

# اثر روشهای سخت‌کنندگی با انواع متفاوت تابش نور بر ریزش و درجه تبدیل ترمیم‌های کامپوزیتی

دکتر معصومه حسنی طباطبایی<sup>\*</sup> - مهندس محمد عطایی<sup>\*\*</sup> - دکتر هنگامه صفرچراتی<sup>\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup> استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران  
<sup>\*\*</sup> عضو هیأت علمی پژوهشگاه پلیمر ایران  
<sup>\*\*\*</sup> استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی بابل

**Title:** Effects of different curing methods and microleakage and degree of conversion of composite resin restorations

**Authors:** Hassani Tabatabaei M. Assistant Professor<sup>\*</sup>, Ataei M. Engineer<sup>\*\*</sup>, Safar Charati H. Assistant Professor<sup>\*\*\*</sup>

**Address:** <sup>\*</sup>Dept. of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences  
<sup>\*\*</sup>Iran Polymer Research Organization

<sup>\*\*\*</sup>Dept. of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Babol University of Medical Sciences

**Statement of Problem:** Recently, investigators have presented new methods to reduce polymerization shrinkage of composite resin restorations. It is claimed that more powerful light cure systems associated with a change in radiation patterns, lead to improved mechanical properties and reduced microleakage.

**Purpose:** The aim of the present study was to evaluate the effects of two curing systems, known as Soft-Start, Pulse-Delay, on microleakage and degree of conversion of composite resin restorations.

**Materials and Methods:** To evaluate microleakage, dye penetration method in class V cavities was applied. 30 extracted human molars filled with three different curing techniques, namely conventional, Soft-Start and Pulse-Delay, were compared. Degree of conversion was measured by FTIR Spectroscopy method immediately after sample curing. Kruskal- Wallis and Mann-Whitney test were used to compare groups.

**Results:** The degree of microleakage in enamel and dentin among three groups was not significantly different, however, microleakage in gingival and occlusal walls showed a significant difference among Pulse-Delay curing ( $P=0.001$ ) and Soft-Start curing ( $P=0.28$ ) groups, meaning that leakage gingival in wall was significantly higher than occlusal wall. This difference was not significant in conventional group. Moreover, the degree of conversion was not statistically significant among three groups ( $P=0.909$ ).

**Conclusion:** Soft-Start and Pulse-Delay curing systems, with a two intensity start curing light, do not provide better marginal adaptation in class V composite resin restorations. It should be mentioned that polymerization degree is not also reduced in these methods.

**Keywords:** Polymerization; Microleakage; Degree of conversion; Soft-Start; Pulse-Delay

*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 16; No.2; 2003)*

## چکیده

**بیان مسأله:** اخیراً محققان روشهایی را برای کاهش انقباض پلیمریزاسیون ترمیم‌های کامپوزیتی ارائه نموده‌اند و مدعی هستند با قدرتهای بالاتر انرژی دستگاههای لایت‌کیور و تغییر الگوی تابش اشعه خواص مکانیکی ترمیم و بهبود می‌یابد و در عین حال ریزش آن نیز کاهش می‌یابد.

**هدف:** این مطالعه با هدف بررسی اثر دو روش سخت‌کنندگی Soft-Start و Pulse-Delay بر میزان ریزش و درجه تبدیل ترمیم‌های کامپوزیتی انجام شد.

**روش بررسی:** به منظور بررسی ریزش از روش نفوذ رنگ در حفره‌های کلاس ۵، در ۳۰ دندان مولر کشیده شده انسان استفاده گردید و سخت نمودن ترمیم‌های کامپوزیتی به سه روش Conventional، Soft-Start و Pulse-Delay انجام شد. برای ارزیابی درجه تبدیل در این سه گروه از روش طیف سنجی FTIR بلافاصله پس از سخت‌شدن نمونه‌ها استفاده گردید؛ مقایسه گروهها با استفاده از آزمونهای آماری Kruskal-Wallis و Mann-Whitney انجام گردید.

**یافته‌ها:** میزان ریزش در سه گروه در عاج و مینا تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان ریزش در دیواره‌های اکلوزالی و ژنژیوالی در گروههای Pulse-Delay ( $P=0/001$ ) و Soft-Start ( $P=0/28$ ) دارای اختلاف معنی‌داری بود؛ به نحوی که ریزش در دیواره ژنژیوالی بیشتر از اکلوزالی بدست آمد، اما در گروه Conventional این اختلاف معنی‌دار نبود؛ میزان درجه تبدیل نیز در سه گروه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ( $P=0/909$ ).

**نتیجه‌گیری:** روش سخت نمودن Soft-Start و Pulse-Delay با شدت نور آغازگر کم، تطابق لبه‌ای ترمیم‌های کامپوزیتی را در حفره‌های کلاس ۵ بهبود نمی‌بخشد، اما درجه پلیمریزاسیون نیز در روشهای مذکور کاهش نمی‌یابد.

