحی خلفی با مشکلاتی روبه‌رو سازند. مطالعات و پژوهش‌های

*دندانپزشک.

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

***نویسنده مسئول: دستیار تخصصی گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

بررسی‌های بیشتری است (۴-۶).

خواهد داشت (۹).
امروزه انواع مختلفی از کامپوزیت رزین‌ها در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند که توسط کارخانجات و شرکت‌های متعدد ارائه می‌شوند. میزان استحکام خمشی در موفقیت مکانیکی و کلینیکی این مواد نقش مهمی دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی استحکام خمشی ۱۲ نوع کامپوزیت موجود در بازار ایران به صورت آزمایشگاهی انجام پذیرفت.

مواد و روشها:

در مطالعه تجربی آزمایشگاهی حاضر ۱۲ نوع کامپوزیت موجود در بازار ایران مورد بررسی قرار گرفتند. خصوصیات ساختاری گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده‌اند.

استحکام در برابر خمش، یکی از نشانه‌های دوام و پایداری ماده ترمیمی محسوب می‌شود. کامپوزیت‌ها به صورت بالینی تحت تأثیر مقادیر بالایی از تنش‌های خمشی در نواحی قدامی و خلفی قرار می‌گیرند (۷). خصوصیات خمشی وابستگی بسیاری به موارد کاربرد کلینیکی مواد ترمیمی دارند. به عنوان نمونه، در ترمیم‌های CI V، کامپوزیت‌ها به دلیل خم شدن هنگام عملکرد دندان به استحکام خمشی پایینی نیاز دارند (۸). اما ترمیم‌هایی که تحت تنش‌های زیاد ناشی از جویدن قرار می‌گیرند مانند ترمیم کلاس I و کلاس II، به استحکام خمشی بیشتری نیاز دارند. ماده ترمیمی در صورت عدم برخورداری از استحکام خمشی کافی، در اثر تنش ناشی از جویدن دچار تغییر شکل شده، در نهایت تخریب سیل مارجینال بین کامپوزیت و دندان را در پی

جدول ۱- خصوصیات کامپوزیت های مورد استفاده در مطالعه

ردیف	نام/نوع کامپوزیت	رزین	Batch no.	فیلر	کارخانه سازنده
۱	/ Artemis Hybrid fine particle	BisGAMA, TEGDMA, UDMA	E00247	Barium glass, ytterbiumtrifluoride Ba-Al-FL-silicate, Silica glass	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
۲	Hybrid /InTen-S	BisGAMABisEMA, UDMA	H29977	Barium glass, ytterbiumtrifluoride	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
۳	Hybrid /Synergy fine particle	BisGAMABisEMA TEGDMA	0206616	Strontium glass Barium glass, Amorphous silica	Coltèn, whale dent AG, Genf, Switzerland
۴	/CeramX nanofill	Polymerized Dimethacrylate	708000501	Ba-Al-Boron-Silicate Amorphous Silicon dioxide	DENTSPLY, DeTrey GmbH, Konstanz, Germany
۵	Hybrid /Quixfil	UDMA TEGDMA Polymerized Carboxylic acid dimethacrylate	611000259	Strontium Al-Na-Fl Phosphate silicate	Dentsply, DeTrey GmbH, Konstanz, Germany
۶	/Tetricceram Micro hybrid Fine particle	BisGMA UDMA TEGDMA	H29498	Ba-Al-Borosilicate Silica	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
۷	minifill /Filtek Z250	TEGDMA BisGMA	7AK	Zirconia Silica	3M ESPE, St.Paul, MN, USA
۸	Micro hybrid Venus/	BisGMA	010036	Ba-Al-Boron-Fl silicate	Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Germany
۹	/Micro hybrid Charisma	BisGMA TEGDMA	081	Ba-Al-Fl Silicate	Heraus Kulzer GmbH, Hanau, Germany
۱۰	Fine hybrid Swiss TEC/	BisGMA BisEMA TEGDMA	0234T	Barium glass Amorphous Silica	Coltène, Whaledent AG (Manufacturer) Feldwiesenstrasse Altstätten, Switzerland
۱۱	Spectrum /Hybrid submicron TPH	BisGMA BisEMA Polymerized Di and trimethacrylate	0406000884	Ba-Al- Boro Silicate Ba-Fl-Al- Silicate	DENTSPLY (UK) Ltd
۱۲	Micro hybrid Point4/	BisGMA	204B31	Ba-Al Boro Silicate	Kerr. Manufacturing, Inc, Orange, CA, USA.

