

مقایسه خصوصیات مکانیکی برخی از انواع سمانهای گلاس آیونومر در

دسترس

دکتر حسن ترابزاده*، دکتر مسعود رجبی**، دکتر سعید خشکباری***

Investigation into mechanical properties of two newly released glass – ionomer cements

¹Torabzadeh H. *DDS. MS. PhD.* ²Radjabi M. *MS.* ²Khoshkbari S. *DDS.*

¹Assistant Prof., Dept. of Operative Dentistry, Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran-IRAN.

²Assistant Prof. Dept. of Material & Metallurgy, Faculty of Engineering, International University of Imam Khomeini, Qazvin-IRAN, ³Dentist.

Key Words: Resin – modified glass ionomers, Compressive Strength, Flexural Strength

Background & Aim: The aim of this study was to investigate the mechanical properties of two newly introduced glass-ionomers (Iono cid – F and Iono Gem LC) to the market. Two well-known glass ionomer cements (Fuji II and Fuji II LC) were used for comparison.

Methods & Materials: Fifteen cylindrical specimens were made from each material and were tested under compression at 1 hours, 24 hours and 1 week after preparation. Another fifteen specimens having dimensions of (2x2x25mm) were made to study the flexural strength of the materials at the same intervals. One-way ANOVA and Scheffe tests were used to determine any statistically significant differences.

Results: The results indicated that Fuji II LC showed higher compressive and flexural strength at 1 hour and 1 week. Two new glass-ionomer cements exhibited compressive and flexural strength less than that of the two other glass-ionomers tested.

Conclusion: It was concluded that the new glass-ionomers distributed are significantly weaker and might show less satisfactory clinical performance. *Beheshti Univ. Dent. J. 2004; 22(2):212-220*

خلاصه

سابقه و هدف: گلاس آیونومرها موادی هستند که از ابتدای معرفی به عالم دندانپزشکی مورد بررسی های زیادی قرار گرفته اند. تحقیقات بر روی خصوصیات مکانیکی گلاس آیونومرها، به عنوان یکی از ابتدایی ترین تستها جهت بررسی کارآیی کلینیکی این مواد همیشه مورد توجه بوده است. اخیراً در ایران نیز انواعی از گلاس آیونومرهای کانونشنال و رزین مودیفاید در دسترس دندانپزشکان قرار گرفته اند که بنظر می رسد تاکنون تحقیقی در مورد این مواد به انجام نرسیده باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه خصوصیات مکانیکی (استحکام فشاری و خمشی) دو سمان گلاس آیونومر بسته بندی شده در داخل کشور (Iono Gem LC, Iono Cid – F) بود. مواد و روشها: در این تحقیق تجربی برای اندازه گیری استحکام فشاری این مواد با استفاده از هر ماده ۱۵ نمونه استوانه ای به ابعاد ۶×۴ میلی متر و برای اندازه گیری استحکام خمشی نیز ۱۵ نمونه به ابعاد ۲×۲×۲۵ میلی متر ساخته شد. نمونه های ساخته شده در زمانهای یک ساعت، ۲۴ ساعت و یک هفته بعد از آماده سازی بوسیله یک دستگاه تک محوری اندازه گیری خصوصیات مکانیکی با سرعت

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

**استادیار گروه مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

***دندانپزشک

۱ mm/min مورد آزمایش قرار گرفتند.

یافته ها: نتایج با استفاده از تست های آماری One – way ANOVA و Scheffe نشان دادند که سمانهای Fuji II و Fuji II LC دارای استحکام فشاری و خمشی بیشتری در مقایسه با سمان های مشابه ایرانی می باشند. در هر حال سمان رزین مودیفاید Fuji II LC از استحکام بیشتری نسبت به بقیه سمان ها برخوردار بود. نتیجه گیری: با توجه به نتایج به دست آمده نتیجه گیری شد که احتمالاً خصوصیات مکانیکی گلاس آیونومرهای ایرانی به کیفیت مطلوب کلینیکی مانند انواع آزمایش شده خارجی منجر نمی گردد.

