

## اثر روش‌های کیورینگ نوری بر ناسازگاری میان ادهزیوهای تک شیشه‌ای (One-bottle) و کامپوزیت نوری: اندازه‌گیری بیرون دهانی استحکام باند برشی به عاج

فرشته شفیعی\*، علی اصغر علوی\*\*، آیدا صفاریپور\*\*\*

\* استادیار گروه آموزشی دندانپزشکی ترمیمی، دانشکده‌ی دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شیراز  
 \*\* استاد گروه آموزشی دندانپزشکی ترمیمی و عضو مرکز تحقیقات ارتودنسی، دانشکده‌ی دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شیراز  
 \*\*\* متخصص دندانپزشکی ترمیمی

### چکیده

**بیان مساله:** واکنش‌های ناسازگاری میان ادهزیوهای تک شیشه‌ای (one-bottle) و کامپوزیت‌های سلف-کیور گزارش گردیده که این ناسازگاری ممکن است، با کامپوزیت‌های لایت-کیور در روند روش‌های کیورینگ نوری متفاوت و رایج در مطب رخ دهد.

**هدف:** بررسی کنونی، با هدف ارزیابی اثر روش‌های گوناگون کیورینگ کامپوزیت نوری بر استحکام باند برشی دو ادهزیو تک شیشه‌ای با اسیدیتی متفاوت به عاج انجام شد.

**مواد و روش:** این بررسی تجربی، بر روی ۱۱۰ دندان مولر انسانی کشیده شده‌ی سالم انجام گردید. دندان‌ها تصادفی به ۱۰ گروه ۱۱ تایی بخش شدند. در ۵ گروه اول از ادهزیو One-Step Plus (OS) و در ۵ گروه بعدی از ادهزیو Prime & Bond NT (P&B NT) به همراه کامپوزیت مربوطه و ۵ روش کیورینگ شامل گروه تابش (Conventional)، (Soft- Start I) SSI، (Soft- Start II) SSII، (Pulse- Delay I) PDI، (Pulse- Delay II) PDII استفاده گردید. نمونه‌های فراهم شده در دستگاه اینسترون زیر نیروی برشی با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه قرار گرفتند و مقادیر استحکام باند برشی (SBS) به عاج بر پایه‌ی مگاپاسکال محاسبه گردید. داده‌های گردآوری شده با استفاده از آزمون آنوا دو سویه (Tow way ANOVA) واکاوی آماری شدند.

**یافته‌ها:** بیشترین میزان استحکام باند برشی (SBS) مربوط به OS (۱۹/۶۲ مگاپاسکال) و کمترین میزان مربوط به PDII P&B NT (۵/۹۳ مگاپاسکال) بود. در هر یک از ۵ روش کیورینگ میانگین SBS در گروه P&B NT در مقایسه با OS به گونه‌ای معنادار پایین‌تر بود ( $p < 0/001$ ). SBS در روش‌های کیورینگ متفاوت در هر یک از دو ادهزیو از کمترین به بیشترین به صورت زیر بود:  $OS < SSII < PDII < SSI < PDI$  که مقایسه‌ی دو به دو در همه‌ی گروه‌ها اختلاف معناداری را نشان داد ( $p < 0/005$ ).

**نتیجه‌گیری:** بالاتر بودن میزان اسیدیتی P&B NT در مقایسه با ادهزیو OS ممکن است در SBS پایین‌تر این ادهزیو در همه‌ی روش‌های کیورینگ به ویژه روش PDI موثر باشد. اسیدیتی ادهزیو در روش تابش رایج، کمترین اثر را داشت.

**واژگان کلیدی:** استحکام باند برشی، ادهزیو تک شیشه‌ای، روش‌های کیورینگ نوری، تابش معمول، Soft-Start، Pulse-Delay، و اسیدیتی ادهزیو

آمین‌های به کار رفته در کامپوزیت‌های سلف کیور دارند (۹، ۱۰).

با این وجود، هنگامی که کامپوزیت به کار رفته بر سطح ادهزیو با تأخیر زمانی زیر تابش نور قرار گیرد<sup>(۱۱)</sup>، ناسازگاری میان کامپوزیت‌های نوری و ادهزیوهای سلف اچ تک مرحله‌ای روی می‌دهد.

با مصرف گسترده کامپوزیت‌های نوری، با وجود بهبود خواص آنها، انقباض پلیمریزاسیون هنوز از مشکلات اساسی در ترمیم‌های کامپوزیت به شمار می‌رود، که می‌تواند باعث ایجاد فشارهای انقباضی و تخریب باند به دیواره‌های حفره گردد<sup>(۱۲)</sup>.

سرعت پلیمریزاسیون تأثیر چشمگیری در ایجاد این فشارها دارد. وقتی واکنش پلیمریزاسیون با سرعت کمتری مانند کامپوزیت‌های سلف کیور پیش رود، فرصت زمانی بیشتری برای جبران انقباض پلیمریزاسیون از طریق فلوکامپوزیت وجود دارد. این امر از طریق پلیمریزاسیون آغازین کامپوزیت با یک شدت تابش پایین و سپس، کیورینگ در شدت تابش بالا شدنی است (پلیمریزاسیون Soft-Start) (۱۳، ۱۴، ۱۵).