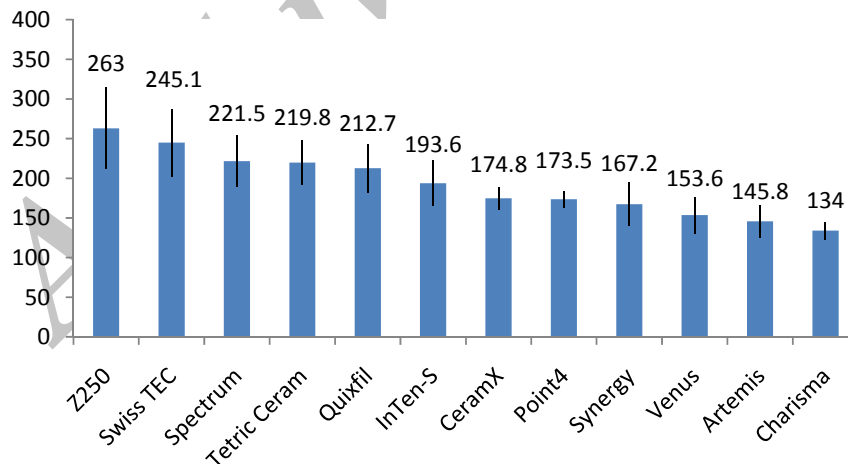
در هر گروه ۱۰ عدد نمونه قرار داده شد ($n=10$) و ارزیابی استحکام خمشی بر اساس استاندارد ISO 4049 صورت گرفت (۱۰). نمونه‌ها با قرار دادن کامپوزیت‌ها در مولد

در هر گروه ۱۰ عدد نمونه قرار داده شد ($n=10$) و ارزیابی استحکام خمشی بر اساس استاندارد ISO 4049 صورت گرفت (۱۰). نمونه‌ها با قرار دادن کامپوزیت‌ها در مولد

ثبت، اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول $\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$ به مکاپاسگال تبدیل شد. در این فرمول بیشترین میزان بارگذاری بر روی ماده ترمیمی قبل از شکست، L فاصله بین دو تکیه‌گاه، b عرض ماده هنگام آزمایش و h ارتفاع ماده هنگام آزمایش می‌باشد. مقادیر استحکام خمشی نمونه‌های ۱۲ گروه با برنامه آماری SPSS نسخه ۱۵ تجزیه و تحلیل شدند. برای این منظور از شاخص‌های پراکندگی مرزی شامل میانگین، انحراف معیار و ۹۵٪ فاصله اطمینان استفاده گردید. مقایسه استحکام خمشی کامپوزیت‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (one way analysis of variance: ANOVA) و آزمون مقایسه‌های متعدد Scheffe انجام شد. در این مطالعه، برای تصمیم‌گیری در مورد پذیرش یا عدم پذیرش فرضیه‌ها، سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد در صورتی که میزان P به دست آمده (خطای نوع دوم) کمتر از ۰/۰۵ بود، تفاوت موجود از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها:

میانگین و انحراف معیار استحکام خمشی در گروه‌های مورد آزمایش در نمودار ۱ نمایش داده شده‌اند.