**کلید واژه‌ها:** پلیمریزاسیون؛ ریزش؛ درجه تبدیل؛ Soft-Start؛ Pulse-Delay

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۶، شماره ۲، سال ۱۳۸۲)

## مقدمه

زیبا از سوی بیماران و مطرح‌شدن مسائل جدی درباره آسیبهای زیست محیطی ناشی از کاربرد آمالگام حاوی جیوه، تعداد این ترمیم‌ها در جوامع پیشرفته و نیز در داخل کشور افزایش یافته؛ بنابراین پرداختن به مشکل فوق از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ به همین دلیل محققان پیوسته در صدد کم‌کردن میزان انقباض مواد کامپوزیتی از طرق مختلف بوده و هستند. یکی از این راهها استفاده از روشهای مختلف سخت نمودن مواد رزینی می‌باشد.

در طی مرحله پلیمریزاسیون شبکه پلیمری، منطقه ژل (Gel Point) وجود دارد که قبل از این نقطه، کامپوزیت همانند یک مایع ویسکوز عمل می‌نماید و می‌تواند تا حدی

معرفی رزین‌های کامپوزیتی، در دندانپزشکی محافظه‌کارانه و زیبایی تحولی ایجاد نمود، اما یکی از مهمترین معایب این مواد ترمیمی، انقباض ناشی از پلیمریزاسیون آنها می‌باشد که بر روی تطابق ترمیم اثر مستقیمی دارد و منجر به عبور باکتری‌ها، مایعات، مولکول‌ها یا یون‌ها بین دیواره حفره و ترمیم کامپوزیتی می‌شود که به این روند، ریزش (Microleakage) گفته می‌شود. افزایش حساسیت دندان، پوسیدگی ثانویه و مشکلات پالپی از جمله عوارض ریزش می‌باشند (۱).

به دلیل تقاضای روزافزون برای ترمیم‌های هم‌رنگ و

می‌تواند در جهت کاهش عوارض ناشی از انقباض پلیمریزاسیون در ترمیم‌های کامپوزیتی و در نهایت ارتقای سلامت دهان و دندان سودمند باشد.

### روش بررسی

#### - بررسی ریزش

در این بررسی In-vitro، تعداد ۳۰ عدد دندان مولر کشیده‌شده انسان که عاری از پوسیدگی، ترک یا ترمیم بودند، تهیه و در محلول آب مقطر حداکثر به مدت ۳ ماه نگهداری شدند؛ سپس دندانها با استفاده از قلم جرمگیری کاملاً تمیز شدند و با پودر پامیس و برس آلودگیهای سطحی برداشته شد.

برای ضدعفونی کردن دندانها از تیمول استفاده شد؛ پس از آن حفره‌های کلاس ۵ به صورت جعبه‌ای شکل به ابعاد مزیدستیالی ۵ میلیمتر، اکلوژژیوالی ۳ میلیمتر و عمق ۲ میلیمتر در سطوح باکال دندانها توسط فرز الماسی استوانه‌ای مستقیم شماره ۹۵۷ تراشیده شد. پس از هر ۱۰ تراش، فرز مورد نظر عوض شد.

محل ختم تراش در قسمت ژنژیوالی روی سمان بود؛ سپس دندانها به طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند؛ به نحوی که هر گروه شامل ۱۰ دندان بود.

در همه گروهها سطوح مینایی به مدت ۳۰ ثانیه و سطوح عاجی به مدت ۱۰ ثانیه توسط ژل اسید فسفریک ۳۷٪ (Ivoclar- Vivadent, Liechtenstein. Total etch)، سپس با آب به مدت ۵ ثانیه شستشو داده شد. پس از آن ماده باندینگ عاجی Excite (Ivoclar- Vivadent-Liechtenstein) طبق دستور کارخانه سازنده روی همه سطوح زده شد؛ به این صورت که با استفاده از وسیله مخصوصی که در بسته‌بندی آن وجود دارد، حفره با ماده Excite آغشته و به مدت ۱۰ ثانیه به آرامی به همه سطوح مالیده شد و سپس با استفاده از

تنش‌ها را آزاد نماید (مرحله Pre-Gel) اما پس از نقطه ژل، تبدیل به ماده سختی می‌شود که سیلان (Flow) کافی برای آزاد نمودن تنش را ندارد (مرحله Post-Gel) (۲).

تصور بر این است که اگر با افزایش زمان Pre-Gel اجازه آزادسازی بیشتر تنش‌ها در رزین کامپوزیتی داده شود، امکان کم‌شدن میزان انقباض ناشی از پلیمریزاسیون در کل ترمیم وجود دارد؛ بر این اساس روشهای Soft-Start Curing و بعد از آن Pulse-Delay Curing معرفی شدند.

در روش اول ابتدا با شدتهای پایین انرژی دستگاه لایت‌کیور، عمل پلیمریزاسیون شروع می‌شود و بعد از مدت زمان مشخصی (مثلاً ۱۰ ثانیه) این شدت افزایش می‌یابد و بقیه پلیمریزاسیون با انرژیهای بالا ادامه می‌یابد.

