

## علل ناسازگاری سیستم‌های ادهزیو نوین با انواع ترمیم‌های کامپوزیت رزین

دکتر فاطمه ملک‌نژاد\* - دکتر حوریه موسوی\*

\*- استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد.

### چکیده

زمینه و هدف: گرچه کامپوزیت‌های لایت کیور به راحتی در دسترس می‌باشند و لیکن کامپوزیت‌ها و سمان‌های رزینی سلف/دوال کیور نیز دارای کاربردهای کلینیکی وسیعی هستند. هدف از این مقاله بررسی علل ناسازگاری بین ادهزیوهای نوین و انواع سمان‌ها و کامپوزیت رزین‌های ترمیمی و تأثیر آن بر استحکام باند فصل مشترک آنها می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه مروری بر مقالات و پایان نامه‌های مربوط به کاربرد ادهزیوها و ترمیم‌های کامپوزیت رزین تا ژانویه سال ۲۰۰۵ موجود در کتابخانه دانشکده دندانپزشکی مشهد، مدلاین و سایر بانک‌های اطلاعاتی در اینترنت جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: برخی از ادهزیوهای توتال اچ دومرحله‌ای و ادهزیوهای سلف اچ تک‌مرحله‌ای با کامپوزیت‌ها و سمان‌های رزینی سلف/دوال کیور ناسازگارند. دلیل این امر حضور غلظتهای بیشتر منومرهای رزینی یونیک، اسیدی و هیدروفیلیک در این ادهزیوهاست که سبب ایجاد واکنش شیمیایی رقابتی و افزایش تراوایی این نوع ادهزیوها می‌شود. برای جلوگیری از واکنش رقابتی اسید - باز می‌باید از کامپوزیت رزین لایت کیور یا ادهزیو دوال کیور دارای کاتالیست استفاده کرد. جهت خنثی کردن اثر تراوایی ادهزیوهای ساده شده می‌توان از کامپوزیت لایت کیور یا یک لایه باندینگ رزینی خنثی و یا کامپوزیت قابل جریان که سریعاً کیور می‌شوند، بر روی لایه ادهزیو استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: ادهزیو نوین - کامپوزیت - تراوایی - عدم سازگاری - خود اچ شونده

پذیرش مقاله: ۱۳۸۴/۹/۱۵

اصلاح نهایی: ۱۳۸۴/۸/۱۸

وصول مقاله: ۱۳۸۴/۵/۹

نویسنده مسئول: گروه آموزشی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد dentist\_57@yahoo.com

### مقدمه

معمولاً سبب اچ زیادی به دنبال آن نانولیکچ، ریزش و یا در مرحله خشک کردن و باندینگ مرطوب، کلاپس الیاف کلاژن و عدم تشکیل لایه هیبرید مناسب، کاهش استحکام باند و حساسیتهای بعد از ترمیم می‌شود. در جهت تسهیل و تسریع مراحل کلینیکی، انواع تک بطری توتال اچ عرضه شدند ولی همچنان مشکلات کلینیکی ذکر شده وجود داشت. (۶-۷)، جهت کاهش حساسیت بعد از ترمیم دندان چند روش پیشنهاد شده است:

الف) استفاده از محلولهای حساسیت‌زدای عاجی حاوی HEMA که با رسوب پروتئین‌های پلاسما در داخل مایع

در سال ۱۹۹۰ با معرفی ادهزیو All Bond 2 ایده توتال اچ عمومی شد. (۱)، در سال ۲۰۰۰ در سمپوزیومی در فیلادلفیا دسته‌بندی جدیدی از ادهزیوها عرضه شد و آنها را به دو گروه عمده توتال اچ و سلف اچ و انواع ساده شده هر یک تقسیم‌بندی کرد. بدین صورت چهار نوع کلی ادهزیوها را بسته به تعداد مراحل و نحوه واکنش با لایه اسمیر مجزا کردند. در جدول ۱ جهت شناخت هر چه بهتر ادهزیوها دو دسته‌بندی کلی و عمومی آنها را که از منابع مختلف استخراج گردیده جمع‌بندی شده است (۲-۵). روش توتال اچ (اچ همزمان مینا و عاج) روشی بسیار حساس است زیرا