نمودار ۱- میانگین و انحراف معیار استحکام خمشی نمونه‌های کامپوزیتی

یک‌طرفه (one way analysis of variance: ANOVA) بررسی شدند و نتایج آزمون نشان داد

کامپوزیت پرشده، یک اسلاید شیشه‌ای روی آن قرار گرفت. حین پر کردن مولد با تراکم و فشار مناسب، سعی در کاهش تخلخل در نمونه‌ها و خروج ماده اضافی بود. سپس نمونه‌ها توسط دستگاه لایت کیور (Skylight Dmetec, 1200mw, LED) تحت تابش قرار گرفتند. بدین صورت که سطح مولد به سه قسمت مساوی تقسیم گردید. ابتدا قسمت مرکزی سپس طرفین مرکز نمونه‌ها به مدت ۲۰ ثانیه تحت تابش قرار گرفتند تا پلی‌مریزاسیون ماده کامل شود. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در آب با دمای 37 ± 1 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در این مرحله، نمونه‌ها از مولد جدا شده، اضافات آنها با دیسک کاغذی زده شد. سپس سطح نمونه‌ها با استفاده از کاغذ سمباده به ترتیب و با اندازه‌های ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ هر کدام به مدت ۳۰ ثانیه در زیر جریان آب و به صورت دورانی ساییده شدند تا سطحی صاف و صیقلی به دست آید. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای 37 ± 1 درجه سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شدند. سپس ضخامت و پهنای نمونه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۱ میلی‌متر دوبار اندازه‌گیری شدند و میانگین آنها برای محاسبات استفاده شدند. نمونه‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری SMT (ساخت ایران) تحت آزمون خمش سه نقطه‌ای با میزان بارگذاری برابر 50 ± 16 N/min قرار گرفتند. نیروی اعمال شده برای شکست هر نمونه روی نمودار

مقادیر استحکام خمشی نمونه‌های کامپوزیتی مورد مطالعه با استفاده از آزمون آنالیز واریانس

آزمون خمشی طبق استاندارد ISO4049 استفاده شد که در تحقیقات فراوانی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۷-۱۳). ارتفاع ۲ میلی متری حفرات نشان دهنده بیشترین بعدی است که به منظور پلیمریزاسیون کافی می توان آن را لحاظ نمود (۱۸). همچنین از آنجا که تابش نور ابتدا در سطوح مرکزی و سپس طرفی نمونه ها انجام می شود، به نظر می رسد پلیمریزاسیون نمونه ها به میزان کافی صورت گرفته باشد. برای حذف یا به حداقل رساندن نقش متغیرهای مداخله گر مختلف در طول تحقیق ابعاد نمونه های ساخته شده، شدت نور و زمان تابش نور برای آنها یکسان در نظر گرفته شد. فاصله میان دو تکیه گاه همانند مطالعات دیگر در هنگام انجام آزمون استحکام خمشی برابر ۲۰ میلی متر در نظر گرفته شد. طبق یافته ها، بیشترین استحکام خمشی در کامپوزیت Z250 مشاهده گردید. بنابراین بیشترین تفاوت معنی دار بین این کامپوزیت با بقیه کامپوزیت ها وجود داشته است. پس از کامپوزیت Z250، بیشترین استحکام خمشی در کامپوزیت Swiss TEC گزارش گردید. کامپوزیت های Spectrum و Tetric Ceram در رتبه سوم و چهارم قرار دارند. استحکام خمشی بالا در کامپوزیت های مورد مطالعه می تواند به دلیل استفاده از فیلر در ساختار این مواد و وجود واکنش های ترکیبات رزینی بعد از انجام فرآیند لایت کیورینگ باشد.

