

## بررسی افزایش دما با دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابش در دو نوع کامپوزیت نوری

دکتر معصومه حسنی طباطبایی<sup>†</sup> - دکتر منصوره میرزایی\* - دکتر محمد عطایی\*\* - دکتر فریبا متوسلیان\*\*\*  
\*استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران  
\*\* PhD مهندسی مواد پژوهشگاه پلیمر ایران  
\*\*\* متخصص ترمیمی

**Title:** Evaluation of temperature rise with different curing methods and units in two composite resins  
**Authors:** Tabatabaei M. Assistant Professor\*, Mirzaei M. Assistant Professor\*, Ataei M. PhD of Polymer Engineer\*\*, Motevaselian F. Restorative Dentist  
**Address:** \*Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences  
\*\*Iran Polymer Petrochemical Institute  
**Background and Aim:** The majority of commercial curing units in dentistry are of halogen lamp type. The new polymerizing units such as blue LED are introduced in recent years. One of the important side effects of light curing is the temperature rise in composite resin polymerization which can affect the vitality of tooth pulp. The purpose of this study was to evaluate the temperature rise in two different composite resins during polymerization with halogen lamps and blue LED.  
**Materials and Methods:** This experimental study investigated the temperature rise in two different composites (Hybrid, Tetric Ceram/Nanofilled, Filteke Supreme) of A2 shade polymerized with two halogen lamps (Coltolux 50, 350 mW/cm<sup>2</sup> and Optilux 501 in standard, 820 mW/cm<sup>2</sup> and Ramp, 100-1030 mW/cm<sup>2</sup> operating modes) and one blue LED with the intensity of 620 mW/cm<sup>2</sup>. Five samples for each group were prepared and temperature rise was monitored using a k-type thermocouple. Data were analyzed by one-way ANOVA, two-way ANOVA and Tukey HSD tests with P<0.05 as the limit of significance.  
**Results:** Light curing units and composite resins had statistically significant influence on the temperature rise (p<0.05). Significantly, lower temperature rise occurred in case of illumination with Coltolux 50. There was no significant difference between Optilux 501 in standard curing mode and LED. Tetric Ceram showed higher temperature rise.  
**Conclusion:** According to the results of this study the high power halogen lamp and LED could produce significant heat which may be harmful to the dental pulp.  
**Key Words:** Composite resins; Temperature rise; Halogen lamp; Blue LED  
*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 18; No. 4; 2006)*

### چکیده:

**زمینه و هدف:** لامپ‌های هالوژنه از کاربردیتربین دستگاه‌های تابش در دندانپزشکی می‌باشند. دستگاه‌های تابش جدید از جمله دیوهای منتشر کننده نور، اخیراً به بازار عرضه شده است. یکی از عوارض جانبی پلیمریزاسیون نوری، افزایش دما است که اگر از حد مشخصی بیشتر شود، تهدید و خطری برای سلامتی پالپ محسوب می‌شود. در این افزایش دما علاوه بر نوع دستگاه، نوع کامپوزیت مورد استفاده

<sup>†</sup> مؤلف مسؤول: نشانی: تهران - خیابان انقلاب اسلامی - خیابان قدس - دانشگاه علوم پزشکی تهران - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی ترمیمی  
تلفن: ۰۲۶۴۰۶۶۴۰، پورتنگار: ۰۱۱۳۲۰۶۶۴۰، پست الکترونیکی: m-tabatabai@yahoo.com