برای ایجاد فرصت زمانی بیشتر برای فلوکامپوزیت، روش کیورینگ پالس دیلی (Pulse-Delay) پیشنهاد شده است. در این روش، پلیمریزاسیون با شدت تابش پایینی به مدت کوتاه سه ثانیه آغاز می‌شود و پس از سه دقیقه تأخیر، کیورینگ با شدت بالا تکمیل می‌گردد (۱۳ و ۱۶).

تاکنون پژوهشی در مورد تأثیر ناسازگاری اسید- باز بر استحکام باند ادهزیوهای تک شیشه‌ای (One) به سطح عاج در روش‌های کیورینگ نوری متفاوت انجام نگرفته است.

هدف از این بررسی، ارزیابی ارتباط میان میزان اسیدیتی متفاوت دو ادهزیو تک شیشه‌ای (One) و روش کیورینگ کامپوزیت نوری از طریق تعیین استحکام باند آنها به عاج بود. روش‌های کیورینگ مورد آزمایش شامل دو روش سافت استارت (Soft-Start) و دو روش پالس دیلی (Pulse-Delay) به همراه کیورینگ رایج به عنوان مهار بود.

## مواد و روش

این بررسی تجربی بر روی ۱۱۰ دندان مولر انسانی کشیده‌ی شده سالم (بی ترک، پوسیدگی و شکستگی) فک بالا و پایین انجام شد. دندان‌ها پس از تمیز شدن و گندزدایی در محلول کلرامین ۱ درصد، در آب و در دمای اتاق نگهداری شدند. حداکثر

## درآمد

سیستم‌های ادهزیو آغازین بر پایه‌ی سه مرحله‌ی جداگانه اچینگ و پرایمر و رزین ادهزیو طراحی شده‌اند. در سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌های ادهزیو ساده شده با کاربرد سریع‌تر و آسان‌تر مورد توجه قرار گرفته است<sup>(۱۱ و ۱۲)</sup>.

ادهزیوهای نسل پنجم، تک شیشه‌ای (One-bottle) با ترکیب دو مرحله پرایمر و ادهزیو دارای منومرهای اسیدی و هیدروفیل، منومرهای رقیق‌کننده‌ی فعال، رزین ادهزیو با ویسکوزیتی بالا، سیستم‌های آغاز کننده‌ی نوری و اتانول یا استون به عنوان حلال مناسب در یک محلول تک شیشه‌ای هستند<sup>(۳)</sup>.

این ادهزیوها، به همراه کامپوزیت‌های نوری به گونه‌ای گسترده در مطب مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخلاف ادهزیوهای کانونشنال، که پس از کاربرد پرایمر بر روی عاج از یک لایه‌ی رزینی حد واسط برای اتصال به کامپوزیت ترمیمی استفاده می‌شود، در ادهزیوهای تک شیشه‌ای منومرهای اسیدی کیور نشده‌ی لایه‌ی مهار اکسیژنی در تماس مستقیم با کامپوزیت قرار می‌گیرند<sup>(۴)</sup>.

دندانپزشکان همیشه بر این باور بوده‌اند، که کامپوزیت‌ها به خوبی با لایه‌ی مهار اکسیژنی ادهزیوهای کیور شده باند می‌شوند، اما آشکار شده است، که واکنش تداخلی میان منومرهای اسیدی و آمین‌های ترشیری بازی در کامپوزیت به غیرفعال شدن این آمین‌ها در طی واکنش اسید- باز منجر می‌گردد. در نتیجه، واکنش ایجاد رادیکال‌های آزاد توسط آنها در واکنش احیاء بعدی ناکارآمد می‌شود، که به پلیمریزاسیون ناقص کامپوزیت‌های سلف کیور منجر می‌گردد، زیرا پلیمریزاسیون این کامپوزیت‌ها از طریق یک سیستم تسریع کننده احیاء دوگانه (binary redox) شامل بنزوئیل پراکسید و یک آمین ترشیری آروماتیک نوکلئوفیلیک انجام می‌گیرد<sup>(۳، ۵ و ۷)</sup>. تأثیر ناسازگاری میان ادهزیوهای ساده شده و کامپوزیت‌های سلف کیور بر کاهش استحکام باند آنها به عاج گزارش شده است<sup>(۳، ۵ و ۸)</sup>.

در کامپوزیت‌های لایت کیور نیز، سیستم‌های احیاء فتوشیمیایی که دارای آمین‌های ترشیری هستند، به کار می‌رود اما، مرحله‌ی آغاز و ایجاد رادیکال‌های آزاد در آنها بسیار سریع‌تر بوده و رقابت بین دو واکنش، به نفع ایجاد رادیکال‌های آزاد است و احتمالاً واکنش اسید- باز متوقف می‌شود. همچنین، این آمین‌ها خاصیت نوکلئوفیلیک و واکنش‌پذیری کمتری در مقایسه با

جدول ۱: pH، ترکیبات و کارخانه‌ی سازنده ژل اچینگ و دو ادهزیو مورد استفاده در این بررسی

