لیزر در پزشکی ۱۳۹۹/ دوره ۱۷ / شماره ۳ / صفحات ۲۷-۲۳.

مقاله پژوهشی

تأثیر میزان اشعه مادون‌قرمز خروجی دستگاه‌های light cure بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های میکروهیبرید

علیرضا کاظم‌پور[۱]
الناز صفدری مولان[۲]
علی داودی[۳]
سیدمصطفی فاطمی[۴*]
عزالدین مهاجرانی[۵]

۱- دندانپزشک، دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلای ایران ، تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فوتونیک، پژوهشکدهٔ لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

۳- دندانپزشک، دانشجوی دکترای تخصصی زیست مواد دندانی دانشگاه علوم پزشکی تهران ، تهران، ایران

۴- دندانپزشک، استادیار زیست مواد دندانی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، مرکز تحقیقات لیزر پزشکی، جهاد دانشگاهی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۵- استاد فوتونیکس، پژوهشکدهٔ لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

نویسندهٔمسئول: سیدمصطفی فاطمی
پست الکترونیک:
dr_fatemi@yahoo.com
شماره تماس: ۰۲۱-۶۶۴۹۲۵۷۶

خلاصه

مقدمه: در این پژوهش، با توجه به اهمیت یافتن روزافزون کامپوزیت‌ها و همچنین تأثیر امواج فروسرخ بر خواص پلیمرها تأثیرات حذف و افزایش تابش فروسرخ‌بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های دندانی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: در این مطالعهٔ تجربی _ آزمایشگاهی از ۲ نوع دستگاه لایت‌کیور هالوژن (دستگاه لایت‌کیور optilux متعلق به شرکت Kerr) و LED (دستگاه لایت‌کیور woodpecker LED.D) و از کامپوزیت z250 ساخت شرکت 3mاستفاده شد. تعداد ٥٤ عدد قالب کامپوزیت به ابعاد (ارتفاع ۲ میلی‌متر و طول ۱۵ میلی‌متر و عرض ۳/۵ میلی‌متر) در ٦ گروه (QTH بدون تغییر، LED بدون تغییر، QTH به همراه فیلتر حذف‌کنندهٔ کامل طیف فروسرخ، LED به همراه فیلتر حذف‌کنندهٔ کامل طیف فروسرخ، QTH همراه با تابش فروسرخ با طول موج ۹۸۰ نانومتر) به میزان ٦ ژول بر سانتی‌متر مربع، LED همراه با تابش فروسرخ با طول موج ۹۸۰ نانومتر (به میزان 16 j/cm2) تهیه شد که با در نظر گرفتن انرژی مورد نیاز (16 j/cm2) برمبنای رادیومتر اختصاصی دستگاه‌های لایت‌کیور قالب‌ها در شرایط ثابت محیط، کیور شدند. سپس نمونه‌ها تحت آزمون خمش سه‌نقطه‌ای قرار گرفتند و استحکام خمشی، مدول خمشی و چقرمگی خمشی این نمونه‌ها محاسبه گردید.

یافته‌ها: یافته‌های این پژوهش نشان‌دهندهٔ این بودند که با حذف کامل طیف IR و اعمال دانسیتهٔ انرژی مساوی (با تغییر فاکتور زمان)، استحکام خمشی دو گروه LED و QTH افزایش پیدا می‌کرد که این افزایش به لحاظ آماری قابل توجه بوده است. این نتایج همچنین نشان داده‌اند در گروه‌هایی که تحت تابش IR اضافی قرار گرفته‌اند نیز اندکی افزایش در هر دو گروه LED و QTH مشاهده گردید که البته این میزان به لحاظ آماری قابل توجه نبوده است. نتایج متغیر مدول خمشی نیز بیانگر آن است که افزایش یا کاهش طیف IR در درون گروه‌ای QTH و LED تفاوت محسوسی در میزان مدول الاستیک ایجاد نکرده است و این تغییرات به لحاظ آماری قابل توجه نبوده است. نتایج بررسی چقرمگی نیز بیانگر آن است که چقرمگی در گروه‌های دارای فیلتر حذف‌کنندهٔ IR با دو گروه دیگر تفاوت قابل توجهی پیدا کرده است و این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار است. در این متغیر در درون گروه‌های QTH و LED بدون تغییر و گروه‌های تحت تابش IR اضافی تفاوت قابل توجه آماری دیده نشده است.