نیز ممکن است تأثیر داشته باشد. هدف از این مطالعه ارزیابی میزان افزایش دما در دو نوع کامپوزیت دندان، پلیمریزه شده با دو نوع دستگاه تابشی با روش‌های مختلف تابش بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی دو نوع کامپوزیت هیبرید (Tetric Ceram) و نانوفیلد (Filteke Supreme) با رنگ A2 و دو دستگاه تابشی هالوژنه، Coltolux 50 با توان تابشی  $350 \text{ mW/cm}^2$  و Optilux 501 با توان تابشی  $1000-1030 \text{ mW/cm}^2$  و یک دستگاه تابشی دیود Ultralume-2 با شدت تابشی  $620 \text{ mW/cm}^2$  استفاده شد. Optilux 501 با دو نوع تابشی استاندارد و Ramp مورد استفاده قرار گرفت. ۵ نمونه از هر کامپوزیت در قالبی با ابعاد مشخص قرار داده شد و تحت تابش با دستگاه‌های تابشی مختلف قرار گرفتند. میزان تغییرات دمایی، توسط ترموکوپل نوع K اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده توسط تحلیل واریانس یک طرفه و دو طرفه و آزمون مقایسه چندگانه توکی مورد بررسی آماری قرار گرفتند.  $P < 0.05$  به عنوان سطح معنی داری در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** نوع دستگاه و روش تابش نور در کامپوزیت تتریک سرام از نظر افزایش دمای کلی و ناشی از تابش تفاوت‌های معنی داری داشت (بیشترین مقدار در دستگاه هالوژنه با توان بالا با روش تابشی استاندارد و دستگاه LED و کمترین مقدار در دستگاه هالوژنه با توان پایین)؛ ولی افزایش دمای ناشی از واکنش، اختلاف معنی داری نشان نداد. در کامپوزیت سوپریم نیز افزایش دمای کلی و ناشی از تابش مانند کامپوزیت تتریک سرام بود؛ ولی در افزایش دمای ناشی از واکنش، تنها بین دستگاه هالوژنه توان بالای Ramp و دستگاه هالوژنه توان پایین اختلاف معنی دار به دست آمد. نوع کامپوزیت در حداکثر افزایش دمای کلی، ناشی از تابش و واکنش تأثیر معنی داری داشت و کامپوزیت تتریک سرام مقادیر بیشتری نسبت به سوپریم نشان داد. در مورد زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش بین دستگاه‌ها و روش‌های مختلف تابش در هر دو نوع کامپوزیت تتریک سرام و سوپریم تفاوت‌های معنی داری به دست آمد (در دستگاه هالوژنه با توان بالا با روش استاندارد، کمترین زمان و در دستگاه هالوژنه توان بالا با روش Ramp، بیشترین زمان بود). نوع کامپوزیت نیز در زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش تأثیر معنی داری داشت و در کامپوزیت سوپریم بیشتر از تتریک سرام بود.

**نتیجه‌گیری:** بر طبق یافته‌های مطالعه حاضر، دستگاه تابشی هالوژنه با توان بالا و دیود منتشر کننده نور آبی در طی پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های دندان حرارت قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند که احتمال دارد به پالپ دندان صدمه برسانند.

**کلید واژه‌ها:** کامپوزیت رزینی؛ افزایش دما؛ لامپ هالوژنه؛ دیود منتشر کننده نور آبی

وصول: ۸۳/۱۲/۰۳ اصلاح نهایی: ۸۴/۰۹/۰۵ تأیید چاپ: ۸۴/۱۰/۰۵

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۸، شماره ۴، سال ۱۳۸۴)

## مقدمه

پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های رزینی با دستگاه‌های تابشی به سبب واکنش پلیمریزاسیون گرمای کامپوزیت و نیز به علت انرژی جذب شده از دستگاه منجر به افزایش دما می‌شود (۴). حداکثر دمایی که در طی پلیمریزاسیون نوری کامپوزیت رزینی ایجاد می‌شود، به شدت تابش دستگاه، ترکیب شیمیایی کامپوزیت، میزان عبور نور و هدایت حرارتی آن و مدت زمان تابش بستگی دارد (۷،۶،۵،۴). امروزه برای افزایش پخت و تسریع در کار، تمایل به ساخت و عرضه دستگاه‌های تابشی با توان بالا

با تولید روزافزون مواد دندان پخت شونده با نور، دستگاه‌های تابشی از تجهیزات متداول در کلینیک‌های دندانپزشکی شده‌اند. پلیمریزاسیون کافی این مواد به مواردی چون شدت تابش نور، طول موج و زمان تابش دستگاه‌های تابشی بستگی دارد (۱). کارآیی صحیح دستگاه‌های تابش نور جهت پلیمریزه شدن کافی کامپوزیت‌ها و بهینه‌سازی خواص فیزیکی و مکانیکی، کاهش حلالیت و سازگاری بیولوژیک و موفقیت نهایی ترمیم، ضروری است (۲،۳).

برخی سازندگان LED ادعا می‌کنند که این دستگاه‌ها، کامپوزیت‌های دندان‌پزشکی را بدون ایجاد گرما پخت می‌کنند (۱۴). اگرچه بعضی از مزیت‌های دستگاه‌های تابشی LED ثابت شده است؛ ولی مطالعات نشان می‌دهد که پلیمریزاسیون با دستگاه LED، همدم (Isothermal) نیست (۱۶). اطلاعات زیادی در مورد میزان افزایش درجه حرارت ناشی از پخت ترمیم‌های کامپوزیتی به وسیله دستگاه‌های LED در دسترس نیست؛ درحالی‌که با توجه به عمومی‌تر شدن دستگاه‌های تابشی جدید، دندانپزشکان باید از احتمال آسیب حرارتی به پالپ در حفره‌های عمیق در طی پخت کامپوزیت‌ها توسط دستگاه‌های تابشی آگاه باشند.