یکسری تغییرات شیمیایی در سیستم‌های ادهزیو داده شد تا آنها را برای باند به عاج اسید اچ شده و ذاتاً مرطوب سازگار نماید. این کار از طریق افزودن انواع منومرهای رزینی اسیدی (-COOH) و هیدروفیل (-OH) مانند HEMA انجام پذیرفت. (۱۲)، حضور منومرهای رزینی اسیدی در لایه مهاری اکسیژن این ادهزیوها قادر است واکنش شیمیایی رقابتی (واکنش اسید - بازبین منومر اسیدی موجود در لایه مهاری ادهزیو و آمین که جزء کاتالیست کامپوزیت است) را در غیاب کاتالیست سه‌تایی در ادهزیو شکل دهند. (۱۳)، صرف نظر از تغییرات دینامیکی که عاج متحمل می‌شود این نسج حاوی الیاف کلاژن و توپول‌های عاجی پر از مایع می‌باشد که باندینگ و ادهیژن به آن بحث برانگیز است. بنابراین همواره نیاز به کاربرد پرایمر روی عاج می‌باشد. (۱۴)،

هنگامی که پرایمرها با ادهزیوهای تک‌بتری دومرحله‌ای مانند (نسل پنجم) و ادهزیوهای سلف اچینگ تک‌مرحله‌ای مخلوط می‌شوند، ادهزیو نسبت به آب بسیار تراوا می‌شود و با گذشت زمان آب بیشتری نسبت به ادهزیوهای نسل‌های قبلی جذب می‌کند. جدیدترین ادهزیوهای سلف اچ تک‌مرحله‌ای، هیدروفیل‌تر بوده و تراوایی بیشتری نسبت به آب مشتق شده از عاج باند شونده، زیرین دارند. (۱۰)

عاجی حساسیت را حذف می‌کنند.

(ب) استفاده از گلاس‌یونومر و تکنیک ساندویچ

(ج) کاربرد حساسیت‌زدای اگسلالات بعد از اچینگ عاج که سبب رسوب بلورهای اگسلالات کلسیم در داخل توپول‌ها می‌شوند.

(د) استفاده از ادهزیوهای سلف اچ که نیاز به مرحله اچ مجزا و باندینگ مرطوب ندارند، اسمیر پلاگ را برنداشتند و بنابراین هدایت هیدرولیک در توپول‌های عاجی و حساسیت‌زدانی را کاهش می‌دهند. (۸)، در ادهزیوهای سلف اچ نیاز به داشتن غلظت بیشتری از منومرهای رزین هیدروفیل یونی و اسیدی است. در انواع سلف اچ All-in-one غلظت منومرهای اسیدی و هیدروفیل بیشتر شده است. (۹-۱۰)، اگرچه در این سیر تکاملی، استحکام باند به عاج قدری بهبود یافته است ولی استحکام باند بین ادهزیو و کامپوزیت تضعیف شده است. هدف از این مطالعه، تبیین علل تضعیف استحکام باند فصل مشترک ادهزیوهای جدید با برخی از کامپوزیت‌ها و سمان‌هاست.

### ویژگی‌های سیستم‌های ادهزیو نوین

به دنبال معرفی مداوم محصولات جدید و پیچیدگی‌های مرتبط با آنها، روش‌های کاربرد و نوع استفاده نیز فرق می‌کند. (۱۱)، در تلاش برای بهبود افزایش باند ادهزیو به عاج

جدول ۱: دسته‌بندی ادهزیوهای عاجی

نسل‌های ادهزیوها	طبقه‌بندی ادهزیوها
بر مبنای زمان عرضه و ورود به بازار	بر مبنای تعداد مراحل کار و نوع واکنش با لایه اسمیر
نسل چهارم	اچ و شستشو (توتال اچ)
سه مرحله‌ای (اچ و شستشو)	سه مرحله‌ای (کاندیشنر / پرایمر / ادهزیو)
نسل پنجم	دو مرحله‌ای (ساده شده نسل چهارم)
دو مرحله‌ای (اچ و شستشو)	(کاندیشنر / پرایمر + ادهزیو)
نسل ششم	سلف اچ
نوع یک: سلف اچ	دوجزئی دومرحله‌ای (کاندیشنر + پرایمر / ادهزیو)
نوع دو: سلف اچ	دو جزئی یک مرحله‌ای (کاندیشنر + پرایمر / ادهزیو)
نسل هفتم	ساده شده نسل ششم
سلف اچ بدون نیاز به اختلاط	تک مرحله‌ای (کاندیشنر + پرایمر + ادهزیو)