نتیجه‌گیری: نتیجه‌های این پژوهش حاکی از آن می‌باشد که حذف کامل IR با حفظ دانسیتهٔ انرژی به بازآرایی بهتر پیوندهای درون ماده کمک می‌کند که سبب بهبود کلی خواص فیزیکی کامپوزیت می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: IR, light cure, فیلتر حذف‌کننده IR

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

مقدمه

امواج مادون قرمز تابش‌های الکترومغناطیسی هستند که طول موج آن‌ها بلندتر از نور مرئی و کوتاه‌تر از امواج رادیویی است. طول موج امواج فروسرخ در بازهٔ ۷۰۰ نانومتر تا ۱میلی‌متر قرار می‌گیرد. قسمتی از طیف خروجی لامپ QTH را اشعه مادون قرمز تشکیل می‌دهد که با توجه به طول موج آن می‌تواند حامل انرژی باشد و در صورت عدم حذف، توانایی آسیب به پالپ را دارد. البته حذف این ناحیه انرژی کلی را کاهش می‌دهد[1]. شدت انرژی حاصل از لایت‌کیور می‌تواند بر درجه، شدت و خصوصیات مکانیکی کامپوزیت تأثیر داشته باشد[۲]. اگرچه انرژی ساطع‌شده در محدودهٔ مادون قرمز اندک است اما، تاکنون هیچ مطالعه‌ای اثر آن را بر پلیمریزاسیون کامپوزیت مورد بررسی قرار نداده است. مطالعات صورت گرفته در این زمینه به مقایسهٔ اثر پرتوی ساطع‌شده از دستگاه QTH و LED بر روی سختی، شکنندگی و رنگ کامپوزیت پرداخته‌اند[3و4] که نتیجهٔ این مطالعات نشان می‌دهد خواص مکانیکی کامپوزیت کیورشده بیشتر از آنکه به منبع نور وابسته باشد به جنس کامپوزیت وابسته است. در زمینهٔ بررسی تأثیر طول موج‌های ساطع‌شده بر خواص کامپوزیت‌های کیورشده اطلاعات بسیار کمی در دسترس است. در یک مطالعه تشعشع ماوراءبنفش منجر به افزایش سختی کامپوزیت متناسب با افزایش دوز پرتوی ماوراء بنفش گردید و جذب آب و حلالیت آن کاهش پیدا کرد[5]. در مطالعهٔ دیگر اثر پرتوی گاما را بر سایش کامپوزیت‌ها مورد بررسی قرار دادند که نتایج مطالعه حاکی از آن بود که پرتوی گاما بر روی مقاومت سایشی کامپوزیت تأثیری ندارد[6]. به دلیل کمبود اطلاعات درخصوص اثر طول موج IR بر روی کیورشدن کامپوزیت‌ها و نبودن راهنمای لازم در این زمینه مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی اثر طیف خروجی مادون قرمز دستگاه‌های مختلف لایت‌کیور بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های میکروهیبرید طراحی شده است.