مواد مورد استفاده	pH ادهزیو	ترکیبات	تکنیک کاربرد	کارخانه‌ی سازنده
ژل اچینگ		37.5% phosphoric acid	اچ به مدت ۱۵ ثانیه با افشانه‌ی آب به مدت ۱۰ ثانیه شسته شد. سطوح عاجی مرطوب نگه داشته شد.	kerr
Prime & Bond NT	۲/۶۸	PENTA, UDMA, T-resin, D-resin, Silicone dioxide nanofiller, photoinitiators, stabilizer, acetone, cetylamine hydrofluoride	زدن ادهزیو روی عاج و در محل بمدت ۲۰ ثانیه گذاشته شد. افشانه‌ی هوا به آرامی به مدت ۵ ثانیه زده شد تا حلال تبخیر گردد. (کیورینگ به مدت ۱۰ ثانیه)	Dentsply DeTrey, konstanz, Germany
One-step plus	۴/۶۱	Bis GMA, BPDMD HEMA, P-dimethylamino benzoic acid (Co+initiator) acetone- glass fillers	تکان دادن بطری ۳ تا ۵ ثانیه پیش از استفاده از آن. دو لایه از ادهزیو استفاده شده و به مدت ۲۰ ثانیه با برس بر سطح آغشته شد. خشک کردن ادهزیو با جریان ملایم هوا. (کیورینگ به مدت ۱۰ ثانیه)	Bisco Inc, Schamburg, IL USA

PENTA: dipenta- erythritol phosphorous acid ester UDMA: urethane dimethacrylate T.resin: cross-linking agent D resin: small hydrophilic molecule

نخستین لایه‌ی کامپوزیت قرار گرفته بر روی ادهزیو کیور شده استفاده گردید:

گروه ۱ (Conventional: CO): تابش رایج با شدت ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۴۰ ثانیه به عنوان کنترل.

گروه ۲ (Soft-Start I: SSI): تابش آغازین با شدت پایین ۱۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۱۰ ثانیه و سپس شدت نهایی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳۰ ثانیه

گروه ۳ (Soft-Start II: SSI): تابش آغازین با شدت پایین ۲۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۱۰ ثانیه و سپس شدت نهایی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳۰ ثانیه

گروه ۴ (Pulse-Delay I: PDI): تابش آغازین با شدت پایین ۱۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳ ثانیه، تأخیر ۳ دقیقه‌ای و سپس، شدت نهایی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳۷ ثانیه

گروه ۵ (Pulse-Delay II: PDII): تابش آغازین با شدت پایین ۲۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳ ثانیه، تأخیر ۳ دقیقه‌ای و سپس، شدت نهایی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳۷ ثانیه

دستگاه لایت کیور مورد استفاده در این بررسی VIP Jouniur (Bisco, USA) با طول موج ۴۷۰ نانومتر و شدت نهایی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع بود.

بر پایه‌ی برنامه‌ی موجود در دستگاه شدت ۱۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳ ثانیه با کاربرد خود دستگاه به دست آمد. برای به دست آوردن شدت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع به مدت ۳ و ۱۰ ثانیه بر پایه‌ی نظریه‌ی آلبرس

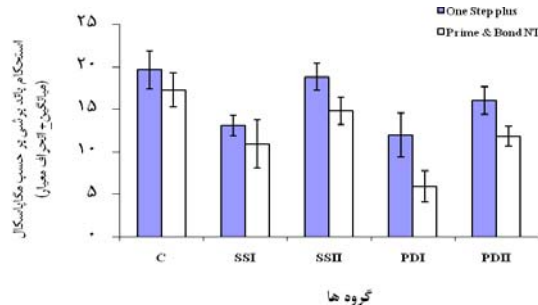
زمان نگهداری آنها پیش از آغاز بررسی دو ماه بود.

پس از برداشت مینای دندان‌ها و رویارویی عاج میانی به وسیله‌ی دیسک الماسی تحت جریان آب، یک سطح صاف عاجی به وسیله‌ی صفحه‌ی پالیش 600 grit آماده گردید. دندان‌ها به صورت تصادفی به ۱۰ گروه ۱۱ تایی بخش شدند. در ۵ گروه اول از ادهزیو One-Step Plus: OS (Bisco, USA) به همراه کامپازیت و در ۵ گروه بعدی از ادهزیو Alite و Prime & Bond NT: P&B NT (Dentsply, Germany) کامپازیت Spectrum TPH برپایه‌ی دستور کارخانه‌ی سازنده‌ی مربوطه استفاده گردید. میزان pH هر ادهزیو توسط یک pH دیجیتال (Methrom, model 744, Switzerland) در دمای اتاق اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۱).

