

## دوام و پایداری باند سیستم های ادهزیو

فرشته شفیع\*  
\*استادیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

### چکیده

امروز، ترمیم دندان ها با حداقل برداشت بافت دندانی، اساس دندانپزشکی ترمیمی است که عملی شدن آن بر پایه ی کاربرد مواد ادهزیو است، که باندینگ نیرومند و پایداری را فراهم سازند. با وجود ثبات باندینگ به مینا، ثبات باندینگ ادهزیوهای کنونی به عاج با گذشت زمان در محیط دهان هنوز مورد پرسش است. گر چه باندینگ نخستین آنها رضایت بخش است. به تازگی، با پیشرفت مواد ادهزیو، برای آسانی کاربرد آنها، تمایل به خلاصه کردن آنها مطرح شده است. اما توانایی باندینگ و پایداری باند این ادهزیوهای ساده شده در مقایسه با گونه ی معمولی (etch & rinse سه مرحله ای) پرسش برانگیز است. نفوذ آب در تخلخل های در حد نانومتر در لایه ی هیبرید و ادهزیو، به عنوان نانولیکچ، در دوام باند ادهزیوها مطرح است. نفوذ آب به پدیده ی هیدرولیز (شکست باندهای کووالانت) و نیز، کاهش نیروهای اصطکاکی میان زنجیره های پلیمری و کاهش خواص مکانیکی رزین، با عنوان پلاستی سایزینگ (plasticizing) منجر می گردد. نفوذ و گسترش آب در حد فاصل ادهزیو را مربوط به نفوذپذیری ادهزیوهای ساده شده می دانند، که بعد از پلیمریزاسیون به صورت غشاهای تراوا یا نیمه تراوا عمل می کنند و سیل کافی بر روی عاج تراش خورده ایجاد نمی کنند. به این ترتیب، که در etch & rinse دو مرحله ای با ادغام پرایمر و رزین ادهزیو، هیبریداسیون ناقص و نیز، بر جا ماندن حلال در جای باند (نواحی پلیمریزه نشده) آنها را بیشتر مستعد جذب آب می کند و به دلیل وجود اجزای هیدروفیل در لایه ی ادهزیو نهایی کیور شده در مقایسه با etch & rinse سه مرحله ای بیشتر مستعد تخریب به وسیله ی آب هستند. باند رزین به مینای احاطه کننده ی باند این مواد به عاج می تواند نقش حفاظتی را در برابر این تجزیه ی آبی بازی کند.

در self-etch یک مرحله ای (All-in-one)، به دلیل وجود اجزای هیدروفیل (منومرهای اسیدی برجا مانده) و بر جا ماندن آب (به عنوان حلال اصلی این مواد) مستعد جذب آب به دلیل حرکت آب از عاج زیرین به سوی سطح باندینگ بر پایه ی فشار اسمزی و تشکیل شاخه های آبی (water tree) مستعد تجزیه ی هیدرولیتیک هستند. افزون بر آن، هنگام تبخیر حلال ممکن است، نسبت منومر به آب تغییر کرده و به جداشدگی فازها و تاول های آبی منجر گردد. بنابراین، پایداری هیدرولیتیک ادهزیو کیور شده عاملی بحرانی است، که برای رسیدن به آن کاربرد یک لایه ی رزین ادهزیو هیدروفوبیک و بی حلال و با pH خنثی در یک مرحله ی جداگانه ی پایانی بهترین راه است. با وجود پیشرفت مواد ادهزیو، هنوز از نظر دوام باند etch & rinse سه مرحله ای، به عنوان استاندارد طلایی باقی مانده و هرگونه ساده شدن مراحل کاربرد بالینی، به کاهش اثر باندینگ منجر می گردد. تنها ادهزیوهای self-etch دو مرحله ای به این استاندارد نزدیک هستند، افزون بر این که، از نظر کاربرد بالینی برتری هایی دارند.

**واژگان کلیدی:** دوام باندینگ، نفوذ آب، نفوذپذیری ادهزیو، منومرهای هیدروفیل، تخریب آبی

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۱/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۱۰/۷

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز. سال ششم؛ شماره ۱ و ۲، ۱۳۸۴ صفحه ی ۲۶ تا ۳۷

\*نویسنده مسول: فرشته شفیع. شیراز- خیابان قصردشت- دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز- گروه آموزشی ترمیمی - تلفن:

## مقدمه

هدف از دندانپزشکی ادهزیو (adhesive dentistry)، ترمیم سیل محیطی عاجی می باشد که در اثر برداشت مینای پیرامون آن، از دست رفته است<sup>(۱)</sup>. توانایی مواد ادهزیو در برقراری سیل عاجی، یکی از مهم ترین نیازمندی های ترمیم های چسبنده ی پایدار در محیط دهان است و تنها، ایجاد سیل موثر در ترمیم ها تضمین کننده ی موفقیت بالینی است<sup>(۲)</sup>.

پندار بر این است، که یک سیل کامل در حد فاصل عاج- رزین از راه اینتفیلتراسیون کامل رزین ادهزیو در درون توبول های عاجی و ماتریکس کلاژنی دمینرالیزه و لایه ی اسمیر برقرار می شود و این پندار بر پایه ی این اصل است، که رزین پلیمریزه شده ی مورد استفاده برای باندینگ بی تخلخل و نفوذ ناپذیر به مایعات است<sup>(۳)</sup>.

اما یون ها و مولکول های کوچک می توانند به درون لایه ی هیبرید نفوذ کنند، حتی در مواردی که، فضای قابل تشخیصی در حد فاصل وجود ندارد. این پدیده، برای نخستین بار به وسیله ی فوکوشیما (Fukushima) گزارش شد و از سوی سانو (Sano) در ۱۹۹۵ معرفی و نانولیکچ نامیده شد.