روش بررسی

در این مطالعه از دو دستگاه لایت‌کیور QTH (Optilux ساخت شرکت Kerr) و LED (Woodpecker LED.D) که دارای دو منبع مختلف انرژی هستند و همچنین سه رادیومتر Thorlabs، SDI و اپتی‌لوکس استفاده گردید. جهت حذف کامل طیف مادون قرمز در پژوهشکدهٔ لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی از فیلتر انتخابی شرکت Hoya با طول ۱۶۵ میلی‌متر برای هر ضلع و ضخامت ۲/۵ میلی‌متر که تابش‌های با طول موج مادون قرمز (۷۰۰ نانومتر و بالاتر) را کاملاً حذف می‌کند، استفاده شد. جهت تابش انتخابی مادون قرمز از نور لیزر با طول موج ۹۸۰ نانومتر با فلاکس خروجی ۱۵۰ میلی‌وات به همراه پخش‌کننده جهت ایجاد سطح مقطع مناسب تابش استفاده گردید از کامپوزیتZ250 شرکت 3M با رنگ A۳/۵ به عنوان نمونهٔ مورد آزمون که در قالب نوار مکعبی به ابعاد ۳/۵ * ۲* ۱۲ میلی‌متر تهیه می‌گردید، استفاده شد. این کامپوزیت از نوع میکروهیبرید می‌باشد. برای تهیهٔ قالب‌ها از مولد stainless steel دارای فضای خالی به ابعاد ارتفاع ۲ میلی‌متر و طول ۱۵ میلی‌متر و عرض ۳/۵ میلی‌متر استفاده گردید. لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از هرگونه تداخل نوری تمام مراحل مطالعه از جمله نمونه‌سازی و ارزیابی تشعشعات در اتاق اپتیک با دمای ثابت و در فضای تاریک انجام گردید. در مرحلهٔ اول طیف خروجی دستگاه‌های مورد نظر در دو طیف زیر ۱۰۰۰ نانومتر و ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر در پژوهشکدهٔ لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی و پژوهشگاه رنگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که هر اندازه‌گیری چندین بار تکرار و سه بار ثبت گردید. این اندازه‌گیری نشان می‌دهد که هر دو دستگاه علاوه بر پیک خروجی در محدودهٔ رنگ آبی نزدیک ۴۸۰ نانومتر دارای خروجی مادون قرمز می‌باشند که نزدیک‌ترین پیک آن در محدودهٔ نزدیک ۹۰۰ نانومتر است. ایرادیانس خروجی دستگاه‌ها توسط رادیومتر مناسب برحسب میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع ارزیابی گردید و با توجه به قابلیت انجام مطالعه جهت برابر بودن انرژی دریافت‌شده توسط بلوک‌های کامپوزیتی از متغیر زمان استفاده شد و مبنای دانسیتهٔ انرژی خروجی برمبنای کتب مرجع ۱۶ ژول بر سانتی‌متر محاسبه و اعمال گردید. همچنین تغییرات دمای نمونه در حضور و عدم حضور طیف مادون قرمز توسط ترموکوپل کنترل گردید. که با توجه به عدم تفاوت قابل توجه در هر گروه (کمتر از ۲ درجهٔ سانتی‌گراد) از اثر آن صرف‌نظر گردید. در مرحلهٔ بعد با استفاده از مولد فلزی بلوک‌های کامپوزیت مکعبی به ابعاد ۳/۵ * ۲* ۱۵ میلی‌متر تهیه گردید و در گروه‌های ذیل مورد تابش قرار گرفت.

گروه اول و دوم: نمونه‌ها با دانسیتهٔ انرژی ۱۶ ژول بر سانتی‌متر مربع (برمبنای رادیومتر) توسط دو دستگاه LED و QTH مورد تابش قرار گرفتند (بدون تغییردر طیف خروجی دستگاه).

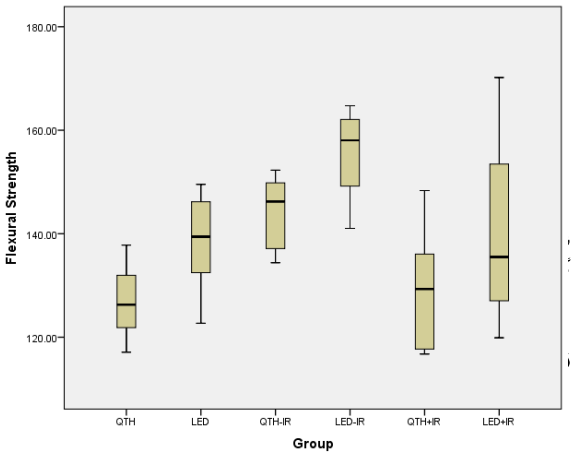
[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

گروه سوم و چهارم: نمونه‌ها با دانسیتهٔ انرژی ۱۶ ژول بر سانتی‌متر مربع (برمبنای رادیومتر و متغیر زمان) توسط دو دستگاه LED و QTH همراه با فیلتر حذف کامل طیف مادون قرمز (بالای ۷۰۰ نانومتر) مورد تابش قرار گرفتند. حذف کامل طیف مادون قرمز توسط رادیومتر اختصاصی مورد تأیید قرار گرفت.