کاربرد ادهزیوها: پس از اچینگ به مدت ۱۵ ثانیه، شست و شو و خشک کردن ملایم سطح عاج، دو لایه‌ی پی در پی از ادهزیو OS بر سطح مرطوب عاج به کار رفت. پس از ۲۰ ثانیه کاربرد با فشار (agitation)، با جریان ملایم هوا خشک شد. در مورد ادهزیو P&B NT یک لایه‌ی ادهزیو بر سطح مرطوب عاج به کار رفت. پس از ۲۰ ثانیه، در صورت نیاز یک لایه اضافی ادهزیو استفاده شد و با جریان ملایم هوا به مدت ۵ ثانیه خشک گردید. کیورینگ هر دو ادهزیو به مدت ۱۰ ثانیه با شدت ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع انجام گرفت. برای قرار دادن کامپوزیت نوری به روی ادهزیو کیور شده از یک قالب استوانه‌ای به ارتفاع ۲/۵ میلی‌متر و قطر ۲ میلی‌متر استفاده شده، که کامپوزیت در دو لایه‌ی ۱ و ۱/۵ میلی‌متری به کار رفت. در هر یک از دو ادهزیو از ۵ روش کیورینگ برای پلیمریزاسیون، از

روش کیورینگ دیگر، استحکام باند P&B NT به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از OS بود ( $p < 0/001$ ). در روش P&B NT: SSI ( $10/89a \pm 2/82$ ) در مقایسه با OS ( $13/09 \pm 1/24$ )، در روش P&B SSII NT: ( $14/48 \pm 1/63$ ) در مقایسه با OS ( $18/79 \pm 1/57$ )، در روش P&B NT: PDI ( $5/93 \pm 1/79$ ) در مقایسه با OS ( $11/97 \pm 2/59$ )، در روش P&B NT: PDII ( $11/82 \pm 1/17$ ) در مقایسه با OS ( $16 \pm 1/62$ ) استحکام باند پایین‌تری را نشان داد ( $p < 0/001$ ).

بیشترین میزان استحکام باند مربوط به گروه شاهد OS ( $19/62 \pm 2/21$ ) و کمترین میزان مربوط به گروه PDI، PDII، PB ( $5/93 \pm 1/79$ ) بود.



نمودار یک: میانگین استحکام باند برشی در ده گروه آزمایشی

استحکام باند در روش‌های کیورینگ متفاوت در هر یک از دو ادهزیو از کمترین به بیشترین را می‌توان به صورت زیر نمایش داد.  $PDI < SSI < PDII < SSII < CO$ . نشان داد، که در گروه‌های شاهد (تابش معمول) هر دو ادهزیو شکست بیشتر به صورت کوهزیو و در گروه P&B NT، PDI شکست بیشتر به صورت ادهزیو بود. در دیگر گروه‌ها هر سه گونه شکست مشاهده شد (جدول ۲).

### بحث

امروزه، برای افزایش کیفیت باند کامپوزیت به دندان، یکی از روش‌های پیشنهادی استفاده از تکنیک‌هایی است که موجب کیورینگ یا پلیمریزاسیون آهسته در کامپوزیت می‌شود. در بررسی کنونی از دو روش Soft-Start و دو روش Pulse-Delay رایج در مطب استفاده گردید. هدف از این پژوهش، بررسی اثر آزادسازی فشار انقباضی در طول کیورینگ کامپوزیت از طریق فلو در روش‌های گوناگون کیورینگ نوری بر استحکام باند به عاج نبود.

(Albers)<sup>(۱۷)</sup>، که به ازای هر ۵ میلی‌متر فاصله‌ی منبع نوری از ماده، ۱۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع از شدت کاسته می‌شود، فاصله‌های مورد نظر محاسبه گردید. در نتیجه برای شدت ۱۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع، فاصله‌ی ۲/۵ سانتیمتری و برای شدت ۲۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع، فاصله‌ی ۲ سانتی‌متری در نظر گرفته شد. ضمن این‌که شدت تابش در این فاصله‌ها دوباره با رادیومتر (coltolux, coltene, Switzerland) ارزیابی گردید.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها و ۲۴ ساعت نگهداری آنها در آب مقطر در دمای اتاق، نمونه‌ها در دستگاه انسترون (مدل ۱۳۰۲- ساخت آلمان) زیر نیروی برشی با سرعت ۱ میلی‌متر در دقیقه قرار گرفتند. مقادیر استحکام باند برشی بر پایه‌ی مگاپاسکال (MPa) از تقسیم حداکثر نیروی منجر به شکست بر مساحت سطح باندینگ محاسبه شد.

اطلاعات گردآوری شده، با استفاده از آزمون‌های آماری Two-way ANOVA و آزمون تکمیلی Tukey HSD واکاوی گردید و ( $p < 0/05$ ) به عنوان سطح معنادار در نظر گرفته شد.

سطوح شکست نمونه‌ها پس از دبانند شدن با استفاده از استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰ برابر بررسی شد. انواع شکست مشاهده شده به صورت شکست ادهزیو، شکست کوهزیو در عاج، شکست کوهزیو در کامپوزیت و شکست Mixed که ترکیبی از شکست ادهزیو و کوهزیو می‌باشد، بود.

### یافته‌ها

کمترین، بیشترین و میانگین  $\pm$  انحراف معیار استحکام باند برشی به عاج بر پایه‌ی مگاپاسکال برای ۱۰ گروه مورد بررسی در جدول ۲ آمده است. نمودار ۱ میانگین و انحراف معیار استحکام باند گروه‌ها را نشان می‌دهد. استفاده از آزمون آنوای دو سویه در واکاوی نتایج نشان داد، که استحکام باند به گونه‌ای معنادار تحت تأثیر نوع ادهزیو ( $p < 0/001$ ) و روش کیورینگ کامپازیت ( $p < 0/001$ ) قرار گرفت. همچنین، اثر متقابل این دو عامل معنادار بود ( $p < 0/05$ ).