این پدیده، در آغاز در ادهزیوهای etch & rinse و در ناحیه ی عمقی لایه ی هیبرید در اثر نفوذ نکردن کامل رزین در عمق عاج دمینرالیزه و توزیع غیریکنواخت منومرهای رزینی در بررسی SEM\* و TEM\*\* و با کمک نیترا نقره ی ۵۰ درصد (یون های نقره ی بی اندازه کوچک ۰/۰۵۹ نانومتر) به عنوان نشانگر قابل تشخیص بود. مسیر نانولیکچ نیز، در درون لایه ی هیبرید و لایه ی رزین ادهزیو نشان داده شد. چنانچه برخی بررسی ها، نانولیکچ را در بسیاری از مواد self-etch (که هیچ فاصله و اختلافی میان عمق اچ و عمق نفوذ رزین وجود ندارد) گزارش کرده اند. این فضاها به اندازه ای کوچک هستند، که باکتری ها قادر به گذشتن از میان

آنها نیستند، اما مستعد کننده ی ایجاد تجزیه و تخریب به وسیله ی آب و فرآورده های باکتری ها مانند، اسیدها و آنزیم ها هستند<sup>(۴، ۵، ۶، ۷ و ۸)</sup>. گرچه به تازگی نشان داده شده، که نواحی ای از عاج دمینرالیزه، که کاملاً با رزین اینفیلتره نشده، قابل رمینرالیزه شدن هستند، اما بعید است، که نواقص و تخلخل های درون لایه ی هیبرید قابل ترمیم باشد و با گذشت زمان، این تخلخل ها و نانولیکچ افزایش می یابد، که ممکن است، به تجزیه ی هیدرولیتیک باند منجر شود و دوام و پایداری باندینگ را به خطر اندازد<sup>(۹، ۱۰)</sup>.

از عوامل دیگر ایجاد کننده ی نانولیکچ، برجاسماندن حلال یا آب بر جا مانده در درون لایه ی هیبرید، به دنبال برداشت ناقص آنهاست. گروه های فانکشنال بسیاری از منومرهای ادهزیو ممکن است تمایل شیمیایی ضعیفی به کلاژن دمینرالیزه شده داشته باشند، که به برجاسماندن بیشتر آب باند شده به کلاژن منجر می گردد. ممکن است وجود HEMA\*\*\*، منومرهای اسیدی و یون های فسفات و کلسیم حل شده، فشار بخار آب را پایین آورده و برداشت آب را پیش از پلیمریزاسیون دشوار سازد. این آب بر جا مانده، ممکن است نواحی ای از پلیمریزاسیون ناقص درون لایه ی هیبرید و ادهزیو را ایجاد کند<sup>(۱۱ و ۱۲)</sup>.

عامل دیگر، وجود منومرهای هیدروفیلک است. برای چیرگی بر مشکلات مربوط به رطوبت درون عاج، در مواد ادهزیو، منومرهای ادهزیو اصلاح شده دارای هر دو جزو هیدروفوب و هیدروفیل هستند، که به افزایش خاصیت جذب آب در این منومرها منجر گشته است و نفوذپذیری لایه ی هیبرید را افزایش می دهد<sup>(۱۳)</sup>.

**نفوذ پذیری لایه ی هیبرید و رزین ادهزیو در برابر توانایی سیل کنندگی:** رزین های ادهزیو دارای منومرهای هیدروفیلک، در واقع پس از پلیمریزاسیون، به عنوان یک هیدروژل یا یک اسفنج عمل می کنند، که با تشکیل یک شبکه ی کوپلمریک سه بعدی، می توانند آب را جذب کرده و متورم

\* SEM: Scanning Electron Microscopy

\*\* TEM: Transmission Electron Microscopy

\*\*\* HEMA: Hydroxyethyl Methacrylate

می گردد<sup>(۹، ۱۲ و ۱۳)</sup>. همچنین، به کمک محلول نیترات نقره آمونیاکی، رسوباتی از ذرات نقره به صورت غیر متصل مشاهده می گردد (نانولیکچ نقطه ای)، که آن را به اجزای هیدروفیلیک رزین ها مربوط می دانند. به هر حال ممکن است تشکیل شاخه های آبی به عنوان کانال هایی برای تجربه ی هیدرولتیک باند رزین-عاج با گذشت زمان عمل کند<sup>(۹ و ۱۳)</sup>.

**ناسازگاری ادهزیو با کامپوزیت:** سال ها، باور بر این بود، که کامپوزیت از راه لایه ی مهار اکسیژنی در سطح ادهزیو کیور شده به خوبی با ادهزیو ها متصل می گردد و هرگونه ضعف، در ناحیه ی میان لایه ی ادهزیو و عاج است. اما در سال های اخیر، ناسازگاری برخی مواد ادهزیو نوری ساده شده (one-bottle) با کامپوزیت سلف کیور مطرح شده است<sup>(۱۴ و ۱۵)</sup>. این ناسازگاری را به اسیدیتی این ادهزیوها مربوط می دانند، چنانچه استحکام باند کششی (\*MTBS) با اسیدیتی این مواد نسبت وارونه نشان داد و یک ارتباط خطی میان pH این ادهزیوها و استحکام باند آنها، با استفاده از کامپوزیت سلف کیور گزارش شد. واکنش اسید-باز میان منومرهای رزینی اسیدی پلیمریزه نشده (از لایه ی مهار اکسیژنی سطح ادهزیو) و آمین سه گانه ی آروماتیک (tertiary amine) به عنوان باز (از کاتالیزور کامپوزیت سلف کیور) را علت این ناسازگاری می دانند<sup>(۱۵)</sup>.

در کامپوزیت سلف کیور، به دلیل پلیمریزاسیون کندتر، در مقایسه با کامپوزیت نوری، فرصت انجام این واکنش اسید-باز وجود دارد. در کامپوزیت های نوری، به دلیل خاصیت نوکلئوفیلیک کمتر تسریع کننده ی آن (ternary-amine) و پلیمریزاسیون سریع، این ناسازگاری وجود ندارد<sup>(۱۶)</sup>.

در مواد self-etch تک مرحله ای، به دلیل ویژگی self-etching و غلظت بیشتر، منومرهای اسیدی<sup>(۲۶)</sup> بیشتر آماده ی این ناسازگاری، به دنبال نبود کاتالیزور ternary هستند<sup>(۱۶، ۱۷ و ۱۸)</sup>.

گردند. به گونه ای که حرکت آب جذب شده به سمت سطح بیرونی لایه ی هیبرید، به هنگام سخت شدن آرام (۳/۵ دقیقه)، ماده ی قالبگیری پلی ونیل سیلیکون، از این راه به دام افتاده، که با تهیه ی رپلیکا از رزین اپوکسی حاصل از این قالبگیری و مشاهده ی SEM آن، خطی از تاول های آبی (water blister) نشان داده شده است. همچنین، لایه ی هیبرید تشکیل شده در محیطی ترین نواحی عاجی بدون داشتن حاشیه ی مینایی در دو ماده Self-etch مانند i Bond و سه ماده etch & rinse دو مرحله ای، مانند Single Bond بسیار مستعد نانولیکچ است. بررسی ها نشان می دهد، که آب می تواند درون کمپلکس ادهزیو- لایه ی هیبرید حرکت دو سویه داشته باشد<sup>(۱۷)</sup>.