با توجه به مطالب فوق، مطالعه حاضر جهت مقایسه افزایش دما طی پلیمریزاسیون (که مجموعه‌ای از افزایش دمای ناشی از تابش دستگاه تابشی و ناشی از واکنش پلیمر شدن می‌باشد) در دو نوع کامپوزیت مختلف با دو نوع دستگاه تابشی و روشهای مختلف تابش انجام شد.

### روش بررسی

در این مطالعه تجربی دو نوع کامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت:

- ۱- کامپوزیت هیبرید تتریک سرام (Vivadent/ Swiss)
- ۲- کامپوزیت نانوفیلد Filteke™ Supreme (3M ESPE, USA) (جدول ۱)

جدول ۱- ویژگیهای کامپوزیت‌های مورد استفاده در مطالعه

فیلر	شماره	رزین	درصد وزنی فیلر	نوع کامپوزیت	نام کامپوزیت
Barium glass, ytterbium trifluoride, Ba-Al-fluorosilicate glass, highly dispersed silicon oxide, spheroid mixed oxide	F61782	Bis-GMA, UDMA TEGDMA	79%	Fine-filled Hybrid	Tetric Ceram
Aggregated Zirconia/Silica Cluster, nonagglomerated/aggregated Silica	3910A2D	Bis-GMA, UDMA TEGDMA, bis-EMA	78.5%	Nanofilled	Filteke Supreme

$(800-1500 \text{ mW/cm}^2)$  بیشتر شده است (۹،۸). با افزایش توان تابشی دستگاه‌های تابش تجاری در دسترس، احتمال ایجاد دماهای غیرقابل قبول در بافت پالپ افزایش می‌یابد (۵). پالپ دندان، بافت پرعروقی است که حیات آن ممکن است در طی تراش حفره و اعمال ترمیمی مورد تهدید قرار گیرد. مطالعات نشان داده است که گرمای ایجاد شده در اثر روشهای ترمیمی می‌تواند به پالپ آسیب برساند (۱۱،۱۰). حداکثر حرارت ۱۰-۲۰ درجه سانتیگراد در حین پلیمریزه شدن کامپوزیت‌های رزینی با لامپ‌های هالوژن معمولی گزارش شده است (۱۲). Zach و Cohen نشان دادند که افزایش دمای پالپ به اندازه ۵/۵ و ۱۱/۵ درجه سانتیگراد به ترتیب سبب ۱۵٪ و ۶۰٪ پالپیت غیر قابل برگشت می‌شود (۱۰).

لامپ‌های هالوژن از کاربردی‌ترین دستگاه‌های تابشی مورد استفاده هستند. این لامپ‌ها برون ده بیشتری در طول موج‌های بلندتر دارند؛ در حالی‌که طول موج لازم برای فعال کردن آغاز کننده نوری کامفوروکینون (CQ) ۴۷۰ nm است و این به معنی بالا رفتن دما بدون افزایش میزان پلیمریزاسیون می‌باشد (۱۳).

برای برطرف کردن این اشکال دستگاه‌های جدیدی از نوع (Light-Emitting-Diode LED) معرفی شدند. از مزیت‌های مهم دستگاه‌های LED آبی، تولید طول موج مؤثری است که با طیف جذبی کامفوروکینون هماهنگ می‌باشد و نوری در ناحیه زیر قرمز تولید نمی‌شود (۱۴،۱۵).

پوشیده شده بود و ترمومتر (Escort 20, Taiwan) قابلیت اندازه‌گیری دما با دقت  $0.1$  درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده و در صفحه نمایشگر نشان داده شد. ۵ دقیقه پس از هر تابش، نمونه‌ها مجدداً از میان ماده پلیمر شده، تحت تابش قرار گرفتند و افزایش دما دوباره اندازه‌گیری شد. فاصله زمانی ۵ دقیقه، فرصت برگشت دمای محیط آزمایش به دمای اولیه را فراهم کرد. افزایش دما در طی اولین تابش، ناشی از گرمای تابش و واکنش پلیمریزاسیون بود.

در طی تابش بعدی تقریباً حداکثر پلیمریزاسیون انجام شده بود و این بار افزایش دمای حاصله، عمدتاً ناشی از گرمای تابش بود. به این ترتیب امکان محاسبه افزایش دمای ناشی از پلیمریزاسیون ماده با کم کردن مقادیر فوق از یکدیگر فراهم شد. داده‌های حرارتی به دست آمده برای هر نمونه متشکل از نوع کامپوزیت و دستگاه تابشی با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه مورد بررسی آماری قرار گرفت. جهت بررسی اثر دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی در زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش پلیمریزاسیون نیز از تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد. تأثیر نوع کامپوزیت در افزایش دما و زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش با تحلیل واریانس دو طرفه بررسی گردید.  $P < 0.05$  به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

اثر دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی در هنگام تماس مستقیم سر دستگاه تابشی با ترموکوپل: بین دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی و افزایش دمای ناشی از آنها، بدون استفاده از کامپوزیت، در تماس مستقیم سر دستگاه تابشی با ترموکوپل رابطه معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0.05$ ). بیشترین مقدار در دستگاه هالوژنه Optilux 501 با روش تابشی Ramp و کمترین آن در دستگاه هالوژنه Coltolux 50 بود. افزایش دما توسط

رنگ کامپوزیت هیبرید dentin A2 انتخاب شد که علت آن، استفاده از این shade در اولین لایه در روش ترمیم لایه‌ای دندانها، قبل از استفاده از رنگهای body و enamel بود.