هنگامی که روش کیورینگ در هر دو ادهزیو مشابه بود میانگین استحکام باند در گروه کنترل P&B NT ( $17/27 \pm 1/98$ ) به طور معناداری پایین‌تر از گروه کنترل One-Step Plus ( $19/62 \pm 2/21$ ) بود ( $p < 0/001$ ). به علاوه در هر یک از چهار

جدول ۲: مقایسه ی بیشترین، کمترین و میانگین  $\pm$  انحراف معیار استحکام باند برشی بر پایه ی مگاپاسکال و نوع شکست در گروه های مورد بررسی

گروه ها	حداکثر استحکام باند	حداقل استحکام باند	میانگین $\pm$ انحراف معیار	نوع شکست *
۱ کنترل OS	۲۳/۱۱	۱۶/۳۵	$19/62 \pm 2/21^A$	۲A، ۴Cc، ۱Cd، ۲M
۲ OS SSI	۱۵/۱۸	۱۱/۵۴	$13/09 \pm 1/24^B$	۵A، ۲Cc، ۲Cd، ۲M
۳ OS SSII	۲۰/۹۲	۱۵/۸۵	$18/79 \pm 1/57^C$	۳A، ۳Cc، ۱Cd، ۴M
۴ OS PDI	۱۴/۹۵	۷/۵۷	$11/97 \pm 2/59^D$	۶A، ۲Cc، ۱Cd، ۲M
۵ OS PDII	۱۸/۷۵	۱۴/۱۴	$16/00 \pm 1/62^E$	۴A، ۳Cc، ۱Cd، ۳M
۶ کنترل P&B NT	۲۱/۲۳	۱۴/۱۱	$17/27 \pm 1/98^F$	۲A، ۴Cc، ۲Cd، ۲M
۷ P&B NT SSI	۱۶/۹۹	۸/۰۰	$10/89 \pm 2/82^G$	۵A، ۲Cc، ۲Cd، ۲M
۸ P&B NT SSII	۱۹/۴۳	۱۳/۵۰	$14/78 \pm 1/63^H$	۴A، ۱Cc، ۳Cd، ۳M
۹ P&B NT PDI	۹/۸۰	۴/۱۷	$5/93 \pm 1/79^I$	۹A، ۱Cc، ۱M
۱۰ P&B NT PDII	۱۳/۹۱	۱۰/۳۸	$11/82 \pm 1/17^J$	۶A، ۲Cc، ۲M

OS: One Step Plus

A\*: شکست Adhesive

P&amp;B NT: Prime &amp; Bond NT

Cd: شکست Cohesive در عاج

SS: Soft-Start

Cc: شکست Cohesive در کامپوزیت

PD: Pulse-Delay

M: شکست Mixed

\* حروف متفاوت در ستون میانگین گروه ها نشان دهنده اختلاف معنی دار همه گروه هاست.

بیشتر از یک سوم گزارش شد.

همچنین، در همه ی روش های کیورینگ (۴ روش آزمایشی + روش معمول) استحکام باند P&B NT به گونه ای چشمگیر پایین تر از OS بود. این اختلاف می تواند به مقادیر pH متفاوت این دو ادهزیو مربوط باشد. چنانچه P&B NT با  $pH = 2/68$  اسیدی تر از OS با  $pH = 4/61$  است.

این نتیجه با نتایج بررسی سانارس (Sanares) و همکاران<sup>(۳)</sup>، همخوانی دارد. در بررسی آنها استحکام باند کششی میکرونی در زیر گروه کامپوزیت سلف کیور / P&B NT به گونه ای چشمگیر پایین تر (یک دهم) از کامپوزیت سلف کیور / OS بود. همچنین، استحکام باند کامپوزیت سلف کیور / OS تقریباً نصف استحکام این ادهزیو با کامپوزیت لایت کیور گزارش شد. این پژوهشگران بیان کردند، که در میان ۴ ادهزیو تک شیشه ای (One-bottle)، OS با بیشترین مقادیر pH دارای مونومر اسیدی با ۲ گروه کربوکسیل است، که باعث می شود، کامپوزیت سلف کیور درون ناحیه ی اینترمیکس (intermix) آن هنوز ضعیف تر از زمانی باشد، که کامپوزیت نوری بر روی آن پلی مریز می شود. نتیجه ی متفاوت بررسی آنها این بود، که استحکام باند این ادهزیوها در کاربرد با کامپوزیت لایت کیور هیچ تفاوتی نشان نداد. همچنین سویت (Swift) و همکاران، کاهش استحکام باند برشی P&B NT به عاج را از مگاپاسکال ۱۱ (با کامپوزیت نوری) به صفر (با کامپوزیت سلف

در این بررسی از سطوح عاجی صاف برای باندینگ استفاده شد، که دارای توانایی بالایی در آزادسازی فشار انقباضی است. به گونه ای که کامپوزیت قادر به فلو غیرمحدود شده ای بود، که باعث آزادسازی فشار انقباضی آن می شود. در حالی که، وقتی کامپوزیت در حال پلیمریزاسیون از طریق چسبندگی به دیواره های حفره محدود می گردد، فشار بیشتری ایجاد می شود.