فیلر مورد استفاده در کامپوزیت های مورد آزمایش در جدول ۱ ذکر شده اند. کامپوزیت های Venus و Charisma که هر دو از کامپوزیت های میکروهیبرید می باشند، مقادیر استحکام خمشی پایین تری در مقایسه با سایر کامپوزیت ها نشان دادند. این تفاوت معنی دار نبود. در این کامپوزیت ها ذرات خوشه انگوری موجود در ترکیبشان از ذرات fine particle (۰/۴-۳µm) و مقدار microfine (۰/۲µm) -۰/۴ تشکیل شده اند. به نظر می رسد استفاده از این کامپوزیت ها در نواحی دارای تنش بالا با ریسک شکست درمان همراه باشد. همچنین کامپوزیت hybrid شامل InTen-S و Quixfil مقادیر استحکام خمشی مشابهی با یکدیگر داشته، هیچ تفاوت معنی داری بین آنها دیده نشد. دو کامپوزیت hybrid fine particle مورد استفاده شامل Artemis و Synergy بودند. مقادیر استحکام این کامپوزیت ها نیز مشابه یکدیگر بود و هیچ تفاوت معنی داری بین آنها دیده نشد. همانطور که قبلاً ذکر گردید بیشترین مقدار استحکام خمشی در کامپوزیت Z250 که یک

تفاوت های معنی داری میان گروه های دوازده گانه از نظر این استحکام وجود داشته است ($P < 0.001$). ترتیب کامپوزیت های مورد بررسی از نظر میزان استحکام خمشی از بیشترین به کمترین به ترتیب زیر برآورد گردید:

Z250 > Swiss TEC > Spectrum > Tetric Ceram > Quixfil > InTen-S > CeramX > Point4 > Synergy > Venus > Artemis > Charisma

بیشترین مقدار استحکام خمشی در کامپوزیت Z250 و کمترین میزان در Charisma مشاهده گردید.

به منظور مقایسه دو به دو گروه ها از آزمون مقایسه های متعدد Scheffe استفاده شد. تفاوت گروه های کامپوزیتی مورد بررسی در موارد زیر معنادار بود: Swiss TEC و Artemis ($P < 0.004$)، Swiss TEC و Venus ($P < 0.02$)، Swiss TEC و Charisma ($P < 0.03$)، Charisma و Spectrum ($P < 0.03$)، Z250 و Artemis ($P < 0.001$)، Z250 و Synergy ($P < 0.007$)، Z250 و Point4 و Venus ($P < 0.02$)، Z250 و CeramX ($P < 0.02$)، Z250 و Tetric Ceram ($P < 0.001$)، Charisma و Z250 ($P < 0.001$)، Charisma و Ceram ($P < 0.03$). در سایر موارد تفاوت معناداری بین گروه ها مشاهده نگردید.

بحث:

خصوصیات مواد را می توان با استفاده از آزمایش های گوناگون مورد بررسی قرار داد. این آزمایش ها شامل استحکام تراکمی، استحکام کششی قطری و استحکام خمشی می باشند. در سال های اخیر تمایل به استفاده از آزمون های استحکام خمشی به عنوان یک روش مناسب به منظور سنجش استحکام مواد مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمون استحکام خمشی، نمونه ها تحت بارهای عرضی قرار گرفته، شکست نمونه ها در نتیجه اعمال تنش های کششی صورت می گیرد (۱۱). در این حالت این آزمون بهتر می تواند شرایط کلینیکی موجود را نشان دهد. چنانچه در پژوهش Cattani - Lorente و همکاران در سال ۱۹۹۳ مشخص شد که در بررسی نقایص سطحی، آزمون های استحکام خمشی از حساسیت بیشتری برخوردارند. به علاوه استفاده از آزمون سنجش استحکام خمشی به روش سه نقطه ای در مقایسه با آزمون سنجش استحکام کششی قطری تفاوت های بین مواد را بهتر مشخص می سازد (۱۲). به همین دلیل در این مطالعه از

فیلر در توجیه نتایج آزمون استحکام خمشی اهمیت بیشتری داشته باشد.

سه گروه از کامپوزیت‌های مورد مطالعه شامل CeramX, Quixfil و Spectrum در ساختار ترکیبی خود دارای رزین‌های پلیمریزه بودند. این سه گروه کامپوزیت، تفاوت معنی‌داری از نظر استحکام خمشی با یکدیگر نشان ندادند، هر چند که میزان استحکام خمشی در کامپوزیت Spectrum بیشتر از دو گروه دیگر بود.