روش تابش نور و دستگاه‌های مورد بررسی به شرح زیر بود:

۱- دستگاه دیود UltraLume LED-2 (Ultradent.USA) با شدت تابشی  $620 \text{ mW/cm}^2$  به مدت ۴۰ ثانیه

۲- دستگاه هالوژنه معمولی Coltolux 50 (Coltene/Whaledent USA) با شدت ثابت  $\text{mW/cm}^2$  به مدت ۴۰ ثانیه.

۳- دستگاه تابش هالوژنه با توان بالا Optilux 501 (Kerr USA) با شدت ثابت  $820 \text{ mW/cm}^2$  به مدت ۴۰ ثانیه.

۴- دستگاه تابش هالوژنه Optilux 501 با شدت  $100 \text{ mW/cm}^2$  در ۱۰ ثانیه اول بوده که در ۱۰ ثانیه بعدی شدت تابش به صورت نمایی از  $100-1030 \text{ mW/cm}^2$  افزایش یافت. شدت تابش هر کدام از دستگاه‌های تابشی با استفاده از رادیومتر دستگاه Optilux 501 اندازه‌گیری شد. حساسیت رادیومتر دستگاه Optilux 501 به پرتوهای با طول موج  $410-510 \text{ nm}$  و با شدت تابشی از  $100-1999 \text{ mW/cm}^2$  بود.

۵ نمونه در دمای اتاق برای هر ترکیبی از کامپوزیت و دستگاه تابشی یا روش تابشی در قالبی از تفلون به قطر ۴ و ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه شد. در هر بار آزمایش سطح فوقانی کامپوزیت با یک نوار پلاستیکی شفاف با ضخامت  $0.3 \text{ mm}$  پوشیده شد؛ سپس سر هدایت نور در تماس با نوار و به موازات سطح نمونه کامپوزیتی قرار گرفت. افزایش دما، طی پلیمریزه شدن کامپوزیت توسط یک ترموکوپل نوع K که در قاعده حفره ثابت و توسط نوار شفاف

دستگاه LED بین این دو بود (جدول ۲).

در کامپوزیت تتریک سرام بین دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی از نظر حداکثر افزایش دمای کلی و دمای ناشی از تابش اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0.05$ )؛ ولی از نظر حداکثر افزایش دمای ناشی از واکنش بین گروه‌های مختلف تابشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). میانگین و انحراف معیار حداکثر افزایش دمای کلی، ناشی از تابش و ناشی از واکنش بادستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی در جدول ۳ ارائه شده است.

اثر نوع دستگاه و روش تابش نور در افزایش دما در طی

پخت کامپوزیت سوپریم:

در کامپوزیت سوپریم بین دستگاه‌ها و روشهای مختلف تابشی از نظر حداکثر افزایش دمای کلی و ناشی از تابش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ).

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار حد اکثر افزایش دمای کلی، ناشی از تابش و واکنش با روشهای مختلف تابشی در کامپوزیت تتریک سرام و سوپریم (درجه سانتی‌گراد)

افزایش دما	نوع دستگاه	نوع کامپوزیت	میانگین	انحراف معیار
افزایش دما	Coltolux 50	کامپوزیت سوپریم	۱۳ (۰/۹)	۰/۶۷
	Optilux Standard	کامپوزیت سوپریم	۳۴/۲ (۱/۳)	۱/۰۵۶
	Optilux ramp	کامپوزیت سوپریم	۳۶/۳ (۰/۴)	۰/۶۸
	LED	کامپوزیت سوپریم	۲۶/۳ (۰/۳)	۰/۲۹
	کل	کامپوزیت سوپریم	۲۶/۳ (۰/۳)	۲/۶۱
تابشی	Coltolux50	کامپوزیت تتریک سرام	۶/۷	۰/۴۴
	Opt.Stand	کامپوزیت تتریک سرام	۱۴	۰/۷۲
	Opt.Ramp	کامپوزیت تتریک سرام	۱۳	۰/۵۸
	LED	کامپوزیت تتریک سرام	۱۴/۵	۰/۴
	کل	کامپوزیت تتریک سرام	۱۲	۲/۳
واکنشی	Coltolux50	کامپوزیت سوپریم	۵	۰/۴
	Opt.Stand	کامپوزیت سوپریم	۱۲/۵	۰/۴۶
	Opt.Ramp	کامپوزیت سوپریم	۹/۱	۰/۴۳
	LED	کامپوزیت سوپریم	۱۲	۰/۴۲
	کل	کامپوزیت سوپریم	۹/۶	۲/۸۳
کلی	Coltolux50	کامپوزیت تتریک سرام	۳/۷	۰/۴۸
	Opt.Stand	کامپوزیت تتریک سرام	۵	۰/۹
	Opt.Ramp	کامپوزیت تتریک سرام	۴/۵	۰/۶
	LED	کامپوزیت تتریک سرام	۵	۰/۴۹
	کل	کامپوزیت تتریک سرام	۴/۵	۰/۸۶