غیرمستقیم به کار می‌روند. (۲۲)

### بحث

عدم سازگاری بین ادهزیوهای حاوی منومرهای رزینی اسیدی و کامپوزیت‌های سلف کیور ابتداً برای برخی ادهزیوهای توتال اچ دومرحله‌ای مطرح شد. (۲۳). کاهش در استحکام باند کامپوزیت‌های سلف، دوال کیور به طور معکوس متناسب با اسیدیته موجود در لایه مهاری اکسیژن، ادهزیو پلیمریزه، توتال اچ و سلف اچ است. با افزایش منومرهای اسیدی در ادهزیو، تمایل آن برای واکنش اسید - باز با جزء آمین کامپوزیت‌های سلف، دوال کیور افزایش می‌یابد. این امر از نظر کلینیکی به معنی عدم پلیمریزاسیون مناسب این نوع کامپوزیت‌ها در محل فصل مشترک و شکست باند کور بیلدآپ‌ها یا ترمیم‌های سمان شونده با کامپوزیت‌ها و سمان‌های رزینی سلف یا دوال کیور است. (۲۴-۲۵)، کامپوزیت‌های سلف، دوال کیور حاوی آمین‌های سه‌تایی در کاتالیست هستند که واکنش پلیمریزاسیون را شروع می‌کنند و دارای PH بالا می‌باشند.

اسید باقیمانده از پرایمر اسیدی در لایه مهاری اکسیژن باعث مهار آمین‌های بازی از طریق ایجاد واکنش اسید، باز می‌شود و واکنش احیای آغازگر، برای ایجاد رادیکال آزاد و پلیمریزاسیون کامپوزیت سلف کیور مختل می‌شود. (۲۶). همچنین منومرهای اسیدی می‌توانند با آغاز گر پر اکسید وارد واکنش شده و گاز دی‌اکسید کربن تولید نمایند که این گاز حبابهایی را در محل اتصال ادهزیو، کامپوزیت ایجاد می‌کند، در نتیجه تشکیل حبابها و پلیمریزاسیون ناکافی، امکان شکست باند در لوده‌های پایین وجود دارد. (۲۷،۲۲) در آزمایشات مختلف مشخص شد که با افزایش PH ادهزیو خط شکستگی در لایه هیبرید نزدیک عاج می‌شود و در PH پایین، خط شکستگی در لایه هیبرید نزدیک کامپوزیت می‌رود. (۲۸)

از سوی دیگر حذف ناکافی آب یا حلالهای ادهزیو نیز نقش

از معایب عمده‌ای که می‌توان برای این نوع ذکر کرد جذب آب و آب دوستی فراوان است و از طرفی به سختی می‌توان آب را از ادهزیو تبخیر کرد. حتی اگر آب ادهزیو تبخیر شود بلافاصله آب مایع عاجی را جذب می‌کند. این امر باعث کاهش خواص مکانیکی و ایجاد درختچه‌های آبی در رزین ادهزیو می‌شود. در نهایت حبابچه‌های آبی در محل اتصال ادهزیو / کامپوزیت رزین پدید می‌آید که مانع پلیمریزاسیون و تطابق مکانیکی برخی کامپوزیت‌ها با رزین ادهزیو می‌شود. (۱۵-۱۶)