واژه های کلیدی: گلاس آیونومر، استحکام فشاری، استحکام خمشی

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی سال ۱۳۸۳؛ جلد(۲)۲۲: صفحه ۲۱۲ الی ۲۲۰

مقدمه

مواد و روشها

در این تحقیق تجربی خصوصیات مکانیکی چهار گلاس آیونومر موجود در بازار دندانپزشکی مورد بررسی قرار گرفت. گلاس آیونومرهای Fuji II و GC Fuji II LC (International, Tokyo, Japan) از انواع شناخته شده گلاس آیونومر های خارجی موجود می باشند و دو گلاس آیونومر نامبرده ذیل (under license of Iono cid-F Iono-Gem و P.S.P, England, Salami Co., Tehran, Iran) (under license of D.C.L, England, Salami Co., LC Tehran, Iran) از گلاس آیونومرهایی هستند که به تازگی وارد بازار ایران گردیده و به احتمال زیاد و با اطلاعاتی که از شرکت عرضه کننده بدست آمده در ایران بسته بندی می شوند. برخی از اطلاعات مورد نیاز این مواد در جدول ۱ آورده شده است.

برای بررسی خصوصیات مکانیکی، استحکام فشاری (compressive strength) و استحکام خمشی (flexural strength) مورد ارزیابی قرار گرفت.

با توجه به مزایای شناخته شده گلاس آیونومرها از قبیل آزاد سازی فلوراید^(۱)، چسبندگی شیمیایی به نسوج سخت دندانی^(۲) (مینا و عاج)، سازگاری نسجی^(۳) و ضریب انبساط حرارتی مشابه دندان^(۴) امروزه این مواد با نامهای تجاری مختلف در تمام شاخه های دندانپزشکی مورد مصرف قرار می گیرند. گلاس آیونومرهای موجود را می توان برای چسباندن پروتزهای ثابت، به عنوان کف بندی در زیر انواع ترمیمها و هم چنین به عنوان ماده ترمیمی برای ترمیم نواحی که تحت فشار ناشی از اکلوژن نیستند مورد استفاده قرار داد. نظر به استفاده فراوان دندانپزشکان، شرکتهای سازنده مواد دندانپزشکی در داخل کشور نیز به عرضه انواع مختلف گلاس آیونومر در داخل کشور اقدام نموده اند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی خصوصیات مکانیکی برخی از این گلاس آیونومرها و مقایسه ان با انواع شناخته شده خارجی بوده است.

دقیقاً هم سطح قالب گردد. نمونه ها سپس از قالب خارج شده و در ظروف پلاستیکی جداگانه در آب مقطر در حرارت $37^{\circ}C$ تا هنگام آزمایش قرار گرفتند. تعداد ۱۵ نمونه با استفاده از این روش برای هر یک از مواد ساخته شد. در مورد گلاس آیونومرهای رزین مودیفاید از سه مخلوط جدا برای پر کردن ۲ میلی متر از قالب استفاده گردید و هر قسمت بطور جداگانه به مدت ۲۰ ثانیه تحت تابش دستگاه لایت کیور (Degulux, Degusa) قرار گرفت. در حین ساختن نمونه ها سعی شد که هیچگونه حباب و یا فاصله ای بین این سه لایه بوجود نیاید و در صورت مشاهده حباب یا فاصله بین لایه ها نمونه حذف گردید.

جهت ارزیابی استحکام فشاری از نمونه هایی استوانه ای شکل به ابعاد 4×6 میلی متر استفاده شد. یک قالب دو تکه استیل برای ساختن چنین نمونه های مورد استفاده قرار گرفت. مواد با احتیاط در داخل قالب قرار گرفته و با استفاده از عمل متراکم کردن همانند آنچه که در کلینیک انجام می شود سعی شد که از تشکیل حبابهای هوا جلوگیری شود و سپس قالب که در دو طرف آن دو نوار سلولوئیدی قرار گرفته بود بین دو اسلب شیشه ای جای گرفت و به مدت ۱۲ دقیقه در حرارت $37^{\circ}C$ در رطوبت ۱۰٪ باقی ماند. سپس اضافات با کاغذ سمباده grit ۱۰۰۰ گرفته شد به نحوی که نمونه ساخته شده