در روش دوم عمل کیورینگ با شدت کم در یک زمان محدود انجام و سپس وقفه‌ای ایجاد می‌گردد (مثلاً ۵ دقیقه) و سپس با شدت انرژی بالا پلیمریزاسیون انجام می‌شود.

در هر دو این روشها به دلیل استفاده از توانهای پایین انرژی دستگاه لایت‌کیور در مراحل اولیه سخت‌شدن (Pre-Gel) و امکان آزادشدن بیشتر تنش‌های پلیمریزاسیون انتظار می‌رود که در میزان تنش‌های ناشی از انقباض پلیمریزاسیون بهبودی حاصل شود (۲).

مطالعات مختلفی در این زمینه انجام گرفته است. در مطالعه Mehl و همکاران، روش Soft-Start تطابق لبه‌ای را بهبود بخشید (۳)؛ اما نتایج مطالعه Silikas و Friedl و همکاران ایشان نشان داد که میزان انقباض ماده در روش Soft-Start کاهش نمی‌یابد (۴، ۵).

با توجه به نتایج متناقض حاصل در این دو روش، مطالعه حاضر به منظور بررسی این روشها و شناخت اثرات آن بر ریزش و نیز درجه تبدیل (Degree of Conversion) در ترمیم‌های کامپوزیتی انجام شد. افزایش آگاهی در این زمینه

۳٪ قرار گرفتند و وارد دستگاه انکوباتور شدند و از آنها در حرارت ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. پس از این مدت دندانها از انکوباتور خارج شدند؛ توسط آب شسته و سپس خشک گردیدند؛ سپس دندانها داخل رزین اکریلی خودسخت‌شونده شفاف ثابت شدند. برش نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تراش ساخت کارخانه صنعتی وفايي و توسط تیغه  $1 \times 1/64 \times 4$  در قسمت مرکزی حفره در جهت باکولینگوالی انجام شد.

در مرحله بعد، نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۴برابر مورد بررسی قرار گرفتند و عمق نفوذ رنگ اندازه‌گیری و به ترتیب زیر طبقه‌بندی شد:

صفر: بدون نفوذ رنگ

۱: نفوذ کمتر از نصف عمق حفره در ژنژیوال یا اکلوزال

۲: نفوذ بیشتر از نصف عمق حفره در ژنژیوال یا اکلوزال

۳: نفوذ تا محل اتصال دیواره اگزالی و ژنژیوالی یا اکلوزالی بدون نفوذ در اگزالی

۴: نفوذ و دربرگیری دیواره اگزالی

مقادیر ریزنشست بدست آمده از هر گروه با استفاده از آزمونهای آماری Kruskal Wallis و Mann-Whitney تحلیل شد.

#### - بررسی درجه تبدیل

در مرحله دوم، اندازه‌گیری درجه تبدیل با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) انجام شد. این دستگاه برای تشخیص و شناسایی مواد، از اشعه مادون قرمز استفاده می‌کند. تمام مولکول‌ها از اتم‌هایی ساخته شده‌اند که توسط پیوندهای شیمیایی به یکدیگر متصل هستند. این اتم‌ها نسبت به یکدیگر دارای ارتعاشاتی

سرنگ هوا به مدت ۱ تا ۳ ثانیه عمل نازک نمودن انجام گرفت؛ پس از آن با استفاده از قسمت انرژی پایین دستگاه سخت‌کننده Astralis 7 (Ivolclar Vivadent) به مدت ۲۰ ثانیه عمل پلیمریزاسیون انجام شد؛ سپس حفره‌ها با کامپوزیت Tetric Ceram (Ivolclar-Vivadent, Leichtenstein (رنگ A3) پر شدند.

در گروه اول، پس از قرار دادن ماتریکس سلولوئیدی در محل، به مدت ۶۰ ثانیه با شدت  $400 \text{ mw/cm}^2$  که حداقل انرژی دستگاه Astralis 7 می‌باشد؛ پلیمریزاسیون انجام شد. در گروه دوم، ابتدا به مدت ۱۰ ثانیه با شدت  $200 \text{ mw/cm}^2$  با استفاده از دستگاه لایت‌کیور 3M (3M Dental Products, St Paul, MN 55144 USA) و بعد با شدت  $750 \text{ mw/cm}^2$  که حداکثر انرژی دستگاه Astralis 7 می‌باشد، به مدت ۳۰ ثانیه پلیمریزاسیون تکمیل گردید.

در گروه سوم، ابتدا ۵ ثانیه با شدت  $200 \text{ mw/cm}^2$  با استفاده از دستگاه لایت‌کیور 3M تابش نور اولیه انجام گردید؛ پس از ۵ دقیقه با شدت  $750 \text{ mw/cm}^2$  (مشابه روش گروه دوم) و به مدت ۳۱ ثانیه پلیمریزاسیون تکمیل گردید؛ سپس نمونه‌ها با دیسک و فرزهای پرداخت کامپوزیت پرداخت و پالیش شدند و پس از دو هفته نگهداری در آب ۳۷ درجه سانتیگراد، ترموسایکلینگ انجام گردید؛ به نحوی که نمونه‌ها به مدت ۳۰ ثانیه در آب گرم با دمای ۵۵ درجه سانتیگراد و ۳۰ ثانیه در آب سرد با دمای ۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. کل زمان یک دوره (Cycle) کامل ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه بود. این عمل ۵۰۰ بار انجام شد.