**طبقه‌بندی کامپوزیت رزین‌ها براساس واکنش سخت شدن**  
برحسب نوع پلیمریزاسیون، اشکال مختلفی از مواد ترمیمی کامپوزیت رزین موجودند. انواع لایت کیور که معمولاً تک خمیری بوده و پلیمریزاسیون نوری دارند، عموماً بهترین خواص فیزیکی را داشته ولی معایبی نیز دارند. از جمله آنکه فشار بیشتری به محل اتصال باند وارد می‌کنند. (۱۷)، انواع سلف / دوال کیور که دوخمیری بوده و پس از اختلاط واکنش شروع می‌شود و در مورد دوال کیورها برای تسریع در عمل در نواحی که دستگاه لایت دسترسی داشته باشد، با نور فعال می‌شوند. (۱۱، ۱۸) انواع پلیمریزه شونده با حرارت نیز موجودند که بیشتر در کارهای لابراتواری و غیرمستقیم کاربرد دارند. جزء آغازگر (پراکسید یا کامفورکینون) با کمک حرارت، واکنش شیمیایی یا نور فرآیند پلیمریزاسیون را از طریق تشکیل رادیکال آزاد شروع می‌کند. هنگامی که رادیکال آزاد، در کنار باند دوگانه کربنی در منومر رزینی قرار می‌گیرد با یکی از الکترون‌های باند دوگانه کربنی جفت شده و کربن دیگر باند دوگانه را تبدیل به رادیکال آزاد می‌کند و بدین ترتیب واکنش ادامه می‌یابد. (۱۹). کامپوزیت‌های کور بیلدآپ نوعاً دوخمیری، سلف کیورند، اگر چه انواع لایت و دوال کیور نیز موجودند. (۲۰، ۵) کامپوزیت‌های سلف، دوال کیور برای کور بیلدآپ یا فونداسیون کراون، روشهای ترمیم انقباض جهت یافته (۲۱) کامپوزیت خلقی، و سمان کردن پست‌های خلفی و ترمیم‌های

شیمیایی آهسته در کامپوزیت روی می‌دهد، رطوبت ذاتی عاج به طور اسمزی به محل اتصال ادهزیو، کامپوزیت رزین هیدروفوب می‌رسد.

این مشکل به تازگی شناخته شده است و فقط زمانی که عاج به عنوان سوبسترای باندینگ به کار می‌رود، اتفاق می‌افتد. تشکیل کانال‌های پر شده از آب (درختچه‌های آبی) در داخل ادهزیو پلیمریزه به علت برداشت ناقص حلال یا انتشار اسمزی مایع عاجی است، که علت تراوایی این ادهزیوها می‌باشد. (۳۶)، مشاهده جذب نقره در لایه هیبرید این ادهزیوها بیانگر نواحی دارای پلیمریزاسیون ناقص و یا تشکیل هیدروژل است. (۳۷)، در تماس با کامپوزیت‌های سلف کیور که پلیمریزاسیون آهسته‌ای دارند و کامپوزیت‌های لایت کیور در صورت تأخیر در نور دادن و کامپوزیت‌های دوال کیور در نواحی که نور دریافت نکنند امکان زمان کافی برای جریان اسمزی مایع از میان عاج هیدراته به فصل مشترک ادهزیو، کامپوزیت رزین و ظهور حبابچه‌های آبی (Water blistering) وجود دارد. حبابچه‌های آبی باعث عدم تطابق مکانیکی کافی کامپوزیت و تأخیر در پلیمریزاسیون به دلیل حضور آب می‌شوند (۳۸) (شکل ۱).

تراوایی ادهزیوهای ساده شده حتی در دندانهای اندو شده امکان حرکت آب را داده و تاثیر منفی بر باند سمان‌های رزینی سلف / دوال کیور می‌گذارد. (۳۹)

سیستم‌های ادهزیو هیدروفیلیک‌تر، استحکام باندهای کمتری را بعد از چرخه‌های حرارتی نشان می‌دهند. با کاهش PH ادهزیو، مقادیر جذب آب افزایش می‌یابد. (۴۰)، وجود این تراوایی علاوه بر خروج مایع عاجی، سبب عبور مایعات و محصولات باکتریایی و آنزیم‌های هیدرولیتیک از طرف خارج به سمت پالپ می‌شود. (۲۲)، تجمع آب در سطح ادهزیو می‌تواند نوعی پلیمریزیشن را در کامپوزیت سبب شود که در شیمی پلیمر به آن «امولسیون پلیمریزیشن» گویند. کامپوزیت هیدروفوب امولسیون در حضور آب شکل