ممکن است اهمیت جذب آب در پایداری باندینگ ها به تشکیل شاخه های آبی مربوط باشد، که نخستین بار به وسیله ی تای (Tay) و پاشلی (Pashley) شرح داده شد. در واقع، این پدیده به طور اولیه از سال ۱۹۶۹ در مهندسی الکتریکی گزارش شده است، که باعث گونه ای تخریب الکتروشیمیایی ناشی از آب می گردد. این پدیده در پوشش عایق پلیمری کابل های الکتریکی، پس از گذشت زمان رخ می دهد و به صورت کانال های ساب میکروسکوپی از آب است، که با استفاده از نیترات نقره و TEM قابل مشاهده هستند. این پژوهشگران با کاربرد ادهزیوهای etch&rinse دو مرحله ای و self-etch تک مرحله ای، توانستند طرح رتیکولار نانولیکچ یا همان شاخه های آبی را به صورت رسوب نقره ی متصل به هم در سطح لایه ی هیبرید و نیز، با گسترش عمودی به درون لایه ی ادهزیو مشاهده کنند، این امر نشان دهنده ی حرکت متصل حجم آب از عاج به سمت بالا در جهت عمودی است، که در توجیه احتمالی آن، گرمای ناشی از کیورینگ نوری این ادهزیوها و اختلاف فشار اسمزی ایجاد شده به هنگام اچینگ یا self-etching را بیان می کنند، چنانچه ادهزیوها، در مقایسه با آب درون عاج هیدراته، هیپرتونیک هستند و این اختلاف غلظت باعث کشش آب از سمت عاج به سوی ادهزیو

\* MTBS: Microtensile Bond Strength

از سوی دیگر، به نظر می رسد، که با حذف ناسازگاری شیمیایی، ناسازگاری میان این ادهزیوها و کامپوزیت سلف کیور از میان رفته باشد، اما در بررسی چئونگ (Cheong) و همکارانش (۲۰۰۳)، با استفاده از ادهزیو self-etch، با حذف ناسازگاری شیمیایی در ادهزیو Brush & Bond، با وجود بهبود استحکام باند با استفاده از کامپوزیت سلف کیور (۲۱Mpa) در مقایسه با (۷ Mpa) Xeno III هنوز استحکام باند آن به همراه کامپوزیت سلف کیور پایین تر از استحکام باند آن به همراه کامپوزیت نوری (۴۱Mpa) است (۱۷).

بنابراین، عاملی دیگر جز ناسازگاری شیمیایی، می بایست در این ناسازگاری دخالت داشته باشد، که آن را به توان نفوذپذیری بالای این ادهزیوها مربوط می دانند (۱۷ و ۲۲).

بر پایه ی آنچه اشاره شد، انتظار می رود، که ناسازگاری میان این ادهزیوها و کامپوزیت های نوری وجود نداشته باشد (۱۶ و ۱۷). اما تای (Tay) و همکارانش نشان دادند، که استحکام باند کششی به عاج در برخی ادهزیوهای self-etch تک مرحله ای، با افزایش زمان تاخیر تابش نور در کیورینگ کامپوزیت نوری مورد استفاده بر روی آنها، کاهش می یابد (۲۴)، که نشان دهنده ی نفوذپذیری لایه ی ادهزیو در این مواد ادهزیو است. چنانچه تای و پاشلی (۲۰۰۲) در پژوهشی نشان دادند، که با کاربرد ادهزیوهای self-etch تک مرحله ای، مانند PLP (Prompt L Pop) بر روی عاج هیدراته، تاخیر تابش نور به میزان ۲۰ دقیقه در لایه ی کامپوزیت نوری بر روی سطح ادهزیو کیور شده، باعث کاهش چشمگیر در استحکام باند این ادهزیوها به عاج می گردد. در حالی که، تابش تاخیری به هنگام باند به عاج دهیدراته و یا کامپوزیت کیور شده، اثری ویرانگر و وارونه نشان نمی دهد.

در توجیه این یافته ها باور دارند، که لایه ی ادهزیو در این مواد، به عنوان غشای نفوذ پذیر عمل می کند، که باعث می شود تا آب بتواند از عاج هیدراته ی باند شده به سوی ناحیه ی اختلاط بینابینی (intermix) میان لایه ادهزیو و کامپوزیت کیور نشده انتشار پیدا کند و علت این انتشار، اختلاف فشار اسمزی است، که به تشکیل تاول های اسمزی از

برای چیرگی بر این ناسازگاری شیمیایی، کاتالیزورهای ternary مانند نمک های سدیم اسید آریل سولفونیک (aryl sulphonic acid) به همراه باندینگ های دارای منومرهای اسیدی ارایه شده اند، که به صورت بطوری جداگانه (Bond link, Dent Mat USA) یا به صورت برس های ویژه ی آغشته به آن همراه ادهزیو هستند. (مانند Brush & Bond، یک self-etch تک مرحله ای از کارخانه Parkel آمریکا)، برای استفاده این ادهزیو با کامپوزیت سلف کیور از سوی کارخانه های سازنده ی این مواد پیشنهاد شده اند (۱۷، ۱۸، ۱۹).

### بحث

در بررسی های بسیار نشان داده شده است، که مواد ادهزیو etch & rinse دو مرحله ای و self-etch تک مرحله ای، به عنوان غشای نفوذ پذیر پس از پلیمریزاسیون عمل می کنند (۱۴، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳). در واقع، حتی با وجود تگ های رزینی و یا پلاگ های اسمیر کاملاً هیبریدایز (hybridized) شده، میان پالپ دندان و محیط دهان، می تواند هنوز ارتباط وجود داشته باشد (۳ و ۳۱).

با وجود اثر مناسب این دو دسته ادهزیو در کاهش افزایش حساسیت ناحیه ی سرویکال، (۲۰ و ۲۱) سیل حاصل از کاربرد این ادهزیوها بر روی عاج تراش خورده کمتر از لایه ی اسمیر است. چنانچه ترکیب لایه ی اسمیر و پلاگ اسمیر در حدود ۸۶ درصد مقاومت در برابر جریان مایع توبولی در عاج عمقی ایجاد می کند، اما با کاربرد دو لایه از etch & rinse دو مرحله ای، تنها ۴۰ درصد کاهش در جریان هیدرولیک در طول عاج باند شده به دست می آید. در self-etch تک مرحله ای، میزان این سیل کمتر یا همسان لایه ی اسمیر است (۳، ۹، ۲۰ و ۲۳).