جدول ۱: مشخصات مواد بکار رفته

نام ماده	نوع	زمان Mixing (ثانیه)	زمان Working (ثانیه)	زمان Setting (ثانیه)	Batch No.	نسبت پودر به مایع	کارخانه سازنده
Fuji II	کانونشنال	۱۵-۲۵	۱۰۵	۳۳۰	۱۳۱۰۷۱ ۱	۱/۱	GC International, Tokyo, Japan
Fuji II LC	رزین مودیفاید	۲۰-۲۵	۱۹۵	۲۰	۰۴۰۹۸۱	۱/۲	GC International, Tokyo, Japan
Iono cid-F	کانونشنال	۳۰	۱۲۰	۲۷۰	-	۲/۳	شرکت سلامی تهران- ایران
Iono Gem LC	رزین مودیفاید	۱۵	-	۲۰	-	-	شرکت سلامی تهران- ایران

گلاس آیونومر پر شده و در بین اسلب های شیشه ای قرار گرفت. در مورد گلاس آیونومر رزین مودیفاید طول قالب ۴ بار و هر بار به مدت ۲۰ ثانیه طبق دستورالعمل کارخانه های سازنده مورد تابش اشعه قرار گرفت.

جهت ساخت نمونه ها برای ارزیابی استحکام خمشی از یک قالب آلومینیوم دو تکه که پس از قرار گرفتن در کنار هم مکعب مستطیلی به ابعاد $25 \times 2 \times 2$ میلی متر ایجاد می کردند استفاده گردید. همانند آنچه که در مورد ساخت نمونه های استحکام فشاری گفته شد قالب با

نمونه ها در ۳ زمان یک ساعت، ۲۴ ساعت و یک هفته بعد از مخلوط شدن مورد ارزیابی قرار گرفتند. قبل از انجام آزمایش ابعاد هر نمونه توسط کولیسی با دقت ۰/۰۵ میلی متر قبل از شکسته شدن اندازه گیری گردید و سپس با استفاده از دستگاه آزمایش خصوصیات مکانیکی تک محوری (WyKeham, Farrance, Liverpool, England) و با سرعت ۱ mm/min شکسته شدند. ANOVA One – way analysis of variance برای تعیین اختلافات گروه های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. تست Scheffe برای تعیین سطح معنی دار بین گروه های مختلف استفاده شد. سطح $P < 0/05$ بعنوان معنی دار از نظر آماری تلقی گردید.

یافته ها

نتایج حاصل از آزمایش استحکام فشاری تمام مواد در جدول ۲ و نمودار ۱ نشان داده شده است. این نتایج

مشخص نمود که میزان استحکام فشاری Fuji II در ۲۴ ساعت اول به حداکثر می رسد. در صورتیکه Fuji II LC هیچگونه اختلاف معنی داری را در طول سه زمان آزمایش نشان نداد. گلاس آیونومر کانوشنال بسته بندی شده در ایران (Iono cid – F) همانند Fuji II افزایش معنی دار را در آیونومر رزین مودیفاید ایرانی (Iono Gem LC) در طول دوره آزمایش نشان داد. نتایج حاصل از آزمایش استحکام خمشی تمام مواد در جدول ۳ و نمودار ۲ نشان داده شده است. این نتایج مشخص نمود که تمام مواد غیر از گلاس آیونومر رزین مودیفاید ایرانی (Iono Gem, LC) افزایش معنی داری را در طول مدت تحقیق نشان داده اند در صورتیکه افزایش استحکام خمشی این ماده فقط در طول ۲۴ ساعت اول معنی دار بود.