## بحث و نتیجه‌گیری

اثر نوع دستگاه و روش تابشی در افزایش دما هنگام تماس مستقیم سر دستگاه تابشی با ترموکوپل در طی اولین مرحله آزمایش، افزایش دمای ناشی از دستگاه Optilux 501 با روش تابش Ramp بالاتر از گروه‌های دیگر بود. شدت تابشی بالای روش Ramp را می‌توان دلیل این امر دانست. افزایش دمای ناشی از دستگاه Optilux 501 با روش تابشی استاندارد و LED به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین افزایش دما به علت شدت تابشی پایین، مربوط به دستگاه تابشی Coltlox 50 بود.

در مطالعه Yap و Soh در مورد افزایش دما با دستگاه‌های مختلف، دستگاه هالوژنه Astralis 10 با شدت تابشی بالا ( $1200 \text{ mW/cm}^2$ ) بیشترین افزایش دما را داشت. دستگاه‌های تابشی دیود مورد استفاده، دمای پایین‌تری در مقایسه با دستگاه‌های تابشی هالوژنه ایجاد کردند. دستگاه تابشی دیود Elipar Freelight با شدت تابش مشابه با دستگاه هالوژنه  $400 \text{ mW/cm}^2$  و زمان تابش مشابه، (۲۰ ثانیه) دمای پایین‌تری به وجود آورد (۱۱ درجه سانتیگراد در مقابل  $17/4$  درجه سانتیگراد) (۱۷).

### اثر نوع کامپوزیت در افزایش دما

همان‌طور که ملاحظه شد، افزایش دما در تتریک سرام بیشتر از سوپریم بود. بالاتر بودن افزایش دمای کلی و ناشی از تابش در کامپوزیت تتریک سرام در مقایسه با سوپریم احتمالاً به علت پراکندگی کمتر نور حین عبور از آن است.

کامپوزیت سوپریم حاوی ذرات اولیه پرکننده از جنس زیرکونیا و سیلیکا با اندازه ۵-۲۰ نانومتر است که به صورت خوشه‌هایی با اندازه  $0/6 \mu\text{m} - 1/4 \mu\text{m}$  تجمع یافته‌اند. ما بین ذرات تجمع یافته، ذرات پرکننده سیلیکا با اندازه ۲۰ نانومتر پخش شده‌اند. در کامپوزیت تتریک سرام ذرات پرکننده عمدتاً از جنس شیشه و دی‌اکسیدسیلیکون بوده و در دامنه

در حداکثر دمای ناشی از واکنش نیز تنها بین دستگاه Coltlox 50 و Optilux Ramp اختلاف معنی‌دار بود. میانگین و انحراف معیار حداکثر افزایش دمای کلی، ناشی از تابش و ناشی از واکنش کامپوزیت سوپریم در جدول ۳ ارائه شده است.

### اثر نوع کامپوزیت در افزایش دما

نوع کامپوزیت در حداکثر افزایش دمای کلی، دمای ناشی از تابش و دمای ناشی از واکنش تأثیر معنی‌داری داشت ( $P < 0/05$ ). کامپوزیت تتریک سرام حداکثر افزایش دمای کلی، ناشی از تابش و ناشی از واکنش بالاتری نسبت به کامپوزیت سوپریم به وجود آورد (جدول ۳).

### اثر دستگاه‌ها و روش‌های مختلف تابشی در زمان رسیدن به

### حداکثر دمای ناشی از واکنش

بین دستگاه‌ها و روش‌های مختلف تابشی و زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش در هر دو نوع کامپوزیت تتریک سرام و سوپریم رابطه معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) (جدول ۳).