به نظر می رسد، که حرکت آب از میان لایه ی ادهزیو پلیمریزه شده به صورت انتشاری کند و ملایم است، که در مقایسه با جابه جایی سریع مایع توبولی، نمی تواند باعث تحریک انتهاهای عصبی و ایجاد درد گردد (۱۷ و ۱۵).

HEMA (که در بیشتر این مواد وجود دارد)، می‌تواند در بودن آب، پلیمریزه شود و هیدروژلی با تخلخل‌های نانومتری تشکیل دهد<sup>(۱۹ و ۲۲)</sup>.

اهمیت بالینی ناسازگاری ادهزیو self-etch تک مرحله ای با کامپوزیت‌های سلف کیور یا کیور دوگانه (dual-cure)، استفاده نکردن از آنها در مراحل باندینگ ترمیم‌های غیر مستقیم است، که امکان دسترسی کیورینگ از راه نور وجود ندارد<sup>(۱۷)</sup>. همچنین، باید از تاخیر تابش نور به هنگام استفاده از کامپوزیت نوری در نخستین لایه بر روی این ادهزیوها پرهیز شود<sup>(۲۳)</sup>. لازم به ذکر است که تشکیل شاخه‌های آبی درون لایه ی ادهزیو بعد از تابش فوری کامپوزیت نوری بر روی سطح ادهزیو، قابل مشاهده است. گرچه در این شرایط (تابش بدون تأخیر) مشکل فوری را ایجاد نمی‌کند، اما می‌تواند به عنوان محل‌هایی جهت شروع تجزیه ی هیدرولیتیک باند رزین-عاج با گذشت زمان عمل نماید<sup>(۱۶ و ۲۳)</sup>.

در مواد ادهزیو etch & rinse دو مرحله ای نیز، در ناسازگاری آنها با کامپوزیت‌های سلف کیور، افزون بر ناسازگاری شیمیایی توضیح داده شده، نفوذ پذیری بالای این ادهزیوها پس از پلیمریزاسیون نیز مطرح است<sup>(۱۴)</sup>، که در بررسی خارج دهانی با اندازه گیری جریان هدایتی مایع توبولی در این ادهزیوها و نیز، وجود نانولیکچ در طول حدفصل ادهزیو-کامپوزیت گزارش شده است<sup>(۹، ۲۱ و ۲۵)</sup>. همچنین، در داخل دهان با کاربرد دو لایه از این ادهزیوها بر سطح عاج تراش خورده و بررسی SEM رپلیکا فراهم شده از آنها، جریان یافتن مایع توبولی و قطره‌های حاصل از آن بر سطح لایه ی ادهزیو به صورت تشکیل تاولها قابل مشاهده بود، که نشان می‌دهد، این ادهزیوها نمی‌توانند سیل مؤثری ایجاد کنند، که به دلیل نفوذ پذیری آنها با وجود اجزای هیدروفیلیک و نبود یک لایه ی رزینی هیدروفوبیک تر بر سطح این ادهزیوهاست. افزون بر آن، این تاول‌ها ممکن است باعث نقاط افزایش استرس به هنگام فانکشن و تشکیل نواقص اولیه در آغاز شکست شوند<sup>(۱۴ و ۲۱)</sup>.

قطره‌های آب در حد فاصل سطح ادهزیو کیور شده و کامپوزیت بر روی آن منجر می‌گردد<sup>(۱۶ و ۲۲)</sup>. از آنجا که، تشکیل این تاول‌های آبی و حرکت آب وابسته به زمان است، تنها در صورت استفاده از کامپوزیت سلف کیور یا کامپوزیت نوری با تاخیر تابش نور رخ می‌دهد، که فرصت کافی برای نفوذ و انتشار آب در طول ادهزیو وجود دارد<sup>(۱۹)</sup>. همچنین، نفوذپذیری این ادهزیوها در داخل دهان به صورت تشکیل قطره‌های مایع عاجی (تاول‌ها) بر روی سطح عاج تراش خورده برای روکش با قالبگیری از آن و مشاهده ی SEM رپلیکا فراهم شده، نشان داده شده است<sup>(۲۰)</sup>.

کینگ (King) و همکاران، ناسازگاری این ادهزیوها را با کامپوزیت سلف کیور یا کامپوزیت لایت کیور با تابش تاخیری ۶۰ ثانیه ای گزارش کرده‌اند و ناسازگاری را در دو بخش حقیقی و ظاهری بیان کرده‌اند. چنانچه ناسازگاری حقیقی (در adper prompt) را به واکنش اسید-باز مربوط دانسته، که ارتباطی با گونه‌ی بستری که باندینگ بر روی آن انجام می‌گردد، ندارد. ناسازگای ظاهری (در Xeno III, iBond) را به نفوذپذیری ذاتی ادهزیو مربوط دانسته و به گونه‌ی بستر (substrate) باندینگ بستگی دارد. چنانچه با کاربرد کامپوزیت رزین، به عنوان بستر، اتصالی مناسب با این ادهزیوها و کامپوزیت سلف کیور به دست می‌آید<sup>(۲۳)</sup>.

افزایش نفوذ پذیری این ادهزیوها به دلیل محتوی به نسبت بالای آب در آنهاست. زیرا، آب جزو اساسی آنها و مسوول آزادسازی یون  $H^+$  (خاصیت self-etching) آنهاست<sup>(۱۱)</sup>. عامل دیگر، ویزکوزیتی پایین آنهاست، که لایه ی ادهزیو حاصل از آنها بسیار نازک بوده (۲-۱ میکرومتر)، در مقایسه با ۵۰-۳۰ میکرومتر در ادهزیوهای معمولی، به گونه ای، که به هنگام تابش نور، به شدت تحت تأثیر مهار اکسیژنی قرار گرفته و پلیمریزه نشده بر جا می‌ماند، که انتشار اسمزی آب را به دنبال دارد. عامل دیگر، برداشت ناقص آب به هنگام تبخیر حلال از سطح ادهزیو است، که می‌تواند به دلیل تمایل آب برای اتصال به منومرهای هیدروفیلیک از طریق پیوندهای هیدروژنی و حجم زیاد آب در این مواد باشد<sup>(۳)</sup>. چنانچه

**ارزیابی دوام باندینگ و روش های بررسی آن:**

دوام و پایداری باند میان ادهزیو و عاج، عامل بحرانی در طول عمر ترمیم های باند شونده است. بیشتر ادهزیوها توانایی باندینگ اولیه ی مناسب دارند، اما با مطرح شدن نفوذپذیری ادهزیوها و نانولیکچ و افزودن رزین های هیدروفیل به ادهزیوهای هیدروفوب برای همخوانی بهتر با رطوبت درون عاج، پایداری باند آنها پرسش برانگیز است<sup>(۳۱، ۳۲ و ۳۳)</sup>.