پس از ترموسایکلینگ، همه سطوح تا ۲ میلیمتری لبه‌های ترمیم توسط دو لایه لاک پوشانده شدند تا نفوذ رنگ تنها به لبه‌ها محدود شود و آپکس نیز توسط موم چسب، پوشانیده شد. متعاقب آن دندانها داخل محلول فوشین قلیایی

اطلاعات بدست آمده در هر گروه با استفاده از آزمون آماری Kruskal-Wallis ارزیابی و تحلیل گردید.

### یافته‌ها

توزیع فراوانی درجات ریزش در گروه‌های مورد بررسی در جدولهای ۱ و ۲ ارائه شده است.

میزان ریزش بین دیواره‌های اکلوژالی در سه گروه درمانی و نیز بین دیواره‌های ژنژیوالی در این سه گروه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P=0/2$ ) برای دیواره ژنژیوالی و  $P=0/843$  برای دیواره اکلوژالی؛ با این وجود گروه Conventional در دیواره ژنژیوالی (عاجی) و گروه Pulse-Delay به ترتیب دارای کمترین و بیشترین میزان ریزش بودند.

مقایسه میزان ریزش در هر گروه درمانی بین دیواره‌های اکلوژالی (مینا) و ژنژیوالی (عاج) در گروه‌های درمانی Soft-Start و Pulse-Delay اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ به نحوی که میزان ریزش در دیواره اکلوژالی به طور عمده‌ای از دیواره ژنژیوالی کمتر بود ( $P=0/011$ ) در گروه Soft-Start و  $P=0/001$  در گروه Pulse-Delay؛ اما در گروه Conventional این اختلاف معنی‌دار نبود ( $P=0/28$ )، (جدول ۳).

در طیف جذبی گروه‌های کامپوزیت سخت‌شده، ارتفاع پیک جذبی در طول موج ۱۶۳۸ سانتیمتر که مربوط به پیوند دوگانه می‌باشد، در مقایسه با طیف کامپوزیت سخت‌نشده کاهش یافت که در سه گروه درمانی تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت و ارتفاع پیک جذبی در طول موج ۱۶۰۸ سانتیمتر که مربوط به حد آروماتیک می‌باشد، بدون تغییر ماند و به عنوان Baseline در نظر گرفته شد.

نتایج مربوط به مقایسه درجه تبدیل، اختلاف معنی‌داری را بین سه گروه درمانی نشان نداد ( $P=0/909$ ) (جدول ۴).

هستند و هر مولکول دارای ارتعاش مختص به خود است. فرکانس این ارتعاشات در رده اشعه مادون-قرمز می‌باشد. دستگاه FTIR طیف نمونه‌ها را با عبور دادن اشعه مادون قرمز از آنها ضبط و طول موج جذب و مقدار جذب را اندازه‌گیری می‌کند. طیف IR مقدار عبور اشعه را با فرکانس یا طول موج نشان می‌دهد و مهمترین وسیله تشخیص خواص فیزیکی ماده است. برای این کار از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز موجود در پژوهشگاه پلیمر ایران (Bruker مدل IFS 48) استفاده گردید. روش کار به این نحو بود که ابتدا مقدار اندکی از خمیر کامپوزیت سخت‌نشده (Tetric Ceram Shade A3) به وسیله اسپاتول به صورت لایه نازکی روی قرص‌های برمید پتاسیم کشیده شد و پیک‌های جذب قبل از سخت‌شدن به کمک دستگاه تعیین شد. برای تهیه نمونه‌های سخت شده ابتدا مقدار اندکی از هر ماده، بین دو لام شیشه‌ای قرار گرفت و به هم فشرده شد تا یک لایه بسیار نازک از ماده ایجاد گردید.

سپس ۳ نمونه از هر گروه تحت شرایط نوردهی مشخص (Pulse-Delay; Soft-Start; Conventional) آماده و سخت گردید.

پس از آن طیف FTIR از لایه نازک ماده سخت شده در طیف سنج FTIR در Scan Condition 20 و Resolution 4cm<sup>-1</sup> و در محدوده طول موج ۴۰۰-۴۰۰۰ cm<sup>-1</sup> تنظیم گردید.