جدول ۲: میزان استحکام فشاری (Mpa) مواد در فواصل زمانی مختلف

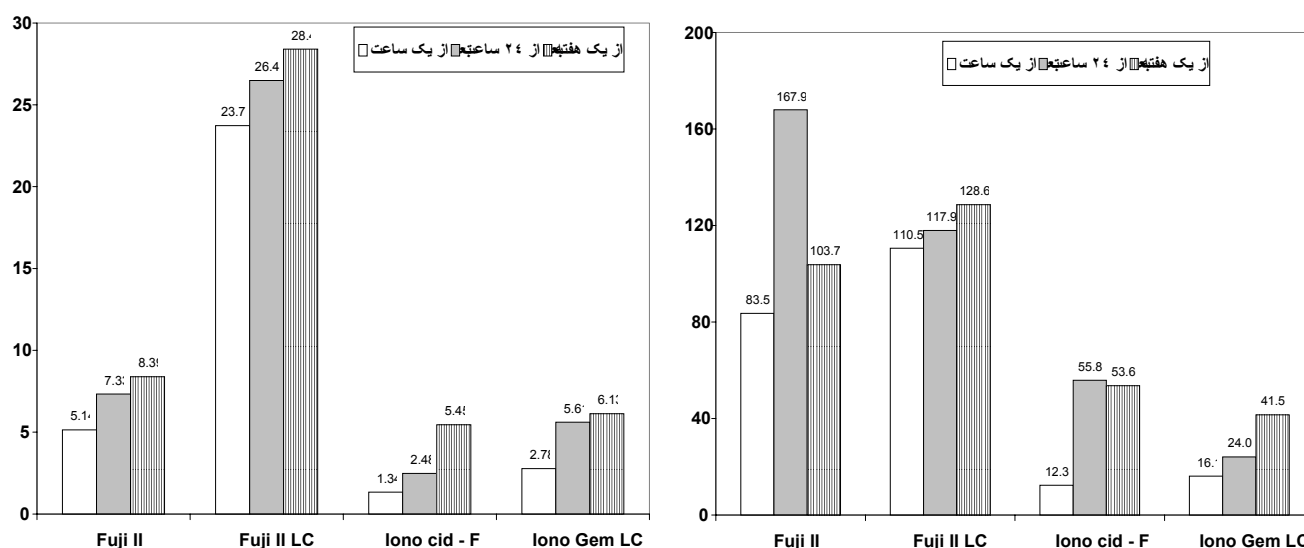
Iono Gem LC*	Iono cid-F*	Fuji II LC*	Fuji II*	ماده زمان
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	
۱۶/۱ (۴/۱۹)	۱۲/۳۳ (۳/۱۴)	۱۱۰/۵۹ ^b (۱۵/۱۷)	۸۳/۵۶ (۱۰/۶۵)	یک ساعت
۲۴/۰۸ (۳/۸۴)	۵۵/۸۷ ^c (۴/۷۳)	۱۱۷/۹۷ ^b (۱۷/۲۱)	۱۳۱/۸۴ ^a (۱۸/۵۶)	۲۴ ساعت
۴۱/۵۶ (۱/۵۹)	۵۳/۶۲ ^c (۱۲/۹۸)	۱۲۸/۶۲ ^b (۲۳/۵)	۱۰۳/۷۷ ^a (۱۷/۸)	یک هفته

* مقادیری که با یک حرف مشخص شده اند اختلاف معنی دار آماری ندارند.

جدول ۳: میزان استحکام خمشی (Mpa) مواد در فواصل زمانی مختلف

ماده زمان	Fuji II*	Fuji II LC*	Iono cid-F*	Iono Gem LC*
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
یک ساعت	۵/۱۴ (۰/۲۵)	۲۳/۷۲ (۰/۸۴)	۱/۳۴ (۰/۲۶)	۲/۷۸ (۰/۳۳)
۲۴ ساعت	۷/۳۳ (۰/۲۹)	۲۶/۴۹ (۰/۵۷)	۲/۴۸ (۰/۴۱)	۵/۶۱ ^a (۰/۳۷)
یک هفته	۸/۳۹ (۰/۴۲)	۲۸/۴ (۰/۴۹)	۵/۴۵ (۰/۳۸)	۶/۱۳ ^a (۰/۲۶)

* مقادیری که با یک حرف مشخص شده اند اختلاف معنی دار آماری ندارند.



نمودار ۱- استحکام فشاری مواد مورد مطالعه در زمانهای مختلف نمودار ۲- استحکام خمشی مواد مورد مطالعه در زمانهای مختلف

Fuji II LC دارای بیشترین استحکام فشاری و خمشی در یک هفته بوده در صورتیکه اختلاف موجود دو گلاس آیونومر ایرانی در یک هفته از نظر آماری معنی دار نمی باشد (جدول ۴).