روش رایج برای ارزیابی سازگاری میان سیستم های ادهزیو و کامپوزیت ها، تعیین استحکام باند به عاج آنها بوده<sup>(۵، ۷، ۹، ۱۱)</sup> و استحکام باند کامپوزیت به عاج تحت تأثیر سازگاری روش پلیمریزاسیون میان ادهزیو و کامپوزیت است<sup>(۱۸)</sup>.

در این بررسی، برای ارزیابی سازگاری یا نبود سازگاری میان دو ادهزیو تک شیشه ای (One-bottle) و کامپوزیت نوری کیور شده با ۴ روش کیورینگ، استحکام باند آنها به عاج اندازه گیری و مقایسه شد.

نتایج این بررسی، نشان داد، که استحکام باند هر دو ادهزیو تحت تأثیر همه ی روش های کیورینگ قرار گرفت. در هر دو ادهزیو، کمترین استحکام باند در روش کیورینگ PDI و سپس به ترتیب در SSI، PDII و SSII و بیشترین استحکام باند در روش کانونشنال به دست آمد. به گونه ای که، میانگین استحکام باند OS در روش کیورینگ PDI به تقریباً نصف در مقایسه با کیورینگ رایج کاهش یافت. در حالی که، این کاهش در مورد P&B NT

کیور) گزارش کردند. در ادهزیو One-Step تفاوتی مشاهده نشد. با کاربرد کامپوزیت لایت کیور در هر دو ادهزیو، استحکام باند P&B NT به گونه‌ای چشمگیر پایین‌تر از One-Step بود، که با نتایج دو گروه تابش رایج بررسی ما همخوانی دارد.<sup>(۵)</sup>

اما بله‌یوس (Bolhuis) و همکاران، هیچ تفاوتی در استحکام باند به عاج One-Step با کامپازیت سلف کیور و OS با کامپازیت لایت کیور گزارش نکردند. در بررسی آنها کامپازیت سلف کیور به همراه SE Bond با pH پایین‌تر از ۱/۸، استحکام باند پایین‌تری در مقایسه با کاربرد کامپازیت لایت کیور نشان داد.<sup>(۱۹)</sup>

از سوی دیگر در روش PDI، چگالی انرژی (زمان تابش × شدت تابش = energy density) تابش آغازین (شدت اولیه ۱۰۰ میلی‌متر / سانتی‌متر مربع، ۳ ثانیه) برای شروع موثر واکنش پلیمریزاسیون کافی نیست.<sup>(۱۶ و ۲۰)</sup>

بنابراین، در طول ۳ دقیقه زمان تاخیر، کامپازیت کیور نشده در تماس با منومرهای اسیدی کیورنشده از لایه‌ی مهار اکسیژنی این دو ادهزیو تک شیشه‌ای (One-bottle) برجا می‌ماند. در نتیجه ممکن است، زمان کافی برای واکنش تداخلی اسید- باز میان منومرهای اسیدی و آمین بازی Tertiary photoreductant در رزین‌های لایت کیور فراهم گردد. پلی‌مریزاسیون رادیکال آزاد این رزین‌ها، نیاز به یک آغاز کننده کمکی (Tertiary amine photoreductant)، به همراه آغاز کننده‌ی نوری (کامفورکینون) نیازمند است.<sup>(۲۱)</sup> خنثی شدن این آمین، به وسیله‌ی منومرهای اسیدی، اثر منفی بر پلی‌مریزاسیون سطح کامپازیت در تماس با ادهزیو و نیز، پلی‌مریزاسیون لایه‌ی مهار اکسیژنی ادهزیو دارد. پلیمریزاسیون ضعیف‌تر منومرهای رزینی می‌تواند، باعث ضعف خواص مکانیکی و استحکام باند شود. منومرهای فانکشنال ادهزیو، باعث پلیمریزاسیون ضعیف بنزوئیل پراکساید/ کاتالیزور آمین و حتی کامفورکینون/ کاتالیزور آمین می‌گردد.<sup>(۲۳ و ۲۴)</sup>

منومرهای رزینی اسیدی با گروه‌های فانکشنال اسید فسفریک یا کربوکسیلیک، غالباً به عنوان اجزای پرایمر در ادهزیوهای توتال- اچ به کار می‌روند. ارگانو فسفات‌ها (مانند PENTA در P&B NT) بسیار مهاجم‌تر از منومرهای متاکریلات کربوکسیله شده (مانند Biphenyldimethacrylate در One-Step Plus) در وقفه‌ی پلی‌مریزاسیون رزینی عمل می‌کنند.<sup>(۱۰)</sup> تأثیر تأخیر تابش کامپازیت نوری بر کاهش استحکام باند به عاج، در ادهزیوهای سلف اچ یک مرحله‌ای (all-in-one) نشان داده شده است.<sup>(۱۱)</sup>

همچنین، در یک بررسی، استحکام باند برشی ادهزیوهای تک شیشه‌ای (One-bottle) به همراه یک سمان رزینی دوال- کیور نسبت معکوسی با زمان میان قراردعی سمان و فعال سازی نوری آن نشان داد.<sup>(۳۳)</sup>