منفی بر پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های سلف کیور، تشکیل حباب در فصل مشترک و شکست باند ادهزیو دارد. (۲۹) کامپوزیت‌های دوال کیور، استحکام باند قابل مقایسه با انواع لایت کیور در نواحی که با نور به طور مؤثر پلیمریزه می‌شوند، دارند. ولی در نواحی که دسترسی به نور ندارند، به دلیل اثرات منفی منومر رزینی اسیدی بر آمین‌های بازی استحکام باند کاهش می‌یابد. (۳۰-۳۱)، آمین سه‌تایی کامپوزیت‌های سلف کیور با غلظتهای پایین، منومرهای رزینی اسیدی ادهزیوهای عاجی ساده شده غیر فعال می‌شوند در حالی که انواع نوری فقط در غلظتهای بسیار بالای منومرهای اسیدی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. (۲۹)، بنابراین کاهش استحکام باند با ادهزیوهای ساده شده در کامپوزیت‌های سلف کیور بیشتر از لایت کیور است. (۳۲)

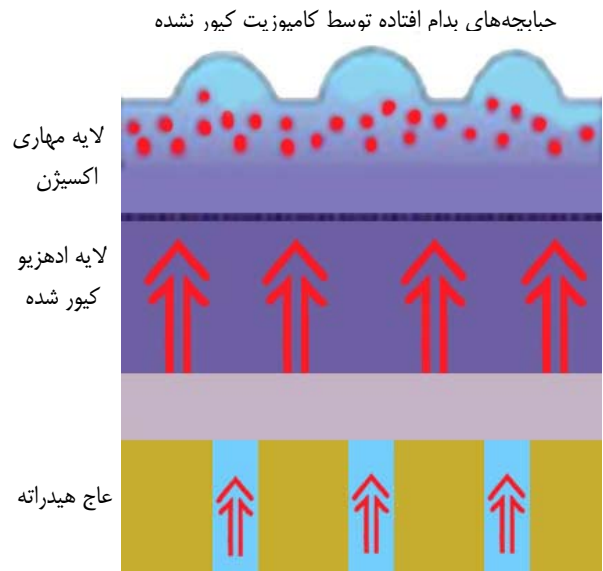
برای حل این مشکل در هنگام استفاده از کامپوزیت‌های سلف، دوال کیور توصیه می‌شود از ادهزیوهای توتال اچ سه مرحله‌ای یا ادهزیوهای تک‌بتری توتال اچ که دارای بتری اضافه «اکتیواتور» بوده و محتوی سیستم کیورینگ شیمیایی، آمین آروماتیک سه تایی - بنزوئیل پراکساید و یک نمک اسید سولفینیک هستند و به عبارت دیگر دوال کیورند، استفاده شود (۲۵)، بدین ترتیب استحکام باند و تطابق لبه‌ای بهتری بدست می‌آید. در برخی ادهزیوهای سلف اچ تک‌مرحله‌ای مانند (AQ Bond, Reactmer Bond) از کاتالیست در خود ادهزیو استفاده شده است. (۳۳)، در کامپوزیت‌های لایت کیور جزء آمینی خاصیت بازی کمی داشته و چندان تمایلی به شرکت در واکنش اسید - باز با منومر رزینی اسیدی ندارد. بنابراین مشاهده کاهش استحکام باند با ادهزیوهای سلف اچ تک مرحله‌ای یا توتال اچ دو مرحله‌ای در صورت تأخیر در نور دادن کامپوزیت نوری باید دلیل دیگری داشته باشد. (۳۴)، ادهزیوهای سلف اچ تک‌مرحله‌ای با درصد بیشتر و توتال اچ دو مرحله‌ای با درصد کمتری بعد از پلیمریزاسیون مانند پرده تراوا عمل می‌کنند. (۳۵)، زمانی که تأخیر در نور دادن یا کیورینگ