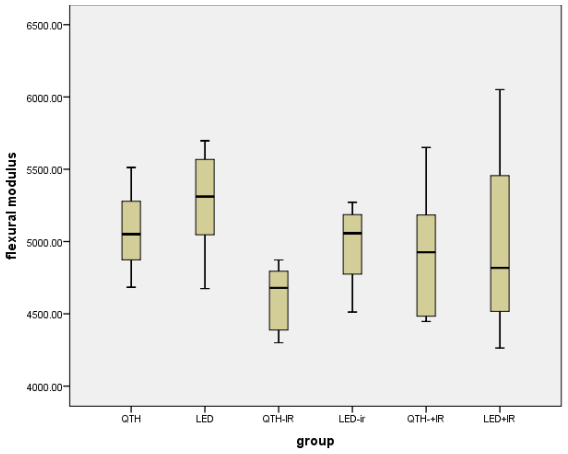
گروه پنجم و ششم: نمونه‌ها با دانسیتهٔ انرژی ۱۶ ژول بر سانتی‌متر مربع (برمبنای رادیومتر) توسط دو دستگاه LED و QTH همراه و همزمان با تابش IR توسط لیزر 980nm به همراه پخش‌کننده (جهت ایجاد سطح مقطع مناسب تابش) و با دانسیتهٔ انرژی ۶ ژول بر سانتی‌متر مربع (که البته توسط رادیومتر دندانپزشکی قابل detect نیست) مورد تابش قرار گرفتند. پس از تابش‌های موردنظر، نمونه‌ها در دستگاه UTM برند STM-۲۰ ساخت شرکت سنتام قرار گرفته و تحت نیروی خمشی تا نقطهٔ شکست قرار می‌گرفتند و استحکام شکست محاسبه گردید همچنین میزان دفرمیشن و مدول خمشی و انرژی لازم شکست نیز از نمودارها استخراج گردید.

یافته‌ها

نتایج حاصل از نمودارها نشان‌دهندهٔ این بود که متغیر استحکام خمشی در گروه‌های آزمون بیانگر آن است که در گروه‌های LED و QTH با استفاده از فیلتر حذف‌کنندهٔ طیف IR میزان استحکام افزایش می‌یابد. این افزایش به ترتیب ۱۲ و ۱۴ درصد می‌باشد و به لحاظ آماری قابل توجه است. این نتایج همچنین نشان داده‌اند در گروه‌هایی که تحت تابش IR اضافی قرار گرفته‌اند نیز اندکی افزایش مشاهده گردید (کمتر از ۲ درصد) که البته این میزان به لحاظ آماری قابل توجه نبوده است.



گروه‌های آزمون بیانگر آن است که افزایش یا کاهش طیف IR در درون گروه‌های QTH و LED تفاوت محسوسی در میزان مدول الاستیک ایجاد نکرده است و این تغییرات به لحاظ آماری قابل توجه نبوده است.



نتایج بررسی چقرمگی در گروه‌های مختلف بیانگر آن است که چقرمگی Toughness به مفهوم انرژی کلی لازم برای ایجاد شکست در نمونه‌ها در گروه‌های دارای فیلتر حذف‌کنندهٔ IR با دو گروه دیگر تفاوت قابل توجهی پیدا کرده است و این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار است.