در این مطالعه، فقط یک کامپوزیت از نوع nanofill مورد بررسی قرار گرفت (CeramX) که استحکام خمشی آن در حد کامپوزیت‌های هیبرید بود. این کامپوزیت با کامپوزیت Z250 که بیشترین استحکام خمشی را در میان نمونه‌ها به خود اختصاص داده بود، تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.02$). Garoushi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کامپوزیت‌های دارای فیلرهای با سایز نانومتر و میکرومتر نسبت به کامپوزیت‌های دارای میکروفیلر به تنهایی استحکام خمشی کمتری دارند (۲۲). این امر ممکن است به دلیل وجود *agglomerated cluster*‌های ذرات نانوفیلر باشد که گسترش ترک را در نمونه تقویت می‌کند. در تحقیقات دیگر دریافتند که درصد *agglomerate*‌ها در پلیمرهای تقویت شده با نانوفیلر، مزایای نانوفیلرها را تحت تاثیر منفی قرار می‌دهد، زیرا تحت تاثیر اعمال نیرو، شکست در نواحی *agglomerate* شروع می‌شود (۲۳ و ۲۴). تصاویر SEM از *agglomerate*‌های نانوفیلر در تحقیق Rüttermann و همکاران (۲۰۰۸)، یک ساختار متخلخل بسیار واضح نشان دادند که فرضیه شکست درون *agglomerate*‌ها را تأیید می‌کند (۲۳). افزودن نانوفیلر به کامپوزیت درجه کانورژن کامپوزیت را کاهش می‌دهد، زیرا ضریب شکست نور را افزایش داده، تشکیل *agglomerate*‌ها باعث تداخل با نفوذ نور شده یا باعث پخش نور می‌گردد، بنابراین شدت نور کاهش می‌یابد (۲۵ و ۲۶). همچنین ممکن است اکسیژن موجود در رادیکال‌های آزاد درون نمونه شود، که توسط بعضی از کامپوزیت‌ها نشان داده شده است (۲۷).

InTen-S با وجود کمترین میزان حجم فیلر در بین ۱۲ کامپوزیت در رده ششم قرار گرفته است (۵۱٪) که بالاتر بودن استحکام خمشی را می‌توان به وجود یک Co-polymer که موجب افزایش میزان کلی فیلر می‌گردد،

کامپوزیت minifill می‌باشد، گزارش شد. اندازه ذرات فیلر در این کامپوزیت‌ها به طور متوسط $3/5\mu\text{m} - 0/1\mu\text{m}$ می‌باشد. کامپوزیت‌هایی که مقادیر بالایی از استحکام خمشی را نشان دادند، نظیر Z250, Swiss TEC, Spectrum و Tetric Ceram دارای volume فیلر بالاتری بودند (به ترتیب، ۶۰٪، ۵۸/۵٪، ۵۷٪ و ۶۴/۶٪) و همانطور که در مطالعات بدان اشاره شده این کامپوزیت‌ها دارای استحکام بیشتری هستند. در مطالعه Chung و همکاران (۲۰۰۴) نیز کامپوزیت‌های Z100 و Z250 که دارای volume فیلر بالاتری بودند، مقادیر استحکام خمشی بیشتری داشتند (۱۵). به نظر می‌رسد استفاده از این کامپوزیت‌ها در ترمیم‌های دارای تنش زیاد نظیر ترمیم‌های CI I, II, CI IV, مزایای بیشتری داشته باشد.