ارزیابی توانایی باندینگ درازمدت ادهزیوها از راه دو دسته بررسی انجام می شود. ۱- آزمایش های بالینی که به صورت بررسی ترمیم های ادهزیو کلاس V بی پوسیدگی و آزمایش نهایی برای ارزیابی توانایی باندینگ ادهزیوها است، اما به دلیل صرف هزینه و وقت زیاد، انجام آن دشوار است. از سوی دیگر، تا انتشار نتایج این گونه بررسی ها، معمولاً آن فرآورده در بازار نبوده و گونه ی جدید و اصلاح شده ی آن از سوی کارخانه ی سازنده مربوطه ارائه شده است<sup>(۳۱ و ۳۴)</sup>.

همچنین، در این گونه بررسی ها، آگاهی چندانی درباره ی علت واقعی شکست بالینی به دست نمی آید. ۲- آزمایش های آزمایشگاهی برای پیش بینی دوام باند ادهزیوها گسترش یافته، که شامل استحکام باند، مقاومت شکست (fracture toughness) و مقاومت خستگی (fatigue resistance)، میکرونانولیکچ و آنالیز حاشیه ای است، که هر یک از اینها، تنها یکی از عوامل موثر در تخریب باند در داخل دهان را تقلید می کند.

استحکام باند متداول ترین آزمایش برای رده بندی ادهزیوهاست. با دخالت دادن عوامل مربوط به گذر زمان و داشتن گروه های شاهد مناسب، پایداری باندینگ می تواند ارزیابی گردد. MTBS، که حساسیت بیشتر به گذر زمان مصنوعی داشته، بطور گسترده استفاده شده و مورد پذیرش است. افزون بر آن، با امکان فراهم ساختن شمار زیاد نمونه از یک دندان، متغیر دندانی حذف می گردد.

MTBS کوتاه مدت: برای ارزیابی بلند مدت توانایی باندینگ ادهزیوها، تعیین باندینگ کوتاه مدت

**کاهش نفوذ پذیری ادهزیو: برای کاهش جریان**

مایع توبولی در ادهزیوهای etch & rinse دو مرحله ای پیشنهاد شده است، که از عوامل ضد حساسیت عاجی (مانند گلوآرال دئید یا اکسالاتها) استفاده شود، که قادر به انعقاد پروتئین های پلاسمایی مایع درون توبولی هستند. استفاده از ضد حساسیت اکسالات در شماری از ادهزیوهای این دسته، که اسیدیته بالایی دارند، مانند OptiBond Solo و Prime & Bond NT plus مؤثر نیست. اسیدیتی، دارا بودن فلوراید و منومرهای رزینی اسیدی فسفات هاست در این ناسازگاری اکسالات ها با مواد etch & rinse دو مرحله ای دخالت داشته باشد<sup>(۲۰، ۲۱، ۲۵ و ۲۶)</sup>.

در ادهزیوهای self-etch تک مرحله ای، برای کاهش نفوذ پذیری آنها و سازگاری شیمیایی با کامپوزیت های سلف کیور، پیشنهاد شده است، که از یک لایه ی رزینی حد میانی با اسیدیتی کمتر، خاصیت هیدروفیلیک کمتر و نفوذپذیری کمتر و ضخیم تر بر روی این ادهزیوها استفاده شود<sup>(۳، ۱۷، ۲۳، ۲۷ و ۲۸)</sup>.

بهتر است رزین هیدروفوب و بدون حلال به کار رفته، از همان کارخانه ی سازنده ی ادهزیو باشد، چنانچه غلظت آمین مورد نیاز در لایه ی ادهزیو می بایست با غلظت اسید در این ادهزیوها از سوی سازندگان تنظیم گردد تا در پلیمریزاسیون و خواص مکانیکی لایه ی ادهزیو و به دنبال آن، استحکام باند خللی ایجاد نشود<sup>(۲۹ و ۳۰)</sup>.

در مطالعه چگونگی استحکام باند کششی به عاج در ادهزیوهای self-etch دو مرحله ای (Tyrian SPE/One-step plus, Clearfil SEBond) با استفاده از سلف کیورینگ کامپوزیت با کیور دوگانه در مقایسه با لایت کیورینگ این کامپوزیت تفاوتی نشان نداد. همچنین، در بررسی TEM، علایم نفوذپذیری و شاخه های آبی در حد فاصل رزین-عاج مشاهده نگردید<sup>(۱۷)</sup>. این روش کاربردی درباره ی سمان های رزینی سلف کیور (Panavia)، که با ادهزیو self-etch تک مرحله ای استفاده می شوند، باعث بهبود اتصال آنها به عاج شده است<sup>(۲۷)</sup>.

آنها ضروری است، که به عنوان داده های پایه انگاشته می شود.

استحکام باند به مینا در ادهزیوهای etch & rinse سه مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، به ترتیب ۳۹ و ۴۰ مگاپاسکال است. به طور کلی، در گونه‌ی self-etch، استحکام باند به گونه‌ای چشمگیر پایین‌تر است، گرچه در برخی انواع دو مرحله‌ای آن به اندازه‌ی etch & rinse رسیده است، اما در میان ادهزیوها، self-etch تک مرحله‌ای پایین‌ترین باند را نشان داده و ادهزیو گلاس اینومر، همانند self-etch دو مرحله‌ای است.

استحکام باند به عاج در etch & rinse سه مرحله‌ای هنوز بیشترین است، که در مقایسه با گونه‌ی ساده شده‌ی آن دو مرحله‌ای و self-etch دو مرحله‌ای، به گونه‌ی چشمگیر بالاتر است، که این دو گونه آخر، تفاوتی با هم ندارند و کمترین باندینگ، به self-etch تک مرحله‌ای مربوط است، که همانند ادهزیو گلاس اینومر نوری است<sup>(۳۱)</sup>.