جهت مقایسه استحکام فشاری و خمشی مواد مختلف، نتایج حاصل از آزمایشات ۲۴ ساعت و یک هفته مورد ارزیابی آماری قرار گرفتند. ANOVA نشان داد که مواد در طول دوره تحقیق دارای اختلاف معنی دار آماری می باشند. با استفاده از آزمون Scheffe مشخص شد که

جدول ۴: میزان استحکام فشاری و استحکام خمشی (Mpa) مواد در یک ساعت و یک هفته

استحکام خمشی		استحکام فشاری		نوع استحکام
Mean	SD	Mean	SD	
یک هفته	یک ساعت	یک هفته	یک ساعت	ماده زمان
Mean	Mean	Mean	Mean	
SD	SD	SD	SD	
۸/۳۹	۵/۱۴	۱۰۳/۷۷	۸۳/۵۶ ^a	Fuji II
۰/۴۲	۰/۲۵	۱۷/۸	۱۰/۶۵	
۲۸/۴	۲۳/۷۲	۱۲۸/۶۲	۱۱۰/۵۹ ^a	Fuji II LC
۰/۴۹	۰/۸۴	۲۳/۵	۱۵/۱۷	
۵/۴۵ ^d	۱/۳۴	۵۳/۶۳ ^c	۱۲/۳۳ ^b	Iono cid-F
۰/۳۸	۰/۲۶	۱۲/۹۸	۳/۱۴	
۶/۱۳ ^d	۲/۷۸	۴۱/۵۶ ^e	۱۶/۱ ^b	Iono Gem LC
۰/۲۶	۰/۳۳	۱/۵۹	۴/۱۹	

* مقادیری که با یک حرف مشخص شده اند اختلاف معنی دار آماری ندارند.

بحث

با بیس رزینی که برای ترمیم مستقیم دندان به کار می رود، استفاده شد.

با توجه به اینکه در برخی از مطالعات مشخص شده است که مواد به شکل کپسول، قابلیت مخلوط شدن بهتری نسبت به موادی که با دست مخلوط می شوند (Hand - Mix) دارند و خصوصیات مکانیکی آنها بهتر است^(۷)، سعی گردید تا تمام مواد استفاده شده در این تحقیق از موادی باشند که بصورت (Hand-Mix) مخلوط می شوند. در ضمن دو گلاس آیونومر شناخته شده خارجی که دارای مصرف زیادی می باشند و خصوصیات

استحکام فشاری و خمشی دو خصوصیت مکانیکی مهم هستند که به علت تأثیر ویژه آنها در کارآیی کلینیکی مواد ترمیم مورد توجه و اهمیت بوده اند و بواسطه این امر تا به امروز با استفاده از روشهای گوناگون مورد آزمایش قرار گرفته اند. در مطالعه حاضر برای ساخت نمونه های لازم برای انجام تست استحکام فشاری از دستورالعمل شماره ISO ۶۰۳۹^(۵) که برای ارزیابی خصوصیات سمانهای گلاس آیونومر دندانپزشکی به کار می رود، استفاده گردید. برای تست استحکام خمشی نیز طبق دستورالعمل شماره ISO ۴۰۴۹^(۶) برای ارزیابی مواد

مکانیکی آنها مورد بررسی و تحقیقات فراوانی قرار گرفته است بعنوان کنترل برای مقایسه در نظر گرفته شدند تا زمینه مقایسه را به خوبی فراهم سازند.

نتایج این تحقیق نشان داد که استحکام فشاری و خمشی سمان Fuji II نسبت به Iono cid - F در یک ساعت و همچنین یک هفته بیشتر می باشد. برای روشن شدن علل موثر در پیدایش یافته فوق باید متذکر شد که مخلوط کردن سمان Iono cid - F با نسبت ۲/۳ (پودر به مایع) و پیمانه ارسالی شرکت سازنده برای آماده سازی نمونه ها به ایجاد مخلوط نامناسبی (از لحاظ قوام) منجر می گردید که از نظر ظاهری تفاوت آشکاری با نوع خارجی (Fuji II) داشت. همچنین با توجه به اینکه نسبت پودر به مایع عامل بسیار مهمی در استحکام سمانهای گلاس آینومر می باشد^(۸) می توان اظهار نمود که احتمالاً دستورالعمل شرکت برای بدست آوردن مخلوط مناسب درست نمی باشد. علاوه بر این تخلخل و پروزیتته های بسیار کوچک و غیرقابل اجتناب در داخل مخلوط مشاهده گردید که خود می تواند عامل موثری در ثبت استحکام پایین برای این ماده باشد. علاوه بر اینکه نشان داده شده است که نسبت پایین Al_2O_3/SiO_2 و غلظت پلی الکنوئیک اسید نیز در استحکام نهایی سمانهای گلاس آینومر موثر می باشد^(۹،۱۰). متأسفانه با توجه به اینکه هیچگونه اطلاعی از ترکیب پودر و مایع سمان Iono cid - F در دسترس نمی باشد بنابراین اظهار نظر صریح و قطعی در مورد علت اصلی استحکام پایین سمان با توجه به ترکیب پودر و مایع مقدور نمی باشد.