جریان لایت کیور بلافاصله پوشش یابد و یا اینکه از کامپوزیت‌های نوری با این ادهزیوها استفاده شود. بدین صورت اهداف این مطالعه که شامل سهولت و تسریع مراحل باندینگ بدون قربانی شدن استحکام یا کیفیت باند است، تأمین می‌شود. (۴۳)

### نتیجه‌گیری

دلایل عدم سازگاری ادهزیوها با کامپوزیت‌ها را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: اولاً واکنش شیمیایی اسید، باز منومر رزین اسیدی با جزء کاتالیست و آغازگر کامپوزیت‌های سلف / دوال کیور در مواردی که بر روی مینا و عاج به کار می‌روند. ثانیاً افزایش غلظت منومرهای اسیدی، یونی و هیدروفیل در ادهزیوهای توتال اچ دومرحله‌ای و سلف اچ تک‌مرحله‌ای که باعث افزایش تراوایی این ادهزیوها می‌شود. در مجموع این موارد سبب عدم سازگاری این ادهزیوها با سمان‌ها و کامپوزیت‌های رزینی سلف، دوال کیور در نواحی دور از رسیدن نور و در صورت تأخیر نور دادن در کامپوزیت‌های لایت کیور هنگام باند شدن به عاج هیدراته دانست. رعایت دستورالعمل کارخانه سازنده در مورد کاربرد کدام ادهزیو با کدام کامپوزیت نیز می‌تواند بر طرف‌کننده بسیاری از این عدم سازگاریها باشد.

می‌دهد، که سبب ایجاد نمایی از مهره‌های رزینی متعدد بجای یک لایه پیوسته از کامپوزیت پلیمریزه در طول فصل مشترک می‌شود.



شکل ۱: مکانیسم تشکیل حبابچه‌های آبی در ادهزیوهای عاجی حاوی منومرهای اسیدی و هیدروفیل فراوان  
 حال اگر سمان رزینی با ویسکوزیته کمتر بجای کامپوزیت به کار رود این مسئله تشدید می‌شود. (۴۱)، ادهزیوهای سلف اچ تک‌مرحله‌ای در برابر آب خارجی ناشی از محیط، در بالای حد آستانه، واکنش منفی نشان می‌دهند. (۴۲)، راه حل این مشکل آن است که سطح ادهزیوهای هیدروفیل با یک ادهزیو رزین هیدروفوب یا یک لایه نازک کامپوزیت قابل

### REFERENCES

- Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS. Fundamentals of operative dentistry. 2nd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co; 2001,178-235.
- Ernest CP. Positioning self – etching adhesives: versus or in addition to phosphoric acid etching? J Esthet Restor Dent 2004;16(1):57- 69.
- Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's Art & Science of operative dentistry. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002,235-261.
- Farah JW, Powers JM. Self – etching bonding agents. J Dent Advisor 2003;20(8):205-207.
- Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Dental materials. 8th ed. China: Mosby;2004,83-85.
- لاچین، بیتا. بررسی آزمایشگاهی تاثیر فیلر بر میکرولیکیج و مورفولوژی اینترفاشیال ادهزیوهای خود اچ شونده دومرحله‌ای و ادهزیوهای all – in - One با عاج. [پایان‌نامه]. مشهد: دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد؛ ۱۳۸۴.