متداول ترین و معتبرترین روش بررسی دوام باندینگ، گذر زمان بر حد فاصل ادهزیو عاج، نگهداری نمونه‌های میکرو فراهم شده برای آزمایش MTBS، در آب است. از آنجا که، بیشتر فرایندهای تخریبی باند در آب به سرعت انتشار و در نتیجه زمان وابسته است، با کاهش سطح مقطع باند و ضخامت نمونه‌ها و اکسپوزر مستقیم حدفواصل باندینگ به آب، مسیر انتشار آب کاهش می‌یابد. پس از ۹۰ روز تا شش ماه، همه‌ی انواع ادهزیو، دست کم تا اندازه‌ای کاهش باندینگ را نشان می‌دهند و تغییرات مورفولوژیک حدفواصل باندینگ همانند نمونه‌هایی که در داخل دهان تحت تأثیر گذر زمان قرار گرفته اند، است<sup>(۳۱، ۳۴ و ۳۵)</sup>.

مهم ترین عامل در کاهش توانایی باندینگ ادهزیوها، تخریب اجزای حد فاصل ادهزیو-عاج در اثر هیدرولیز، به دنبال نفوذ و جذب آب از راه کانال‌های نانولیکچ است، که باعث شکست باندهای کووالانته در میان فیبریل‌های کلاژن و در میان پلیمررزینی می‌گردد. دست آوردهای شکست و منومرهای برجا مانده نشسته پیدا کرده و باعث نفوذ و جذب آب بیشتر می‌گردد و

مسیر نانولیکچ افزایش می‌یابد. جذب آب نیز، باعث کاهش خواص مکانیکی ماتریکس پلیمری با تورم و کاهش نیروهای اصطکاکی در میان زنجیره‌های پلیمری (اثر Plasticizing) می‌گردد<sup>(۳۱، ۳۲ و ۳۳)</sup>.

عوامل موثر در جذب آب مواد پلیمری، شامل وجود تخلخل‌های نانومتری و عامل مهم تر، قطبیت (polarity) رزین هاست<sup>(۳۴)</sup>. چنانچه، با افزایش محتوای رزین‌های هیدروفیلیک اسیدی و با وزن مولکولی پایین در مواد self-etch یک مرحله‌ای، جذب آب افزایش یافته، که می‌تواند باعث تخریب سریع تر باند و کاهش پایداری باندینگ در این ادهزیوها گردد. در واقع، هیدروفیلیک بودن با ثبات هیدروفیلیک منومرهای رزینی در خاصیت دو سویه هستند<sup>(۱۶، ۱۷، ۲۲، ۲۶ و ۳۷)</sup>.

با مقایسه‌ی دوام باندینگ در انواع ادهزیوها می‌توان گفت:

#### ۱- در مواد Etch & Rinse

الف- گونه‌ی دو مرحله‌ای یا ساده شده با ادغام پرایمر و ادهزیو، ایجاد لایه‌ی هیبرید مطلوب و یکنواخت کاهش می‌یابد. افزون بر آن، به دلیل امکان برجا ماندن حلال (به ویژه آب)، دارا بودن منومرهای هیدروفیلیک و نفوذپذیری لایه‌ی ادهزیو حاصل، بیشتر آماده‌ی تخریب حاصل از آب هستند و توانایی باندینگ بلند مدت آنها کمتر از مطلوب است و در عین حال، نسبت به استرس‌های انقباضی بسیار حساس هستند. باند رزین به مینا اثر محافظتی داشته و در صورتی که، کناره‌های حفره به مینا ختم شوند، می‌توان به باندینگ عاجی این گروه تکیه کرد. نمونه‌ی آن OptiBond Solo (kerr) است<sup>(۳۱، ۳۸، ۳۹ و ۴۰)</sup>.

ب- در ادهزیو با حلال استون، از آنجا که، می‌بایست با روش مرطوب (Wet bonding) به کار روند و احتمال به نسبت ناچیز ایجاد لایه‌ی هیبرید مطلوب به دلیل حساسیت فنی بالا، نتایج بلند مدت آنها کمتر از مطلوب است. نمونه‌ی آن All Bond 2، One-step (Bisco) است<sup>(۳۱ و ۳۷)</sup>.

پ- ادهزیو با حلال آب، Single Bond (3M) و Scotchbond MP، با وجود حساسیت فنی پایین‌تر

استحکام باند، ممکن است باعث بهبود سیل و جلوگیری از نانولیکچ و بنابراین، افزایش دوام این ادهزیوها گردد. Clearfil liner Bond، گونه ی پیشین و Clearfil protect Bond گونه ی تازه ی CSEB از کارخانه ی کوراری (Kurary) است، که در فرآورده های تازه با افزودن عوامل ضدباکتریایی و فلوراید، ممکن است دوام باند بهبود یابد (۳۱، ۳۵، ۳۶، ۳۸، ۳۹ و ۴۱).

ب- گونه ی یک مرحله ای (All-in-one) دارای توانایی باندینگ ناکافی بوده و در برابر استرس پلیمریزاسیون و گذر زمان در آب بسیار حساس هستند (۳۱). این ادهزیوها، با ترکیب منومرهای اسیدی، هیدروفیلیک، منومرهای هیدروفوبیک، حلال ارگانیک و آب در یک یا دو بطری، یک مخلوط کمپلکس (difficult mixture) را تشکیل می دهند. در واقع، کیورینگ یک ترکیب از منومرهای اسیدی، HEMA و آب، یک لایه ی رزینی هیدروفوب یکنواخت را تشکیل نمی دهد، بلکه به تشکیل مناطقی از پلیمریزاسیون ناقص و هیدروژل منجر می گردد (۴۲ و ۴۳). بنابراین، ۱- با داشتن ویژگی هیدروفیلیک بالا، حتی پس از پلیمریزاسیون، به عنوان غشای نفوذپذیر عمل می کنند.

۲- به دلیل داشتن حلال با غلظت بالا، به دست آوردن یک لایه ی رزین ادهزیو با ضخامت کافی و بدون حلال برج مانده نا ممکن است.

۳- به هنگام تبخیر حلال، ممکن است نسبت منومر به آب تغییر کرده و به جدا شدگی فازها و تشکیل تاول های آبی منجر گردد. با تبخیر استون، آب از منومرهای رزینی (غیر محلول در آب) جدا شده، باعث جدا شدن اجزای هیدروفیل و هیدروفوب می گردد (به ویژه در ادهزیو بی HEMA).

۴- به دلیل بودن اجزای اسیدی در این ادهزیو، ممکن است باعث مهار پلیمریزاسیون کامپوزیت بر روی آن و ضعیف شدن باندینگ گردد (۳۱، ۳۹، ۴۰ و ۴۴). نمونه ی آن Prompt-Lpop و گونه ی نوین آن adper prompt می باشد، که برای افزایش ویزکوزیتی و ایجاد ضخامت بیشتر لایه ی ادهزیو، مقادیری متاکریلات غیر اسیدی به آن افزوده شده است (۴۳).