در این بررسی در روش کیورینگ PDII، استحکام باند دو ادهزیو به گونه‌ای چشمگیر بیشتر از PDI بود. اما هنوز پایین‌تر از روش کیورینگ رایج بود. در توجه آن همان گونه که قبلاً هم اشاره شد، درجه‌ی پلیمریزاسیون کامپازیت متناسب با شدت تابش و زمان تابش است. در روش کیورینگ PDII با وجود دو برابر شدن میزان شدت تابش آغازین درمقایسه با PDI، زمان تابش همان ۳ ثانیه بوده، که زمان بسیار کوتاهی است. همچنین، در روش کیورینگ SSI و SSII، شدت‌های تابش آغازین پایین (به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی وات بر سانتی‌متر مربع) ممکن است برای فعال سازی مقدار کافی مولکول‌های آغاز کننده کافی نبوده و پلی‌مریزاسیون کافی انجام نشود. همچنین، شدت تابش آغازین پایین ممکن است، به اثرات منفی ناشی از تأخیر کیورینگ کامپازیت منجر گردد.<sup>(۲۴ و ۲۵)</sup>

ریوگبرگ (Rueggeberg) و همکاران، بر این باورند، که کیورینگ کافی کامپازیت در شدت پایین‌تر از ۲۲۳ میلی وات بر سانتی‌متر مربع انجام نمی‌شود.<sup>(۲۶)</sup> بنابراین، در دو روش کیورینگ SSI و SSII این امکان وجود دارد، که واکنش تداخلی اسید- باز در طول ۱۰ ثانیه کیورینگ آغازین روی دهد و به کاهش استحکام باند این دو روش در مقایسه با روش رایج منجر گردد. در عین حال، تابش آغازین در روش کیورینگ SSII (۲۰۰ میلی وات بر سانتی‌متر مربع، ۱۰ ثانیه) دارای بیشترین چگالی انرژی در میان ۴ روش کیورینگ آزمایشی است. به نظر می‌رسد، کیورینگ آغازین بیشتر در این روش ممکن است، به واکنش ناسازگاری اسید- باز به میزان کمتر، و در نتیجه استحکام باند بالاتر در مقایسه با سه روش کیورینگ دیگر شود.

تای (Tay) و همکاران گزارش کردند، که استحکام باند Opti Bond Solo به عاج دهیدراته هنگام تأخیر تابش ۲۰ دقیقه‌ای کامپازیت نوری تفاوت معناداری با تابش فوری آن نداشت. اما در همین مقایسه، وقتی باندینگ بر روی عاج دهیدراته‌ی عمقی انجام گرفت، تأخیر تابش باعث کاهش استحکام باند شد و در بررسی تم (TEM) تاول‌های آبی پر شده با نقره در حد فاصل کامپازیت- ادهزیو مشاهده گردید. این پژوهشگران نتیجه گرفتند، که اتصال

ناسازگاری چیره شد<sup>(۳۰)</sup>.

بر پایه‌ی نتایج این بررسی به نظر می‌رسد، که تفاوت رفتار و سرعت پلی‌مریزاسیون کامپازیت به هنگام واکنش پلی‌مریزاسیون با روش‌های کیورینگ متفاوت (PD, SS) می‌تواند، سیستم ادهزیو را قادر سازد، تا در پلی‌مریزاسیون نهایی حد فاصل باندینگ (کامپازیت-ادهزیو) به درجات متفاوت تداخل ایجاد نماید.

به هرحال، بررسی‌های بیشتر برای تعیین همزمان اثر منفی این واکنش ناسازگاری و اثر مثبت کاهش فشار انقباض پلی-مریزاسیون، روش‌های کیورینگ SS و PD در حفره‌ها با عوامل C بالا بر استحکام باند ادهزیوهای اسیدی به عاج در ترمیم‌های کامپازیت نوری لازم است.

### نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن محدودیت‌های این بررسی می‌توان نتیجه-گیری کرد، که کامپازیت‌های لایت کیور هنگامی که آمین ترشیاری در آنها به عنوان تسریع کننده برای فعال سازی نوری استفاده شده باشد، به گونه‌ای کامل از اثر واکنش ناسازگار اسید-باز در امان نیستند.

هر کدام از روش‌های فعال سازی نوری با تأخیر برای پایین آوردن سرعت پلی‌مریزاسیون، همانند کامپازیت‌های سلف کیور، ممکن است، بتواند ناسازگاری میان ادهزیوهای تک شیشه‌ای (به ویژه با اسیدیتهی بیشتر) و کامپوزیت‌های لایت کیور را ایجاد نماید.

کامپازیت پس از تماس دراز مدت آن با عاج هیدراته باند شده با این ادهزیو، ممکن است زیر اثر نفوذپذیری ذاتی ادهزیو، به خطر افتد<sup>(۴)</sup>. در یک سری بررسی‌ها، نفوذپذیری ادهزیوهای تک شیشه‌ای (One-bottle) نشان داده شده است<sup>(۳، ۲۷، ۱۰، ۲۹)</sup>.