در برخی مطالعات به حجم فیلر به عنوان دلیل اصلی در تغییرات استحکام خمشی نمونه‌های کامپوزیتی اشاره شده است (۱۹، ۱۴). در مطالعه Yap و همکاران (۲۰۰۳) کامپوزیت Z100 که دارای ۶۶٪ حجم فیلری بوده بیشترین میزان استحکام خمشی و کامپوزیت Silux با ۴۰٪ حجم فیلر کمترین میزان استحکام خمشی را به خود اختصاص داده بود (۱۴). در مطالعه حاضر، بیشترین میزان استحکام خمشی در کامپوزیت Z250 با حجم فیلر ۶۰٪ و کمترین میزان استحکام خمشی در کامپوزیت Charisma با حجم فیلر ۶۴٪ مشاهده گردید که با یافته‌های مطالعه قبلی متفاوت می‌باشد که می‌توان آن را به وجود فلوروآلومینوسیلیکات در Charisma وابسته دانست. در مطالعه Masouras و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده شده که میزان ایده‌آل استحکام، سختی و الاستیک مدولوس، در مقدار مشخصی فیلر بدست می‌آید، به طوری که با بیشتر شدن فیلر از آن حد، خواص کامپوزیت ثابت مانده یا کاهش می‌یابد (۲۰). Llie و همکاران (۲۰۰۹) عنوان کرده‌اند که استحکام خمشی و مدولوس خمش با افزایش میزان فیلر تا ۶۰٪ حجمی، افزایش می‌یابد، ولی میزان بیش از ۶۰٪ باعث افزایش میزان نقایص کامپوزیت و افزایش میزان حباب در آن می‌شود و بدین ترتیب اثر بهبود خواص مورد انتظار در مقادیر بالاتر فیلر محدود می‌گردد، بنابراین افزایش محتوای فیلر لزوماً استحکام خمشی کامپوزیت را بهبود نمی‌بخشد (۲۱).

در مطالعه حاضر، تمامی کامپوزیت‌های مورد مطالعه دارای حجم فیلر بالای ۵۱٪ بودند. این تناقض نشان می‌دهد نقش نوع فیلر، رزین و نوع کامپوزیت در این زمینه نسبت به حجم

نسبت داد.

دندانپزشکان قرار دهد.

از ۶ کامپوزیت بعدی، <Charisma<Artemis<Venus> Synergy به ترتیب دارای کمترین مقادیر استحکام خمشی بودند که با وجود میزان فیلر بالای آنها ممکن است بتوان پایین بودن استحکام خمشی را به وجود فلوروآلومینوسیلیکات وابسته دانست. همچنین در رده پنجم قرار گرفتن استحکام خمشی Quixfil با وجود داشتن بالاترین حجم فیلر در این ۱۲ کامپوزیت (۶۶/۴٪) را می‌توان به وجود اولیگومر CDMA نسبت داد.

به نظر می‌رسد به منظور قطعی نمودن نتایج انجام مطالعات بیشتر با بررسی نقش هر یک از متغیرهای احتمالی نظیر نوع فیلر، رزین، حجم و اندازه فیلر و ... در میزان استحکام خمشی کامپوزیت‌ها افق‌های جدیدی را فراروی محققان و

نتیجه‌گیری:

نتایج مطالعه حاضر در مجموع نشان داد همگی کامپوزیت‌های مورد مطالعه حداقل استحکام خمشی براساس استاندارد ISO4049 را داشتند (استحکام خمشی بالاتر از ۸۰ مگاپاسکال). میانگین استحکام خمشی کامپوزیت Charisma در محدوده ۱۳۴/۰ مگاپاسکال و برای کامپوزیت Z250 تا ۲۶۳/۰ مگاپاسکال متغیر بود. استفاده از کامپوزیت‌های Z250, Swiss TEC, Spectrum و Tetric Ceram به دلیل استحکام خمشی بالا در نواحی دارای استرس زیاد توصیه می‌گردد.