این گروه، توانایی باندینگ این دو ادهزیو در بلند مدت کاهش می یابد، که آن را به وجود کوپلیمر اسید پلی الکترونیکی با وزن مولکولی بالا در این دو ادهزیو مربوط می داند، که جداسازی فازها به صورت بیرون آمدن این کوپلیمر و تشکیل ژل بر روی شبکه ی کلاژنی اکسپوز گزارش شده، که ممکن است مانع نفوذ رزین به درون شبکه ی کلاژنی شده و به تشکیل لایه ی هیبرید متشکل از زنجیره های خطی poly-HEMA با وزن مولکولی پایین و آب بر جامانده منجر گردد.

ت- به این ترتیب، ادهزیو Etch & rinse سه مرحله ای با حلال اتانول-آب (مانند OptiBond FL) به عنوان استاندارد طلایی به شمار می آید، که توانایی باندینگ پایدار و غیر حساس را به استرس های انقباضی نشان می دهد. چنانچه در حفرات در کناره های عاجی (نبود باند مینایی پیرامون)، کاربرد این گروه برتری دارد، که آن را به تشکیل لایه ی هیبرید مناسب با کاربرد جداگانه ی پرایمر و ادهزیو و تشکیل یک لایه ی رزینی جداگانه ی اتصال دهنده ی هیدروفوب مربوط می داند، نیز ذرات فیلر در لایه ی ادهزیو، با ایجاد لایه ی الاستیک جذب کننده ی استرس را در توانایی باندینگ بالای آنها موثر می داند (۳۱، ۳۸، ۳۹ و ۴۰).

## ۲- مواد self-etch

الف- در گونه ی دو مرحله ای ملایم (mild)، توانایی باندینگ پایداری در اندازه ی استاندارد و مطلوب است. افزون بر آن، برتری های بالینی سادگی کاربرد و کاهش حساسیت فنی را دارا بوده و با داشتن لایه ی هیبرید فیلر دار در برابر انقباض پلیمریزاسیون مقاوم هستند. این ادهزیوها، افزون بر تشکیل لایه ی هیبرید کم عمق و یکنواخت، باند شیمیایی میان منومرهای فانکشنال (مانند، MDP\* در Clearfil SE Bond) با هیدروکسی آپاتیت بر جا مانده برقرار می کنند، که این باند، از نظر هیدرولیتیک پایدار است، که افزون بر افزایش

\* MDP: Methacryloxydecyl Dihydrogen Phosphate

## ۳- مواد ادهزیو گلاس / اینومر

گلاس اینومرها، تنها ماده‌ی ترمیمی سلف ادهزیو (self-adhesive) هستند و (GC) Fuji Bond LC، تنها ادهزیو گلاس اینومر اصلاح شده‌ی رزینی تجاری و به صورت دو مرحله‌ای است. با وجود باند اولیه‌ی مناسب آن، کاهش باندینگ آن با گذشت زمان در آب را بیشتر به کاهش خواص ماده در مقایسه با کاهش توانایی باندینگ آن مربوط می‌دانند و توانایی باندینگ بالینی آن، به نظر بی‌تغییر مانده. گرچه در برابر استرس‌های انقباضی مقاوم نمی‌باشد، اما در بررسی‌های بالینی، پایداری بالا و نزدیک به اندازه‌ی استاندارد نشان می‌دهد (۳۱، ۳۹ و ۴۰).

در پایان، به نظر می‌رسد، که با دمینرالیزاسیون ملایم تر عاج، مانند کاربرد self-etch از گونه‌ی ملایم (mild) یا بینابینی (Intermediary) بر روی عاج به نسبت خشک، تبخیر حلال و آب موجود در آنها و پس از کیورینگ آن، بی‌درنگ کاربرد سریع یک

لایه‌ی رزین ادهزیو از همان کارخانه و کیورینگ نوری سریع آن در بهبود دوام باندینگ موثر باشد و از کاربرد مستقیم کامپوزیت بر روی ادهزیوهای دارای منومرهای اسیدی پرهیز شود.

## نتیجه گیری

ادهزیوهای etch & rinse سه مرحله‌ای، به لحاظ توانایی و دوام باندینگ، هنوز به عنوان استاندارد طلایی برجا مانده و هرگونه ساده شدن مراحل کاربرد بالینی، باعث کاهش باندینگ می‌گردد و تنها، ادهزیو self-etch دو مرحله‌ای به این استاندارد نزدیک می‌باشد.

پایداری هیدرولیتیک ادهزیو کیور شده، عامل بحرانی است و کاربرد یک لایه‌ی رزین هیدروفوبیک با pH خنثی و بی‌حلال در یک مرحله‌ی جداگانه پیشنهاد می‌گردد.

\*\*\*\*\*

## References

1. Prati C, Chersoni S, Acquaviva G, Breschi L, Suppa P, Tay F, Pashley DH. Permeability of marginal hybrid layers in composite restoration. Clin Oral Invest 2005; 19: 1-7.
2. Chersoni S, Suppa P, Breschi L, Ferrari M, Tay F, Pashley DH. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. Dent mater 2004; 20: 796-803.
3. Tay F, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu C. Single-step, self adhesives behaves as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. Am J Dent 2004; 17: 315-322.
4. Sano H, Takatsa T, Ciacchi B, Horner JA, Maltheus WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. Oper Dent 1995; 20: 18-25.
5. Sano H, Hoshiyama M, Ebisau S, Burrow MF, Taktzau T, Ciucchi B, et al. Comparative SEM & TEM observation of nanoleakage within the hybrid layer. Oper Dent 1995; 20: 160-167.
6. Li HP, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of long-term storage on nanoleakage. Oper Dent 2001; 26: 609-616.
7. Paul SJ, Walter DA, Ghazi M, Pashely D. Nanoleakge at the dentin-adhesive interface VS  $\mu$ -Tensile Bond Strength. Oper Dent 1999; 24: 181-188.
8. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemur N, Moriarni M, Tagami J. Long term durability of dentin bonds made with a self-etching primer in vivo. J Dent Res 1999; 78: 906-911.
9. Tay F, Pashley DH. Water treeing- a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. Am J Dent 2003; 16: 6-12.
10. Akimoto N, Yokoyama G, Ohmori K, et al. Remineralization across the resin-dentin interface: invivo evaluation with nanoindentation measurement. Quint Int 2001; 32: 561-570.