### اثر نوع کامپوزیت در زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از

### واکنش

نوع کامپوزیت در زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش تأثیر معنی‌داری داشت ( $P < 0/05$ ) و در کامپوزیت سوپریم بیشتر از تتریک سرام بود (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش با دستگاه‌ها و روش‌های مختلف تابشی در کامپوزیت تتریک سرام و سوپریم (ثانیه)

دستگاه تابشی	میانگین و انحراف معیار	تتریک سرام	سوپریم
Coltlox 50	$11/4 (0/05)$	$13/0 (1/6)$	
Optilux Standard	$10/2 (0/8)$	$10/0 (1)$	
Optilux ramp	$14/0 (0/7)$	$17/6 (1/7)$	
LED	$10/6 (0/5)$	$12/0 (1)$	

$3 \mu\text{m} - 0.4 \mu\text{m}$  قرار دارند.

در کامپوزیت سوپریم به سبب اندازه کوچکتر ذرات پرکننده، احتمال پراکنش نور بیشتر است و قسمت بیشتری از نور تابیده شده قبل از رسیدن به نواحی تحتانی نمونه و ترموکوپل پراکنده می‌شود. کامپوزیت سوپریم مورد استفاده دارای اپاسیتی dentin بوده و احتمالاً همین امر نیز سبب کاهش شدت نور طی عبور از ماده گردید.

افزایش دمای ناشی از واکنش در کامپوزیت تتریک سرام بیشتر از سوپریم بود که نشان دهندهٔ بیشتر بودن میزان پلیمریزه شدن در کامپوزیت تتریک سرام است.

#### اثر دستگاه‌ها و روشهای تابشی مختلف در افزایش دما

نوع دستگاه تابشی متغیر در افزایش دمای کلی و ناشی از تابش تأثیرگذار بود و هر دو کامپوزیت، LED و Standard Optilux موجب افزایش دمای تابشی بالایی شدند و روش تابش Ramp در مرتبه بعدی قرار گرفت.

با توجه به بالاتر بودن دانسیته کامپوزیت در مقایسه با هوا (که محیط تشکیل‌دهنده اطراف ترموکوپل در اندازه‌گیری افزایش دما در تماس مستقیم سر دستگاه تابشی با ترموکوپل بود)، مقدار جذب و ذخیره انرژی به صورت گرما در نمونه‌های کامپوزیتی، با دستگاه LED با شدت تابش  $620 \text{ mW/cm}^2$  و دستگاه Optilux با روش تابشی استاندارد و شدت تابش  $820 \text{ mW/cm}^2$  و مدت زمان تابش ۴۰ ثانیه، بیشتر از روش تابشی Ramp بود که نمونه‌ها تنها برای مدت کوتاهی تحت تابش نور با شدت بالا قرار گرفتند (۱۸). Alexander و همکاران نشان دادند که در نمونه‌های کامپوزیتی Solitare2 افزایش دمای ناشی از لامپ هالوژنه تری لایت با روش تابشی استاندارد بیشتر از روش تابش سافت استارت است (۱۴).

در مطالعه Knezevic و همکاران دستگاه Heliolux GTE با روش تابش استاندارد به علت شدت تابش پایین در طی ۱۰ ثانیه اول افزایش دمای بیشتری را در

نمونه‌های کامپوزیتی در مقایسه با لامپ هالوژنه Elipar Highlight که با روش تابش سافت استارت استفاده شده بود، به وجود آورد (۱۹).

#### زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش

گرمای ناشی از واکنش می‌تواند نشان دهنده رفتار پلیمریزاسیون در کامپوزیت دندان‌ی باشد. در پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های دندان‌ی، ناحیه پیش ژل از جهت جبران تنش‌های ناشی از پلیمریزاسیون اهمیت زیادی دارد. با توجه به روند پلیمریزاسیون، حداکثر زمان رسیدن به دمای ناشی از واکنش می‌تواند متناسب با زمان رسیدن به مرحله شیشه‌ای شدن (vitrification) در پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های دندان‌ی باشد (۲۰)؛ بنابراین بررسی زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش اطلاعات سودمندی را در مورد مرحله پیش ژل در اختیار قرار می‌دهد.

در مطالعه حاضر، دستگاه تابشی و نوع کامپوزیت در زمان رسیدن به حداکثر دمای ناشی از واکنش تأثیر معنی‌داری داشت که با یافته‌های مطالعه Shortall و Harrington مطابقت دارد (۶).

در کامپوزیت سوپریم در مقایسه با کامپوزیت تتریک سرام، حداکثر دمای ناشی از واکنش در زمان دیرتری حاصل شد. این امر را می‌توان به علت روند آرام‌تر پلیمریزاسیون به سبب کوچکتر بودن ابعاد پرکننده‌های نانو و سطح مؤثر بسیار زیاد آنها دانست (۲۱).