به نظر می‌رسد در این بررسی نیز، با وجود این که باندینگ بر سطح عاج میانی انجام گرفت و میزان آب موجود در توپول‌های عاجی به اندازه شرایط بررسی یاد شده نبود، اما به دلیل وجود رطوبت نسبی در عاج، این امکان وجود دارد، که نفوذپذیری لایه‌ی ادهزیو و عبور آب از میان لایه‌ی ادهزیو در ناسازگاری باند ادهزیو-کامپازیت دخالت ناچیزی داشته باشد. از سوی دیگر، عبور آب از میان لایه‌ی مهار اکسیژنی ادهزیو پس از کیورینگ به دنبال ایجاد فشار اسموتیک در این لایه زیر اثر عامل زمان بوده<sup>(۴)</sup> و در بررسی تای، با تأخیر تابش ۲۰ دقیقه‌ای، فرصتی زیاد برای عبور آب از میان لایه‌ی ادهزیو وجود داشته است. در حالی که، در این بررسی، این زمان در روش‌های PD کوتاه بوده و در روش‌های SS بسیار کوتاه تر است.

به هر حال، چون این بررسی بر روی یک گونه سوبسترا (عاج میانی نسبتاً هیدراته) انجام گرفت، در نتیجه میزان تأثیر عامل نفوذپذیری لایه‌ی ادهزیو بر کاهش استحکام باند کاملاً آشکار نیست. با جایگزینی آمین فتواکسلیتور Tertiary به وسیله‌ی فتواکسلیتورهای دیگر مانند Trimethyl barbitaric acid یا Dibutyl tin dilaurate ممکن است بتوان بر این واکنش

## References

1. Swift EJ Jr. Dentin bonding: what is the state of the art? *Compend Contin Educ Dent* 2001; 22 (12 Suppl):4-7.
2. Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE. Interfacial micromorphology and shear bond strength of single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater* 1997; 13: 316-324.
3. Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dent Mater* 2001; 17: 542-556.
4. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2001; 3(3): 237-245.
5. Swift EJ Jr, Perdigão J, Combe EC, Simpson CH 3rd, Nunes MF. Effects of restorative and adhesive curing methods on dentin bond strengths. *Am J Dent* 2001; 14: 137-140.
6. Yamauchi J. Study of dental adhesive containing phosphoric acid methacrylate monomer. *Jap J Dent Mater* 1990; 5 :144-159.
7. Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 91-105.
8. Miller MB. Dental adhesives. *Realty* 1998; 13: 182-187.
9. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 27-40.
10. Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent* 2003; 5: 267-282.
11. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of light-cured resin composites on bonding of all-in-one adhesives. *J Adhes Dent* 2001; 3: 207-225.
12. Yap AU, Wang HB, Siow KS, Gan LM. Polymerization shrinkage of visible-light-cured composites. *Oper Dent* 2000; 25: 98-103.
13. Suh BI. Controlling and understanding the polymerization shrinkage-induced stresses in light-cured composites. *Compend Contin Educ Dent Suppl* 1999; 25: S34-41.
14. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. *J Dent* 1997; 25: 321-330.
15. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res* 1991; 99: 440-444.
16. Yap AU, Soh MS, Siow KS. Post-gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization. *Oper Dent* 2002; 27: 81-87.
17. Albers HF. Tooth- colored restorations. Principle and techniques. 9th ed. BC Decker Inc: Hamilton. London; 2002. p. 97.
18. Swift EJ Jr, May KN Jr, Wilder AD Jr. Effect of polymerization mode on bond strengths of resin adhesive/cement systems. *J Prosthodont* 1998; 7: 256-260.



19. Bolhuis PB, de Gee AJ, Kleverlaan CJ, El Zohairy AA, Feilzer AJ. Contraction stress and bond strength to dentin for compatible and incompatible combinations of bonding systems and chemical and light-cured core build-up resin composites. *Dent Mater* 2006; 22: 223-233.
20. F e Silva AL, Pereira GD, Dias CT, Sartini Paulillo LA. Effect of the composite photoactivation mode on microtensile bond strength and Knoop microhardness. *Dent Mater* 2006; 22: 203-210.
21. Cook WD. Photopolymerization kinetics of dimethacrylates using camphorquinine amine initiator system. *Polymer* 1992; 33: 600-609.
22. Bowen RL, Cobb EN, Rapson JE. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res* 1982; 61: 1070-1076.
23. Schiltz MY, Cincione F, Derijk W, Suh BI. Bond strength of single bottle adhesives to self-cured composites on dentin. *J Dent Res* 2000; 79: 374-382.
24. Yap AU, Soh MS, Siow KS. Effectiveness of composite cure with pulse activation and soft-start polymerization. *Oper Dent* 2002; 27: 44-9.
25. Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Märkl A. Marginal adaption of Class V restorations with and without "softstart-polymerization". *Oper Dent* 2000; 25: 26-32.
26. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6: 91-95.
27. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res* 2004; 83: 843-848.
28. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 2003; 69: 726-731.
29. Chersoni S, Suppa P, Breschi L, Ferrari M, Tay FR, Pashley DH, Prati C. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. *Dent Mater* 2004; 20: 796-803.
30. Tay FR, Kimura Y, Pashley DH. Adverse interaction of all- in- one adhesive with photoaccelerators and fillers in light cured composites. *J Dent res* 2001; 80 (abstract 846) 638.