درجه تبدیل بلافاصله پس از سخت شدن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و ارتفاع پیک جذبی در طول موج 1638cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش کششی پیوند دوگانه C=C و طول موج 1608cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش کششی پیوند C...C آروماتیک محاسبه گردید. درجه تبدیل براساس فرمول زیر بدست آمد:

$$DC = \left[ 1 - \frac{\text{ارتفاع پیک جنب C...C} / \text{ارتفاع پیک جنب C=C}}{\text{ارتفاع پیک جنب C...C} / \text{ارتفاع پیک جنب C=C}} \right] \times 100$$

(بعد از بخت) ارتفاع پیک جنب C...C / ارتفاع پیک جنب C=C  
(قبل از بخت) ارتفاع پیک جنب C...C / ارتفاع پیک جنب C=C

جدول ۱- توزیع فراوانی درجات ریزنشست در سه گروه مورد بررسی در دیواره ژئزیوالی حفره‌ها

گروه	درجه ۰	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴	جمع
Conventional	۵ (%۵۰)	۰	۰	۰	۵ (%۵۰)	۱۰ (%۱۰۰)
Soft-start	۲ (%۲۰)	۰	۰	۰	۸ (%۸۰)	۱۰ (%۱۰۰)
Pulse-Delay	۱ (%۱۰)	۱ (%۱۰)	۰	۰	۸ (%۸۰)	۱۰ (%۱۰۰)

جدول ۲- توزیع فراوانی درجات ریزنشست در سه گروه مورد بررسی در دیواره اکلوزالی حفره‌ها

گروه	درجه ۰	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴	جمع
Conventional	۶ (%۶۰)	۳ (%۳۰)	۱ (%۱۰)	۰	۰	۱۰ (%۱۰۰)
Soft-start	۷ (%۷۰)	۰	۲ (%۲۰)	۰	۱ (%۱۰)	۱۰ (%۱۰۰)
Pulse-Delay	۷ (%۷۰)	۳ (%۳۰)	۰	۰	۰	۱۰ (%۱۰۰)

جدول ۳- نتایج مقایسه میزان ریزنشست در دیواره‌های اکلوزالی و ژئزیوالی در هر گروه درمانی

مقایسه دیواره اکلوزالی و ژئزیوالی	آماره $\chi^2$	P-value
گروه Conventional	۳۵/۰۰۰	۰/۲۸۰*
گروه Soft-Start	۱۷/۰۰۰	۰/۰۱۱**
گروه Pulse-delay	۸/۰۰۰	۰/۰۰۱**

\* اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد. \*\* اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۴- مقایسه درصد درجه تبدیل در سه گروه درمانی

گروه	میانگین و انحراف معیار	آماره $\chi^2$	P-value
Conventional	۶۸/۶۶±۲/۸۸	۰ / ۱۹۰	۰/۹۰۹*
Soft-start	۶۸/۲۵±۲/۷۵		
Pulse-delay	۶۹±۳/۶		

\* اختلاف معنی‌دار است.

## بحث

ایجاد تنش‌هایی می‌گردد که بر روی تطابق لبه‌ای ترمیم و دندان مؤثر می‌باشد (۷۶).

ریزنشت توسط روشهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر چه مطالعات لابراتواری ریزنشست، کاملاً نشان‌دهنده عملکرد کلینیکی ترمیم نیست اما از لحاظ کلینیکی این مشکل وجود دارد که شاید با وجود ریزنشست،

کامپوزیت‌های دندانی در سالهای اخیر به دلیل تطابق رنگ با دندان، عایق بودن حرارتی، اتصال به نسج دندان و عدم استفاده از جیوه مورد توجه قرار گرفته‌اند؛ اما مشکل عمده این مواد این است که به دلیل ساختار پلیمری خود در طی پلیمریزاسیون دچار انقباض می‌گردند که خود منجر به

مشابه تعمیم داد. با توجه به این که ریزش تحت تأثیر تطابق شیمیایی عوامل باندینگ عاجی و رزین کامپوزیت قرار می‌گیرد، بهتر است از هر عامل باندینگ عاجی با رزین کامپوزیت ساخته شده توسط همان کارخانه استفاده گردد. با توجه به این مسأله و مزایای ذکر شده در سه گروه مورد بررسی از باندینگ عاجی Excite و کامپوزیت Tetric Ceram که هر دو متعلق به کارخانه Vivadent هستند، استفاده شد. در تحقیق حاضر از حفره‌های کلاس ۵ با فرم جعبه‌ای شکل استفاده شد تا با افزایش C-Factor حداکثر نیروی انقباضی ایجاد شود؛ زیرا این مطالعه، به هدف بررسی اثر روش سخت‌شدن در کاهش تنش انقباضی انجام شد. برای مشابه‌سازی شرایط دهان از ترموسایکلینیک استفاده گردید تا ترمیم در معرض تغییرات حرارتی و محیط مرطوب قرار گیرد. در این مطالعه از ۵۰۰ سیکل ترموسایکل در دمای  $5 \pm 2$  و  $55 \pm 5$  درجه سانتیگراد، طبق پیشنهاد ISO (۱۱۴۰۵) استفاده شد (۹).

از جدولهای ۱ و ۲ می‌توان چنین نتیجه گرفت که بین سه روش سخت‌شدن و ریزش در دیواره‌های مینایی و عاجی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد؛ اما ریزش در دیواره‌های عاجی در گروه‌های Soft-Start و Pulse-Delay در مقایسه با روش Conventional بیشتر است.