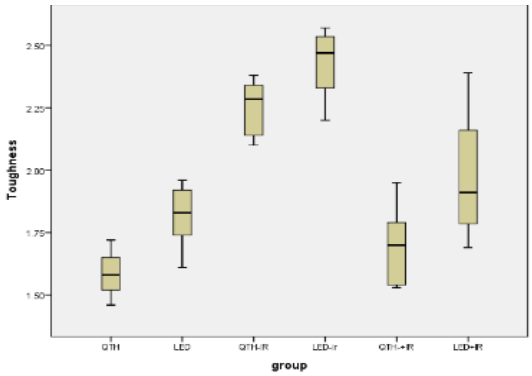
در این متغیر در درون گروه‌های QTH و LED بدون تغییر و گروه‌های تحت تابش IR اضافی تفاوت قابل توجه آماری دیده نشده است. لازم به ذکر است که در مواد شکننده مانند کامپوزیت‌های دندانی با توجه به میزان بسیار اندک تغییرات پلاستیک میزان انرژی لازم تا رسیدن به حد الاستیک (رزیلینس یا ارتجاعیت) تفاوت بسیار اندکی با انرژی لازم برای رسیدن به نقطهٔ شکست (تافنس یا چقرمگی) دارد و این دو میزان را می‌توان مساوی فرض کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ این بودند که با حذف کامل طیف IR بالای ۷۰۰ نانومتر و اعمال دانسیتهٔ انرژی مساوی (با تغییر فاکتور زمان)، استحکام خمشی دو گروه LED و QTH افزایش پیدا می‌کرد و این افزایش که در گروه QTH حدود 14 درصد و در گروه LED حدود 12 درصد بود، از نظر آماری قابل توجه بود. بر مبنای مطالعات

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

فوتونیکس می‌توان این افزایش را به تابش اختصاصی‌تر طیف آبی در محدودهٔ ٤٥٠ تا ٥٠٠ نانومتر (و به طور اختصاصی افزایش نسبی فوتون‌های دارای طول موج حدود ٤٧٠ نانومتر) که تهییج‌کنندهٔ فعال‌کنندهٔ آغازگر نوری CQ است، نسبت داد. این امر می‌تواند موجب تشدید تبدیل CQ از حالت ground به singlet تهییج‌شده توسط نور شود که سپس طی یک مکانیسم جابه‌جایی درون سیستمی نهایتاً به حالت triplet فعال تبدیل می‌گردد. کامفورکینون در حالت triplet فعال می‌تواند موجب جدایش هیدروژن از مونومرها شود که خود آغازگر زنجیرهٔ آبشاری پلیمریزاسیون است[7و8]. به نظر می‌رسد نتایج درجهٔ تبدیل حاصل از گروه‌های مورد آزمون نیز تأییدکنندهٔ این فرآیند باشند. مدول الاستیک که بیانگر سفتی یا stiffness ماده در برابر تغییر شکل است، می‌تواند تابعی از تعداد کانون‌های پلیمریزاسیون شکل‌گرفته در ماده و رشد این کانون‌ها در کنار هم باشد که اثر مهمی را در تحمل فشار در نواحی اینترفیس بین نسج دندان و پرکردگی ایفا می‌کند و نزدیک بودن آن به مدول الاستیک نسج دندان به ویژه در ناحیهٔ لایهٔ هیبرید از عوامل مهم بقای این ناحیه و مقاومت آن در برابر استرس‌های مکانیکال است[9]



با توجه به مطالعاتی که این فاکتور را بررسی کرده‌اند، رابطهٔ مستقیمی بین این عامل و خواص مکانیکی دیگر مانند سختی و استحکام و درجهٔ تبدیل وجود ندارد[10].

مدول خمشی بیشتر به نحوهٔ کیورکردن و اجازه دادن به زنجیره‌های پلیمری در تغییر بازنشانی میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک و میزان استرس شکل گرفته در هنگام پلیمریزاسیون بستگی دارد. به گونه‌ای که هرچه میزان استرس شکل‌گرفته کمتر باشد و به زنجیره‌های پلیمری اجازهٔ بازآرایی و چیدمان مجدد داده شود، مدول خمشی کمتر است. کاهش مختصر این متغیر در گروه‌های دارای فیلتر مادون قرمز را می‌توان به این رفتار پلیمر در هنگام پلیمریزاسیون نسبت داد اگرچه این میزان قابل توجه نبوده است[11]. از سوی دیگر نشان داده شده است که شدت بالای تابش در زمان کوتاه با اینکه ممکن است از نظر دندانپزشکان برای کیور کامپوزیت‌ها مطلوب به نظر برسد، می‌تواند موجب آن شود که کانون‌های شکل‌گرفتهٔ پلیمریزاسیون سریعاً به هم متصل شوند و اجازهٔ ایجاد اتصالات متقاطع بین زنجیره‌ها و rearrangement داده نشود. درخصوص چقرمگی مطالعات نشان داده‌اند که رابطهٔ مستقیمی بین میزان درجهٔ تبدیل و سختی و چقرمگی کامپوزیت‌ها وجود دارد[12]. در مطالعهٔ کنونی همان‌گونه که ذکر شد، چقرمگی Toughness به مفهوم انرژی کلی لازم برای ایجاد شکست در نمونه‌ها (سطح زیر منحنی تنش - کرنش) در گروه‌های دارای فیلتر حذف‌کنندهٔ IR با دو گروه دیگر تفاوت قابل توجهی پیدا کرده است.