در هر دو کامپوزیت، روش تابشی Ramp بیشترین تأخیر را در رسیدن به حداکثر دما و به عبارتی نقطه ژل نشان داد؛ در حالی که دستگاه Optilux با روش تابشی Standard در هر دو نوع کامپوزیت در زمان کوتاهتری حداکثر دمای ناشی از واکنش را به وجود آورد.

همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد گرمای ناشی از تابش در دو کامپوزیت سوپریم و تتریک سرام در دستگاه Optilux با روش تابشی Standard بالاتر از Ramp بود؛ در حالی که

بیشتر مقایسات انجام شده، شدت نور LEDs کمتر از شدت تابشی دستگاه‌های هالوژنه بود (۲۲،۱۹،۱۶)؛ بنابراین نمی‌تواند معیاری برای مقایسه با کار حاضر باشد. نسل اول دستگاه‌های تابشی LED، اغلب شامل تعداد زیادی دیود نوری بوده و توان خروجی نسبتاً پایینی داشتند و کارآیی آنها به خوبی لامپ‌های هالوژنه نبود (۲۴،۲۳). به عنوان مثال Freelight (3M ESPE, USA) دیود نسل اول بود که در آن از ۱۹ دیود استفاده شده است (۲۵). در دستگاه دیود نسل دوم (LED-2) که امروزه در دسترس است فقط از دو دیود با قدرت بالا استفاده می‌شود که توزیع طیفی متفاوت، با توان خروجی بیشتر نسبت به نسل اول دارد.

Cohen و Zach همچنین Photo Scheinin و نشان دادند که ۵/۵-۵ درجه سانتیگراد افزایش دما، سبب آسیب غیر قابل برگشت به پالپ می‌شود (۲۶،۱۰).

Hanning و Bott در اندازه‌گیری افزایش دمای اتافک پالپ در محیط آزمایشگاهی با ۱ میلی‌متر عاج باقیمانده دریافتند که شدت خروجی بیشتر از  $670 \text{ mW/cm}^2$  در طی ۴۰ ثانیه تابش، افزایش دمای بیشتر از حد بحرانی ۵/۵ درجه سانتیگراد ایجاد می‌کند (۵).

در مطالعه حاضر، حتی کمترین افزایش دمای به دست آمده که با کامپوزیت سوپریم و با Coltlox 50 به دست آمد بیشتر از ۵/۵ درجه سانتیگراد بود. البته باید در نظر داشت که مقادیر دمایی اندازه‌گیری شده در این مطالعه را نمی‌توان مستقیماً با تغییرات دمایی در شرایط کلینیکی ارتباط داد. دلیل این امر هدایت حرارتی پایین قالب آزمایشی مورد استفاده این مطالعه است.

در دندان، بیشتر سطح ترمیم در تماس با دیواره‌های عاجی اطراف و مایع توبولار درون آنها است و جریان خونی پالپ نیز وجود دارد که گرما را پخش و منتشر می‌کند (۲۷،۵)؛ در ضمن بافت‌های لیگامان پرپودنتال اطراف نیز، می‌توانند در انتشار گرما کمک کرده و افزایش دمای داخل

گرمای ناشی از واکنش بین این دو گروه متفاوت نبود. با توجه به مطالب فوق، استفاده از روش تابش Ramp در تأخیر ظهور مرحله ژل، و ایجاد تنش کمتر طی پلیمریزه شدن، ضمن ایجاد گرمای کمتر در طی تابش، بر روش تابش Standard ارجح است که این یافته با نتیجه مطالعه Knezevic و همکاران مطابقت دارد (۱۹). حداکثر دمای ناشی از واکنش در دستگاه Coltlox 50، پس از گروه Optilux Ramp، در زمان دیرتری روی داد که نشان دهنده روند آرامتر پلیمرشدن به سبب شدت تابشی پایین دستگاه است.

در کامپوزیت تریک سرام و تابش با دستگاه Coltlox 50 برخلاف سایر گروه‌های تابش، حداکثر افزایش دمای کلی قبل از انتهای دوره تابش ۴۰ ثانیه ایجاد شد. وقتی که گرمای ناشی از تابش کم باشد (مانند Coltlox 50) گرمای حاصل از واکنش در طی پلیمریزه شدن بیشتر نشان داده می‌شود و پس از دوره واکنش پلیمریزاسیون، کاهش دما قبل از ختم دوره تابشی مشاهده می‌شود؛ در حالی که در سایر دستگاه‌های تابشی که شدت نور بالا است، این دوره واکنشی کمتر نشان داده می‌شود و دما توسط گرمای ناشی از تابش تا پایان دوره تابش، بالا باقی می‌ماند. در کامپوزیت سوپریم که میزان پلیمریزاسیون کمتر بود، دوره واکنشی که با افزایش ناگهانی در دما مشاهده می‌شود، روی نداد.