نتایج این مطالعه با نتایج بررسی Mehl و همکاران متناقض به نظر می‌رسد؛ ایشان در نتایج مطالعه خود ذکر کردند که روش Soft-Start تطابق لبه‌ای را در ترمیم‌های کامپوزیتی در حفره‌های کلاس ۵ بهبود می‌بخشد. این اثر مثبت به میزان زیادی به شدت انرژی پلیمریزاسیون اولیه و رابطه بین این شدت اولیه و نهایی وابسته است؛ در بررسی این محققان گروه‌هایی که از شدتهای ابتدایی کم مثل ۱۸۰

ترمیم در داخل دهان وضعیت قابل قبولی داشته باشد. در واقع نتایج بدست آمده در شرایط In-vitro نمایانگر حداکثر مقدار ریزش در واقعیت است (۸،۷،۳).

هر روشی که بتواند تنش ناشی از انقباض پلیمریزاسیون را به نحوی جبران کند، در کاهش ریزش نقش دارد؛ هرچند تاکنون هیچ روش خاصی که بتواند به طور مطلق مشکل ریزش را در مازرین‌های عاجی برطرف کند، ارائه نشده است (۶).

یکی از روشهای کاهش تنش انقباضی که ریزش ناشی از آن را نیز تقلیل می‌دهد، تغییر در سرعت پلیمریزاسیون توسط Soft-Start Curing و Pulse-Delay است (۲).

در مطالعه حاضر از این دو روش با شدتهای اولیه  $200 \text{ mw/cm}^2$  به مدت ۱۰ ثانیه و شدت نهایی  $750 \text{ mw/cm}^2$  به مدت ۳۰ ثانیه برای گروه Soft-Start و شدت اولیه  $200 \text{ mw/cm}^2$  به مدت ۵ ثانیه، متعاقب ۵ دقیقه عدم تابش نور و سپس تابش نور به مدت ۳۱ ثانیه و با شدت  $750 \text{ mw/cm}^2$  برای گروه Pulse-Delay استفاده شد و این دو گروه با گروه کنترل Conventional با شدت  $400 \text{ mw/cm}^2$  به مدت ۶۰ ثانیه مقایسه گردید.

عموماً شدت  $300 \text{ mw/cm}^2$  یا بیشتر در محدوده طول موج ۴۵۰-۵۰۰ نانومتر (حداکثر جذب در ۴۷۰ نانومتر) برای پلیمریزاسیون کامل کامپوزیت تا عمق ۲ میلی‌متر مورد نیاز است؛ اما برخی از محققان حداقل  $400 \text{ mw/cm}^2$  را برای پلیمریزاسیون معمول پیشنهاد کرده‌اند؛ به همین دلیل در مطالعه حاضر نیز شدت گروه کنترل  $400 \text{ mw/cm}^2$  در نظر گرفته شد (۷).

جهت بررسی ریزش از یک نوع کامپوزیت هیبرید بسیار پر مصرف (Tetric Ceram) که تحقیقات زیادی روی آن انجام شده است، استفاده گردید؛ بنابراین نتایج آن را می‌توان به محدوده وسیعی از کامپوزیت‌ها با فرمولاسیون

کامپوزیتی و رزین‌های اصلاح‌شده با پلی اسید نداشت (۵).  
Bouschlicher و همکاران نیز در بررسی خود در مورد  
روش کیورینگ مرحله‌ای، نتایج مشابهی را از لحاظ انقباض  
پلیمریزاسیون در گروه مرحله‌ای و استاندارد بدست آوردند. در  
این مطالعه از شدت نور ابتدایی  $100 \text{mw/cm}^2$  به مدت ۱۰  
ثانیه و شدت نهایی  $800 \text{mw/cm}^2$  به مدت ۳۰ ثانیه استفاده  
شد (۱۱).

در مطالعه Yap و همکاران در مورد اثر روشهای  
Soft-Start و Pulse-Delay بر انقباض Post-Gel و درجه  
تبدیل نیز تفاوت عمده‌ای در انقباض و درجه تبدیل بین گروه  
کنترل و همه گروههای Pulse-Delay و Soft-Start  
مشاهده نشد با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱۲، ۱۳).  
در مطالعه حاضر، میزان ریزش در دیواره‌های عاج و  
مینا نیز در هر گروه مورد مقایسه قرار گرفت. در گروههای  
Soft-Start و Pulse-Delay میزان ریزش در عاج به  
طور معنی‌داری از مینا بیشتر بود؛ اما در گروه  
Conventional این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳).

به طور کلی به دلیل همگون بودن ساختار مینا و عدم  
وجود رطوبت، باند به مینا مطمئن‌تر و به سهولت قابل  
دستیابی است؛ اما ایجاد باند قابل قبول به عاج به دلیل  
ساختار ناهمگون آن و حرکت رو به خارج مایعات عاجی و  
بیشتر بودن ترکیبات آلی آن و پوشیده شدن سطح آن با لایه  
اسمیر با مشکلاتی همراه است.