References

1. Wilson NH, Dunne SM, Gainsford ID. Current materials and techniques for direct restorations in posterior teeth. Part 2: Resin composite systems. *Int Dent J* 1997; 47: 185-193.
2. Ruddell DE, Maloney MM, Thompson JY. Effect of novel filler particles on the mechanical and wear properties of dental composites. *Dent Mater* 2002; 18: 27-80.
3. Freilich MA, Duncan JP, Meiers JC, Goldberg AJ. Preimpregnated, fiber-reinforced prostheses. Part I. Basic rationale and complete-coverage and intracoronal fixed partial denture designs. *Quintessence Int* 1998; 29: 689-696.
4. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ Jr. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc* 1994; 125: 687-701.
5. Corbin SB, Kohn WG. The benefits and risks of dental amalgam: current findings reviewed. *J Am Dent Assoc* 1994; 9: 381-388.
6. Wilder AD Jr, Bayne Sc, Heymann HO. Long term clinical performance of direct posterior composites. *Acad Dent Mater Trans* 1996; 9: 151-169.
7. Anusavice KJ. Physical properties of dental materials. Phillip's science of dental materials. 10th Ed. Philadelphia: WB Saunders Co. 1996; Chap 1: 33-74.
8. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ Jr. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc* 1994; 125: 687-701.
9. McCabe JF. Requirements of direct filling materials. *Applied dental materials*. 7th Ed. Oxford: Blackwell Scientific 1994; Chap 4:130-131.
10. International Standard ISO 4049, Dentistry-Polymer-based filling, restorative and luting materials. 3rd Ed. 2000: 15-18.
11. Mohammadi-Basir M, Khairy F, Haj Ali-Mohammadi M. Comparison of flexural strength among six available restorative glass ionomer cements in Iran. *The Journal of Islamic Dental Association of IRAN (JIDA)* 2008; 20: 118-129.

12. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Early strength of glass ionomer cements. *Dent Mater* 1993; 9:57-62.
13. Yap AUJ, Chandra SP, chung SM, Lim CT. Changes in flexural properties of composite restoratives after aging in water. *Oper Dent* 2002; 27:468-474.
14. Yap AU, Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. *J Oral Rehabil* 2003; 30:171-177.
15. Chung SM, Yap AU, Chandra SP, Lim CT. Flexural strength of dental composite restoratives: comparison of biaxial and three-point bending test. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004;71: 278-283.
16. Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A. Flexural strength and Weibull analysis of a microhybrid and a nanofill composite evaluated by 3- and 4-point bending tests. *Dent Mater* 2008;24:426-431.
17. Ghasemi A, Sadr Zadeh N, Bargrzan M, NasiriKhanlor L, Farhadi H. The effect of Glass – Fiber on flexural strength of composite resins. *J Dent Sch* 2007; 25: 503-508. [Persian]
18. Yap AU. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: Impact of cavity depth and exposure time. *Oper Dent* 2000; 25:113-120.
19. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Critic Rev Oral Biol Med* 1995; 6: 302-318.
20. Masouras K, Silikas N, Watts DC. Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. *Dent Mater* 2008; 24: 932-939.
21. Llie N, Hickel R. Investigations on mechanical behavior of dental composites. *Clin Oral Investig* 2009; 13: 427-438.
22. Garoushi S, Lassila LV, Vallittu PK. Influence of nanometer scale particulate fillers on some properties of microfilled composite resin. *J Mater Sci Mater Med* 2011; 22:1645–1651.
23. Rüttermann S, Wandrey C, Raab WH, Janda R. Novel nano-particles as fillers for an experimental resin-based restorative material. *Acta Biomater* 2008; 4: 1846–1853.
24. West RD, Malhotra VM. Rupture of nanoparticle agglomerates and formulation of Al₂O₃-epoxy nanocomposite using ultrasonic cavitation approach: Effect on the structural and mechanical properties. *Polym Eng Sci* 2006; 46: 421–430.
25. Lehtinen J, Laurila T, Lassila LV, Vallittu PK, Rätty J, Hernberg R. Optical characterization of bisphenol-A-glycidylmethacrylate-triethyleneglycoldimethacrylate (BisGMA/TEGDMA) monomers and copolymers. *Dent Mater* 2008; 24: 1324–1328.
26. Rodrigues SA Jr, Scherrer SS, Ferracane JL, Della Bona A. Microstructural characterization and fracture behavior of a microhybrid and nanofill composite. *Dent Mater* 2008; 24: 1281–1288.
27. Mayworm CD, Camargo SS Jr, Bastian FL. Influence of artificial saliva on abrasives wear and microhardness of dental composites filled with nanoparticles. *J Dent* 2008; 36: 703-710.