11. Van Meerbeek B, Demunck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P. Adhesion to enamel & dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-235.
12. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation at resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79: 1385-1391.
13. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 2002; 81: 472-476.
14. 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.
15. Sanares A, Itthagarun A, King N, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one- bottle light- cured adhesives and chemical- cured composites. *Dent Mater* 2001; 17: 542-556.
16. Tay FR, Pashley DH, Suh B, Carvalho R, Miller M. Single-step, Self- etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength & morphologic evidence. *Am J Dent* 2004; 17: 271-278.
17. Cheong C, King N, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay FR. Incompatibility of self-etch adhesive with chemical / dual-cured composites: two- step VS one-step systems. *Oper Dent* 2003; 28: 747-755.
18. Tay FR, Pashley DH, Yiu C, Sanares A, Wei S. Factors contributing to the incompatibility between simplified. Step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etch adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 27-40.
19. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self-etch adhesive. *Oper Dent* 2003; 28: 610-621.
20. Chersoni S, Suppa P, Gradini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, et al. In vivo & In vitro permeability at one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 2004; 83: 459-464.
21. Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent* 2004; 32: 612-620.
22. Tay FR, Pashley DH, Byoung I, Suh C, Ricardo M, Carvalho D. Single- step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-382.
23. King N, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett W, et al. Conversion of one-step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy & extended application. *Am J Dent* 2005; 18: 126-139.
24. Tay FR, King N, Suh B, Pashley DH. Effect of delayed activation of light-cured resin composites on bonding of all-in-one adhesive. *J Adhes Dent* 2001; 3: 207-225.
25. Yia C, Hirashi N, Chersoni S, Breschi L, Ferriri m, Prati C, et al. Single- bottle adhesive behave as permeable membranes after polymerization. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitizer. *Dent Res* 2005 (Article in press).
26. Tay FR, Pashley DH, Mak YF, Carvalho RM, Lai SC, Suh BI. Integrating oxalate desensitizers with total etch two-step adhesive. *J Dent Res* 2003; 82: 703-707.
27. Carvalho RM, Pergoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NRFA, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilize self-etching primers to dentin. *J Dent* 2004; 32: 55-56.

28. Brackett WW, Ito S, Tay FR, Haisch LD, Pashley DH. Microtensile dentin bond strength of self-etching resins: effect of a hydrophobic layer. *Oper Dent* 2005; 30: 733-738.
29. Moszer N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel dentin adhesives; A systematic review. *Dent Mater* 2005; 20: 1-16.
30. Yamada M, Myazaki M, Moore BK. Influence of interchanging adhesive resins and self-etching primers on the mechanical properties of adhesive resin. *Oper Dent* 2004; 29: 532-537.
31. De Munck J, Vanlanduyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-132.
32. Okuda M, Pereira PNR, Nakajima M, Tagami J. Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent* 2001; 26: 482-490.
33. Okuda M, Pereira PNR, Nakajima M, Tagami J, Pashley PH. Long term durability of resin-dentin interface: nanoleakage vs microtensile bond strength. *Oper Dent* 2002; 27: 289-296.
34. Loguercio AD, Uceda-Gomez N, Carrilho MRO, Reis A. Influence of specimen size and regional variation on long-term resin-dentin bond strength. *Dent Mater* 2005; 21: 224-231.
35. Frankenberger R, Tay F. Self-etch vs etch & rinse adhesives: Effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restoration. *Dent Mater* 2005; 21: 397-412.
36. Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K. Correlation of dentin bond durability with water sorption of bonding layer. *Dent Mater J* 1999; 18: 11-18.
37. Dijken JWV. Durability of three simplified adhesive systems in class V non carious cervical dentin lesions. *Am J Dent* 2004; 17: 27-32.
38. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003; 82: 136-140.
39. Shirai K, De Munck J, Yasahiro Y, Ioue S, Lambrechts P, Van Meerbeek B, et al. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 2005; 21: 110-124.
40. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005; 21: 864-881.
41. Donmez N, Belli S, Pashley DH, Tay FR. Ultrastructural correlates of in vivo/vitro bond degradation in self-etch adhesives. *J Dent Res* 2005; 84: 355-359.
42. Van landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 2005; 84: 183-188.
43. De munck J, Vargas M, Iracki J, Van landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Oper Dent* 2005; 30: 39-49.

---

**Abstract**

---

**Review on the Durability of Adhesive Systems****Shafiei F.\***

Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences

Nowadays, restoring teeth with minimal sacrifice of sound tooth structure forms the basis of restorative practice. To achieve this concept, adhesives should essentially provide strong and durable bonding. Bonding to enamel is known to be more stable over time, but stability of contemporary dentin bondings are still questionable. Although their short term bonding effectiveness are sufficient, nowadays, there is an obvious trend in the development of adhesives with a simplified and easier application procedure but durability of simplified adhesives in comparison to conventional adhesives is questionable. Impregnation of water through nanometer-sized porosities within hybrid and adhesive layer as nanoleakage is considered very detrimental to bond integrity and durability.

Impregnation of water lead to hydrolysis (break up covalent bonds) and plasticizing of resin components due to reduction of the frictional forces between the polymer chains. Penetration and extension of water into adhesive interface is related to the permeability of simplified adhesives that behave as permeable or semipermeable membranes after polymerization and do not provide any hermetic seal on the prepared dentin. So, two-step etch & rinse adhesives with combination of primer and adhesive resin, are more susceptible to water sorption due to less-optimal hybridization and residual solvent and these are susceptible to water degradation due to the presence of hydrophilic monomer in final cured adhesive layer compared to three step etch & rinse. The surrounding resin-enamel bond plays a protective role against degradation.

One-step self-etch adhesives are susceptible to water sorption and osmotically- induced water movement from dentin to bonding surface, water-tree formation and hydrolytic degradation due to the presence of acidic, hydrophilic monomer and the residual water (as essential solvent). During solvent evaporation, the monomer/water ratio may change and subsequently result in phase separations and blistering.

Therefore the hydrolytic stability of cured adhesives is of crucial importance. The best way to achieve this goal is to apply a solvent-free, neutral-pH, hydrophobic adhesive resin layer in a separate step. Three-step etch & rinse adhesives remain the “gold standard” in terms of adhesion durability. Any kind of simplification in the clinical application procedure results in a loss of bonding effectiveness. Only two-step, self-etch most adhesives closely approach this standard, and have additional clinical benefits.

**Key words:** Bonding Durability, Water Penetration, Permeability of Adhesive, Hydrophilic Monomer, Water Degradation.

---

*Shiraz Univ. Dent. J. 2005; 6(1,2): 26-37*

---