در مطالعات متعددی، کمتر بودن لیکج در مارژین مینایی  
نسبت به مارژین ژنژیوآلی گزارش شده؛ حتی در بیشتر موارد  
ریزش در مارژین‌های مینایی کاملاً حذف گردیده است؛  
همچنین یکپارچگی مارژینال در عاج بیشتر از مینا تحت تأثیر  
تنش‌های حرارتی و اکلوآلی قرار می‌گیرد (۱۴، ۱۵).

از آنجایی که کاهش انقباض پلیمریزاسیون و افزایش  
درجه تبدیل اهداف متضاد هم هستند و به درجه تبدیل بالاتر

و ۱۶۶ و سپس شدت نهایی  $600$  و  $450 \text{mw/cm}^2$  برخوردار  
شده بودند، تطابق لیه‌ای کمتری در مقایسه با روش  
Conventional با شدت  $600$  و  $450 \text{mw/cm}^2$  از خود  
نشان دادند ولی در گروههایی که با شدتهای اولیه بالاتری  
حدود  $315$  و  $360 \text{mw/cm}^2$ ، پلیمریزه شده بودند، بهبود از  
خود نشان دادند (۳).

نتایج مطالعه حاضر با استفاده از شدت اولیه  
 $200 \text{mw/cm}^2$  مؤید این تئوری است که این شدت اولیه کم  
ممکن است تعداد کافی مولکول آغازگر را برای شروع یک  
واکنش کافی پلیمریزان فعال نکند؛ بنابراین سخت‌شدن  
(Curing) نهایی ماده تقریباً پلیمریزه نشده در هر دو روش  
Soft-Start و Pulse-Delay با شدت  $750 \text{mw/cm}^2$   
ممکن است مشابه سخت‌کردن ممتد ماده توسط شدت  
 $750 \text{mw/cm}^2$  باشد که مسلماً از سخت‌کردن یکنواخت و  
ممتد با شدت  $400 \text{mw/cm}^2$  انقباض بیشتری را به همراه  
خواهد داشت (۳).

طبق یافته‌های Rueggeberg و همکاران لایه‌های  
کامپوزیتی به ضخامت ۱ میلی‌متر در کمتر از شدت  
 $233 \text{mw/cm}^2$  به اندازه کافی سخت نخواهند شد (۸).  
در مطالعه حاضر به این دلیل از شدت اولیه  
 $200 \text{mw/cm}^2$  استفاده شد که بیشتر دستگاههای لایت کیور  
تخصیص یافته جهت روشهای کیورینگ Soft-Start و  
Pulse-Delay که توسط دیگر محققان بکار رفته است، در  
همین محدوده می‌باشد (۱۰).

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه Silikas و همکاران  
نیز همخوانی دارد؛ میزان انقباض ماده در بررسی این محققان  
که از روش Soft-Start و ابتدا از شدت  $200 \text{mw/cm}^2$  و  
سپس  $750 \text{mw/cm}^2$  استفاده کردند، کاهش نیافت (۴).

در مطالعه Friedl و همکاران نیز پلیمریزاسیون  
Soft-Start اثر عمده‌ای روی کاهش ریزش در ترمیم‌های



دانشیه‌های انرژی یکسان انتخاب شد؛ به همین دلیل به نظر می‌رسد این عامل در بدست آوردن درجات تبدیل مشابه مؤثر باشد (۱۱،۷). با این که مقادیر درجه تبدیل در این سه روش مشابه یکدیگر بدست آمد؛ اما این بدان معنی نیست که همه خصوصیات شبکه با شدت نور تغییر نکند. چون سایر عوامل توصیف‌کننده شبکه پلیمری علاوه بر درجه تبدیل وجود دارند که باید به طرز ایده‌آل در نظر گرفته شوند (۴).

در بررسی حاضر از شدت نور کم (Low- Intensity) به طور ممتد، استفاده نشد؛ زیرا واضح است که این روش نمی‌تواند پلیمریزاسیون و درجه تبدیل کافی را ایجاد نماید (۱۸).

لازم به ذکر است که حداقل درجه تبدیل مورد قبول از لحاظ کلینیکی به طور دقیق مشخص نشده است؛ ولی یک رابطه منفی از عمق سایش ابرزیو In-vivo با درجه تبدیل در محدوده مقادیر ۶۵-۵۵٪ گزارش شده است؛ بنابراین حداقل جهت لایه‌های اکلوژالی نباید از مقادیر درجه تبدیل کمتر از ۵۵٪ استفاده شود (۱۹). در مطالعه حاضر میزان درجه تبدیل در محدوده ۶۹-۶۸/۲۵٪ بدست آمد که از لحاظ کلینیکی در محدوده قابل قبول می‌باشد؛ در این بررسی استفاده از روشهای Pulse-Delay و Soft-Start با شدتهای اولیه و نهایی مذکور، بر ریزش و درجه تبدیل اثر عمده‌ای نداشت.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر دو روش سخت‌کردن Soft-Start و Pulse- Delay روی ریزش و درجه تبدیل مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد:

- ریزش در این سه گروه اختلاف معنی‌داری نداشت.
- درجه تبدیل که در این سه گروه توسط روش FTIR بررسی شد، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.
- روش Soft- Start Curing و Pulse-Delay با

برای رسیدن به خواص فیزیکی و مکانیکی بهتر، مطلوب است، اثر این عامل تداخلی نیز در سه گروه مورد بررسی قرار گرفت.