۷. رجبی، بهزاد. آخرین یافته‌ها در ارتباط با چسبندگی به عاج. [پایان‌نامه]. مشهد: دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد؛ ۱۳۸۳.
8. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesive become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 2003;69(11):726–31.
9. Van Meer beek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28(3):215–35.
10. 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):237–45.
11. Ulrich Salz. Combining composites. *J Reflect* 2005 Apr;1(5):23.
12. Schmidseider J. Color atlas of dental medicine aesthetic dentistry. 1st ed. New York: Thieme; 2000,103–124.
13. Cheong C, King NM, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay FR. Incompatibility of self – etch adhesives with chemical / dual – cured composites: Two – step vs one – step systems. *Oper Dent* 2003 Nov/Dec;28(6):747–755.
۱۴. عامری، حمیده. بررسی تاثیر مواد باندینگ عاجی با حلالهای مختلف و زمانهای خشک کردن متفاوت عاج بر نانولیکچ و ضخامت لایه هیبرید. [پایان‌نامه]. مشهد: دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد؛ ۱۳۸۱.
15. Yang XF, Tallman DE, Bierwagen GP, Croll SP, Rohlik S. Blistering and degradation of polyurethane coatings under different accelerated weathering tests. *Polymer Degrade Stability* 2002 Apr;77(1):103–9.
16. Pommersheim JM, Nguyen T. Prediction of blistering in Coating systems. In: Bierwagen GP, editor. proceedings of the american chemical society symposium Series No. 689–Organic Coatings for Corrosion Control. Washington (DC): American Chemical Society Publisher;1998,137–50.
17. Braga RR, Ferracane JL. Alternative in polymerization contraction stress management. *Crit Rev Oval Biol Med* 2004 Mar;15(3):179–84.
18. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996 Jan - Feb;21(1):17–24.
19. Suh BI. Oxygen - inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2004 Sep;16(5):316–23.
20. Albers HF. Tooth – colored restoratives principles and techniques. 9th ed. London: Bc Derker Inc;2002,129–156.
21. Van Dijken JW, Horstedt P, Waern R. Directed polymerization shrinkage versus a horizontal incremental filling technique interfacial adaptation in vivo in class II cavities. *Am J Dent* 1998 Aug;11(4):165–72.
22. Swift EJ. JR, Perdigo J, Combe EC, Simpson CH 3rd, Nunes MF. Effects of restorative and adhesive curing methods on dentin bond strengths. *Am J Dent* 2001 Jun;14(1):137–140.
23. Hagg MS, Lindemuth JS. Shear bond strength of an auto polymerizing core build up composite bonded to dentin with 9 dentin adhesive systems. *J Prosthet Dent* 2001 Jun; 86(6):620–623.
24. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self – etch adhesive. *Oper Dent* 2003 Sep-Oct;28(5):610–621.
25. Asmussen E, Peutzfeldt A. Short - and long - term bonding efficacy of a self - etching, one -step adhesive. *J Adhes Dent* 2003 Mar;5(1):41–45.
26. 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 Jun;17(6):542–556.

27. Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Chemical – cured composite weakens bonding of adhesives by surface interaction. *J Dent Res* 2000 May;79(5):356-361.
28. 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 Mar; 5(1):27–40.
29. 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 Jun;5(2):91-105.
30. 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 Feb;5(4):267-282.
31. Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: Materials, Clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: A review. *J Endod* 2005 Mar;31(3):151-165.
32. Swift EJ Jr, Perdigao J, Combe EC, Simpson CH 3rd, Nunes MF. Effects of restorative and adhesive curing methods on dentin bond strength. *Am J Dent* 2001 Sep;14(3):137-40.
33. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single – step adhesive are permeable membranes. *J Dent* 2002 Sep-Oct;30(7–8):371–382.
34. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, Sinhoreti MA. Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent* 1999 Aug;12(4):181-4.
35. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho R, Miller M. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membrans after polymerization.Part I.Bond strength and morphologic evidence. *Am J Dent* 2004Aug;17(4):271-8.
36. Tay FR, Pashley DH. Water treeing a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003 Feb;16(1):6–12.
37. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self - etching adhesive systems that demineralized and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent* 2002 Jan; 4(4):255-69.
38. 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 Sep;3(3):207–225.
39. Chersoni S, Acquaviva GL, Prati C, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH, et al. In vivo fluid Movement through dentin adhesives in endodontically treated teeth. *J Dent Re* 2005 Mar;84(3):223-227.
40. Kerby RE, Knobloch LA, Clelland N, Lilley H, Seghi R. Microtensile bond strengths of one –step and self – etching adhesive systems. *Oper Dent* 2005 Mar-Apr;30(2):195-200.
41. Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. Microtensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater* 2002 May;18 (5):609–21.
42. Chiba Y, Miyazaki M, Rikuta A, Moore BK. Influence of environmental conditions on dentin bond strengths of one – application adhesive systems. *Ooper Dent* 2004 Sep-Oct;29(5):554–559.
43. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T, Tagami J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. *J Aesthet Restor Dent* 2003 Mar;15(2):105–13.