نکتهٔ مهم درخصوص این متغیر آن است که دو ماده با خواص مکانیکی متفاوت می‌توانند چقرمگی مشابه داشته باشند بدین صورت که نیازمند استرس زیاد و استرین اندک یا استرس کم و استرین زیاد برای شکست باشند و یا اینکه یک ماده توانایی تغییر پلاستیک قابل توجهی قبل از رسیدن به نقطهٔ شکست داشته باشد[13]. با توجه به تغییرات اندک مدول خمشی و شیب منحنی و نیز شکننده بودن ذاتی کامپوزیت‌های دندانی تغییرات چقرمگی به تابعی نزدیک از تغییرات استحکام تبدیل شده است که درصد تفاوت کمتر تافنس در گروه‌های دارای تابش همراه با فیلتر IR نسبت به تفاوت استحکام خمشی آن‌ها ناشی از تغییر اندک مدول خمشی است. تابش کوتاه‌مدت و با شدت بسیار بالا موجب بهبود خواص کامپوزیت نمی‌شود.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]

References:

1.Harrington E, Wilson H. Determination of radiation energy emitted by light activation units. Journal of Oral Rehabilitation. 1995; 22(5): 377-85..

2.NOMOTO R, UCHIDA K, HIRASAWA T. Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. Dental Materials Journal. 1994; 13(2): 198-205,72..

3.Alaghemand H, Ramazani M, Abedi H, Zarenejad N. Vickers hardness of composite resins cured with LED and QTH units. Journal of Dental Biomaterials. 2016; 3(1): 192-8.

Razavi S, Esmaeili B,

4.Amiri H, Pakdaman M, Bijani A. Color stability of a microhybrid resin composite polymerized with LED and QTH light curing units. Journal of Dentomaxillofacial۲۰۱۳; (٤)۲: ۷-۱٤ .

5.von Fraunhofer JA, Curtis P, Sharma S, Farman AG. The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. Journal of Dentistry. 1989; 17(4): 177-83.

6.Curtis PM, Farman AG, von Fraunhofer JA. Effects of gamma radiation on the in vitro wear of composite restorative materials. Journal of Dentistry. 1991; 19(4): 241-4.

7.Jakubiak J, Allonas X, Fouassier J, Sionkowska A, Andrzejewska E, Linden L. Camphorquinone–amines photoinitating systems for the initiation of free radical polymerization. Polymer. 2003; 44(18): 5219-26.

8.Bhamra G, Fleming G, Darvell B. Influence of LED irradiance on flexural properties and Vickers hardness of resin-based composite materials. Dental Materials. 2010; 26(2): 148-55.

9.Brandt WC, Cardoso L, de Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Influence of light-curing units on the flexural strength Influence of light-curing units on the flexural strength and flexural modulus of different resin composites and flexural modulus of different resin composites. Brazilian Journal of Oral Sciences. 2008; 7(25): 1555-8.

10.Braga R, Cesar P, Gonzaga C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. Journal of Oral Rehabilitation. 2002; 29(3): 257-62.

11.Cunha L, Alonso R, Neves A, De Goes M, Ferracane J, Sinhoreti M. Degree of conversion and contraction stress development of a resin composite irradiated using halogen and LED at two C-factor levels. Operative dentistry. 2009; 34(1): 24-31.

12.Gomes GM, Calixto AL, Santos FAd, Gomes OMM, D'Alpino PHP, Gomes JC. Hardness of a bleaching-shade resin composite polymerized with different light-curing sources. Brazilian oral research. 2006; 20(٤): ۳۳۷-٤۱ .

13. Greig V. Craig's restorative dental materials. Nature Publishing Group; 2012

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-03]