مخلوط کردن سمان Iono cid - F در مقایسه با دیگر سمانهای مورد آزمایش بسیار راحت تر انجام می شود که با توجه به اینکه این سمان از نوع water - hardening محسوب می گردد، کاملاً قابل پیش بینی بود. زیرا اظهار گردیده است که این سمان ها دارای خصوصیات mixing بهتری می باشند، لکن همانند دیگر مطالعات^(۱۱) افزایش اولیه استحکام در این ماده مشاهده نگردید و بنظر می رسد که سخت شدن اولیه سمان بسیار طولانی تر از چیزی بوده که کارخانه سازنده به آن اشاره نموده است (در حدود ۴/۵ دقیقه).

همچنین نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان دادند که استحکام فشاری و خمشی Fuji II LC در زمانهای یک ساعت و یک هفته به طور معنی داری از نظر آماری بالاتر از Iono Gem LC می باشد.

اولین علت ثبت استحکام پایین گلاس آینومر رزین مودیفاید ایرانی (Iono Gem LC) می تواند عدم اشاره کارخانه سازنده به نسبت پودر و مایع و عدم وجود پیمانه ای برای مخلوط کردن باشد. اگر چه تمام تلاش بر این قرار گرفت تا در طول تحقیق از مخلوط یکسانی برای ساخت نمونه ها استفاده شود و عدم رویت دانه های پودر، نجسبیدن مخلوط به اسپاتول و یکسانی قوام مخلوط با مشابه خارجی از جمله معیارهایی بودند که در طول تحقیق به دقت رعایت گردیدند و انحراف معیار پایین به دست آمده برای نتایج می تواند دلیلی برای رعایت نکات فوق و یکسان سازی نمونه ها باشد.

در این تحقیق جهت جلوگیری از تأثیرات جذب و از

یک ساعت نیز فقط در استحکام خمشی اختلاف معنی دار نشان دادند که دلایل آن قبلاً ذکر گردید.

به استثنای سمان گلاس آیونومر رزین فايد ایرانی (Iono Ge,m LC) استحکام فشاری بدست آمده در تمام مواد در یک هفته افزایش معنی دار نداشته است. Mitra و Kedrowski (۱۹۹۳) گزارش کردند که میزان استحکام فشاری سمان های Fuji II LC و Fuji II در طول یک هفته هیچگونه افزایشی را نشان نداده اند^(۱۴). همچنین Kerby و همکاران (۱۹۹۷) نیز این نکته را متذکر شدند که میزان استحکام فشاری سمان Fuji II LC در طول یک هفته هیچگونه افزایش معنی داری را نشان نداد و نتایج حاصل از آزمایش استحکام فشاری تحقیق حاضر با نتایج بدست آمده از تحقیقات مذکور مطابقت دارد^(۱۵).

همچنین نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان داد استحکام خمشی تمام مواد بجز سمان Iono Gem LC در طول یک هفته افزایش معنی داری نشان می دهد که احتمالاً به دلیل ادامه واکنشهای اسید-باز و پلیمریزاسیون رادیکالهای آزاد در این سمان می باشد. هرچند این امر با نتایج تحقیقات مشابه^(۱۳،۱۶) که در طول یک هفته افزایش معنی داری را در استحکام خمشی مشاهده نکردند، مغایرت دارد که متأسفانه دلیل خاصی را برای این موضوع نمی توان ذکر کرد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده نتیجه گیری شد که احتمالاً خصوصیات مکانیکی گلاس آیونومرهای ایرانی به