در مطالعه حاضر دستگاه تابشی دیود، افزایش دمای کلی و ناشی از تابش مشابه با دستگاه هالوژنه Optilux 501 ایجاد کرد (جدول ۴)؛ در حالی که گرمای ناشی از واکنش که معیاری غیرمستقیم از پلیمریزاسیون است، افزایش نیافت.

بر خلاف ادعای سازندگان LED که پخت بیشتر کامپوزیت‌های رزینی را همراه با ایجاد گرمای کمتر پیشنهاد می‌کنند، چنین نتیجه‌ای از مطالعه حاضر حاصل نشد.

در یافته‌های مطالعه حاضر بر خلاف مطالعات دیگر افزایش دما با دستگاه‌های تابش دیود پایینتر بود؛ ولی در



**تشکر و قدردانی**

پالپی را محدود کنند (۵).

با این حال دندانپزشکان باید از احتمال آسیب به پالپ که از جناب آقای دکتر خرازی بابت زحماتی که برای تجزیه در اثر دستگاه‌های تابشی در حفرات عمیق روی می‌دهد، و تحلیل آماری متقبل شدند و نیز معاونت پژوهشی دانشگاه به خاطر پشتیبانی مالی تحقیقات تشکر و قدردانی می‌گردد.

**منابع:**

- 1- Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19: 26-32.
- 2- Cheung GS. Reducing marginal leakage of posterior composite resin restorations: a review of clinical techniques. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 28-8.
- 3- Botha CT, de Wett FA. Polymerization shrinkage around composite resin restoration- an invitro study. *J Dent Asso S Afr* 1994; 49: 201-7.
- 4- Masutani S, Setcos JC, Schnell RJ, Philips RW. Temperature rise during polymerization of visible light – activated composite resins. *Dent Mater* 1988; 4: 174-8.
- 5- Hanning M, Bott B. In- vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light- curing sources. *Dent Mater* 1999; 15: 275-81.
- 6- Shortall AC, Harrington E. Temperature rise during polymerization of light-activated resin composites. *Oral Rehabil* 1998; 25: 908-13.
- 7- Goodies HE, White JM, Andrews J, Watanabe LG. Measurement of temperature generated by visible light-cure lamps in an in vitro model. *Dent Mater* 1989; 5: 230-37.
- 8- Kleverlaan CJ, Gee AJ. Curing efficiency and heat generation of various resin composites cured with high-intensity halogen lights. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 84-8.
- 9- Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 2000; 16: 330.
- 10- Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 19: 515-30.
- 11- Stanley HR. *Human Pulpal Response to Operative Procedures*. 2nd ed. Gaineville: Storter printing company; 1981.p. 15
- 12- Strang R, Patterson CJ, Mclundie AC, Cumming A, Smail SR. In vitro temperature rises produced by five polymerizing light sources. *Rostorative Dent* 1988; 4: 33-5.
- 13- Harrington L, Wilson HJ. Determination of radiation energy emitted by light activation units. *J Oral Rehabil* 1995; 22: 377-85.
- 14- Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Polymerization and light-induced heat of dental composites cured with LED and halogen technology. *Biomater*, 2002; 24(10): 1809-20.
- 15- Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000; 16: 41-7.
- 16- Hofmann N, Hugo B, Klaiber B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise and hardness. *Eur J Oral Sci* 2002; 110: 471-9.
- 17- Yap AU, Soh MS. Thermal emission by different light-curing units. *Oper Dent* 2003; 28: 260-6.
- 18- Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials*. 11<sup>ed</sup> USA: Mosby; 2002: 50- 52.
- 19- Knezevic A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G, Ristic M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 586-91.

- 20- Loyell Lali G, Stansbury Jeffrey W, Syrpes Demetrios C, Bowman Christopher N. Effect of composition and reactivity on the reaction kinetics of dimethacrylate\dimethacrylate copolymerizations. *Macromolecules* 1999; 32: 3913-21.
- 21- Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite. *Dent Mater* 2003; 19: 327-33.
- 22- Tarle Z, Meniga A, Knezevic A, Sutalo J, Ristic M, Pichler G. Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc and an experimental blue LED curing unit. *J of oral Rehab* 2002; 29: 662-7.
- 23- Dunn WJ, Bush AC. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-base light-curing units. *J Am Dent Assoc* 2002; 133: 335-41.
- 24- Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME. Polymerization efficiency of LED curing lights. *J Esthet Restor Dent* 2002; 14: 286-95.
- 25- Price RB, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a second-generation LED curing light. *J Can Dent Asso* 2003; 69: 666.
- 26- Photo M, Scheinin A. Microscopic observation on living dental pulp. *Acta Odontol Scand*, 1958; 16: 303-327.
- 27- Baldissara P, Catapano S, Scotti R. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study. *J Oral Rehabil* 1997; 24 791-801.