مطالعات جهت بررسی میزان پلیمریزاسیون شامل روشهای غیر مستقیم خراشیدن (Scraping)، سنجش سختی و روش بصری و روشهای غیر مستقیم طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) و طیف سنجی Laser Raman هستند که مستقیماً درجه تبدیل را نشان می‌دهند (۱۶،۷).

روش خراشیدن دقت زیادی ندارد و سنجش سختی روش نسبتاً خوبی است؛ ولی در میان این روشها، حساس‌ترین و دقیق‌ترین روش، FTIR است (۱۶،۷).

مقادیر درجه تبدیل در این مطالعه با استفاده از روش Film Thickness Transmission و FTIR بدست آمد؛ به نحوی که میزان آن نشانگر درجه تبدیل کل نمونه است، نه قسمت سطحی آن.

در بررسی حاضر، درجه تبدیل بین سه گروه از لحاظ آماری اختلاف عمده‌ای نداشت. مطالعه Bouschlicher و همکاران که طی آن انقباض پلیمریزاسیون و درجه تبدیل در روش Soft-Start بررسی شد، نیز نشان داد که این روش اثر عمده‌ای بر درجه تبدیل ندارد (۱۱) (جدول ۴). Sakaguchi و Berge نیز کاربرد روش Soft-Start را بدون اثر عمده‌ای روی درجه تبدیل ترمیم گزارش کردند (۱۷). نتیجه سایر مطالعات دیگر درباره اثر روش Soft-Start بر سختی و خواص دیگر فیزیکی نشان داد که این روش بر روی این خواص اثر عمده‌ای ندارد (۱۶،۳). روشهای Soft-Start و Pulse-Delay در بررسی Yap و همکاران نیز بر روی درجه تبدیل نمونه‌ها تأثیری نشان نداد (۱۲،۱۱).

نتایج تمام این مطالعات با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

از آنجا دانسیته انرژی (E.D) = شدت نور خروجی × زمان اکسپوزر) روی درجه تبدیل مؤثر است، در این سه گروه،

شدتهای آغازکننده کم، موجب بهبود تطابق لبه‌ای در بنابر این پیشنهاد می‌شود جهت کاهش ریزش از شدتهای ترمیم‌های کامپوزیت در حفره‌های کلاس ۵ نشد و درجه آغازکننده بیشتر برای روشهای Soft-Start و پلیمریزاسیون نیز تحت تأثیر دو روش فوق قرار نگرفت؛ Pulse-Delay استفاده شود.

## منابع:

- 1- Dennison JB, Yaman P, Seir R, Hamilton JC. Effect of variable light intensity on composite shrinkage. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 499-505.
- 2- Soh BI, Feng L, Wang Y, Cripe CH, Rjik WD. The effect of the pulse- delay cure technique on residual strain in composites. *Compendium / Special Issue* 1999; 20(2): 4-12.
- 3- Mehl A, Hickel R, Kunzelman KH. Physical properties and gap formation of light- cured composites with and without soft-start polymerization. *J Dent* 1997; 25 (3-4): 321-30.
- 4- Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin- composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000; 16: 292-96.
- 5- Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Markl A. Marginal adaptation of class V restorations with and without soft-start polymerization. *Oper Dent* 2000; 25: 26-32.
- 6- Summit JB, Robbins JW, Schwartz RS. *Fundamentals of Operative Dentistry*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Quintessence; 2001.
- 7- Yap A, Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26: 460-66.
- 8- Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jw Jr, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light- activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6(2): 91-5 (Abst).
- 9- International Standard Organization (ISO) TR 11405. *Dental Materials guidance on testing of adhesion tooth structure*. 1<sup>st</sup> ed. 1994: 12-15.
- 10- Kanca J, Suh BI. Pulse activation, reducing resin- based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 1999; 12: 107-112.
- 11- Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Boyer DB. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photo activated composite. *J Esthet Dent* 2000; 12: 23-32.
- 12- Yap A, Soh MS, Siow KS. Effectiveness of composite cure with pulse activation and soft- start polymerization. *Oper Dent* 2002; 27(1): 44-9 (Abst).
- 13- Yap A, Soh MS, Siow KS. Post- gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization. *Oper Dent* 2002; 27(1): 81-7 (Abst).
- 14- Gwinnett JA, Tay FR, Pang KM, Wei-SHY. Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 575-84.
- 15- Hilton ThJ, Schwartz RS, Ferracane JL. Microleakage of four class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence Int* 1997; 28: 135-44.
- 16- Yap A, Ng Sc, Siow KS. Soft-start polymerization influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Oper Dent* 2000; 26: 260-66.
- 17- Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in Composites. *J Dent* 1998; 26: 695-700.
- 18- Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light- cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *Am J Dent* 1998; 10: 17-22.
- 19- Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal break down of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 1997; 76: 1508-16.