دست دادن آب از هیچ عامل محافظت کننده ای استفاده نشد. این امر شاید یکی از دلایل ثبت استحکام خمشی پایین برای سمان Iono Gem LC باشد. زیرا بیان شده است که وجود رادیکالهای غیرپلیمریزه آزاد به مقدار بالا در سمانهای رزین مودیفاید، باعث هیدروفیل تر (آبدوست تر) شدن سمان شده و نفوذ آب به سطح سمان را باعث می شود که موجب پایین آمدن استحکام سمان می گردد^(۱۲). احتمال می رود که سخت شدن کامل سمان Iono Gem LC به زمان بیشتری احتیاج داشته باشد و تماس زودرس با آب به تغییرات اساسی در ساختمان سمان و در نتیجه پایین آمدن استحکام آن منجر گردد. عدم وجود اطلاعات دقیقتر در مورد ترکیب اجزاء این سمان (پودر و مایع) نیز در جلوگیری از روشن تر نمودن علت استحکام پایین سمان نقش اساسی دارد. نتایج نشان داد که سمان رزین مودیفاید خارجی (Fuji II LC) دارای استحکام فشاری و خمشی بیشتری نسبت به نوع کانونشنال خارجی (Fuji II) می باشد که این نتایج با نتایج تحقیقات^(۱۳،۱۴) مطابقت دارد. بطور کلی تحقیقات نشان می دهند که سمان های رزین مودیفاید شده از استحکام بالاتری برخوردار می باشند. علت استحکام بیشتر این مواد اضافه کردن مواد رزینی داخل ترکیب این نوع از سمان ها است.

طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق سمان های ایرانی (Iono Gem LC و Iono Cid - F) در زمان یک هفته استحکام فشاری و خمشی یکسانی نشان دادند (از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند). همچنین در زمان

کیفیت مطلوب کلینیکی مانند انواع آزمایش شده خارجی منجر نمی گردد.

References:

1. Dhondt CL, De Mayer EAP, Verbeeck RMH: Fluoride release from glass ionomer activated with fluoride solutions. *J Dent Res* 2001;**80**:1402-1406
2. Liu Y, Liao H, Li J: Evaluation of resin – modified glass ionomers invitro and invivo. *J Dent Res* 1995;**74**:475 (Abst No. 942)
3. Mitra SB: Adhesion to dentine and physical properties of light – cured glass – ionomer liner / base. *J Dent Res* 1991;**70**:72-74
4. Brantley WA, Kerby RE: Thermal diffusivity of glaa ionomer cement systems. *J Oral Rehabil* 1993;**20**:61-68
5. International Standard Specification: Dental glass Polyalkenoate cements. ISO 1986;7489
6. Internation Standard Specification: Resin – based dental filling materials (Class B). ISO 1988;4049
7. Azillah MA, Anstice HM, Pearson GJ: Long term felxural strength of three direct aesthetic restorative materials. *J Dent* 1998;**26**:177-182
8. Williams JA, Billington RW: Changes in compressive strength of glass ionomer restorative materials with respect to time periods of 24 h to 4 month. *J Oral Rehabil* 1991;**18**:163-168
9. Wilson AD: Developments in glass – ionomer cements. *Int J Prosthodont* 1989;**2**:438-446
10. Wilson AD, Hill RG, Warrens CP, Lewis BG: The influence of polyacid molecular weight on some properties of glass – ionomer cements. *J Dent Res* 1989;**68**:89-94
11. Pearson GJ Atkinson AS: Long – term flexural strength of glass ionomer cements. *Biomaterials* 1991;**12**:658-660
12. White SN, Yu Z: Compressive and diametral tensile strength of current adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 1993;**69**:568-572
13. Miyazaki M, Moore BK, Onose H: Effect of surface coating on flexural properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci* 1996;**4**:600-604
14. Mitra SB, Kedrowski BL: Long – term mechanical properties of glass ionomers. *Dent Mater* 1994;**10**:78-82
15. Kerby RE, Knobloch L, Thakur A: Strength properties of visible – light cured resin – modified glass ionomer cement. *Oper Dent* 1997;**22**:79-83
16. Torabzadeh H: Laboratory and clinical investigation into resin modified glass ionomer cements and related materials. PhD Thesis; University of Bristol, Bristol, England. 1996