

بررسی تأثیر استفاده از رزین هیدروفوب به دنبال کاربرد انواع مختلف سیستم‌های باندینگ عاجی بر نانولیکچ ترمیم‌های کامپوزیتی

دکتر محمد جواد مقدس^۱ - دکتر احسان روحانی^۲ - دکتر سارا مجیدی نیا^۳ - دکتر نجمه اجرתי^{۴†} - نگین وطن پرست^۵

۱- دانشیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۲- متخصص ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۳- عضو مرکز تحقیقات مواد دندان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۴- دستیار تخصصی گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۵- دانشجوی دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

Effect of hydrophobic resin following different dentin bondings application on nanoleakage of composite restorations

Mohammad Javad Moghadas¹, Ehsan Rohani², Sara Majidinia³, Najmeh Ojrati^{4†}, Negin Vatanparast⁵

1- Associated Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

2- Operative Dentistry Specialist, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

3- Member of Research Center, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

4[†]- Post-Graduate Student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran (OjratiN921@mums.ac.ir)

5- Dental Student, School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Background and Aims: The aim of the present study was to evaluate the effect of applying hydrophobic resin after use of different generation of the bonding systems on nanoleakage.

Materials and Methods: 20 third molar teeth were selected. The teeth were randomly divided into 4 groups of 5, each was treated using the fourth, fifth, sixth, and seven generation of dentin bonding. Then, the crown of teeth was sectioned from the CEJ region and each specimen was divided into two halves with mesiodistal cut, one half for the application of dentin bonding without the addition of a hydrophobic resin, and the other for the same dentin bonding by the addition of a hydrophobic resin. Afterwards, the specimens were restored by composites. After placement of specimens in silver nitrate, the amount of nanoleakage was evaluated by SEM. Data were analyzed using a repeated measurement statistical analysis ($\alpha=0.05$).

Results: The use of hydrophobic resins decreased nanoleakage and range of variations in all groups ($P<0.05$). This reduction was greater for total-etch dentin bonding. Higher degree of nanoleakage occurred in total-etch dentin bonding in most evaluated areas. In general, Clearfil S³ bond showed the least percent of the nanoleakage.

Conclusion: All dentin bonding systems showed some degree of reduction in nanoleakage after hydrophobic layer application and the reduction was greater in Total-etch adhesives systems.

Key Words: Nanoleakage, Adhesive, Hydrophobic resin

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2019;31(4):215-224

† مؤلف مسؤول: مشهد- بلوار وکیل آباد- روبروی پارک ملت- دانشکده دندانپزشکی- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی
تلفن: ۳۸۸۳۹۵۰۱ نشانی الکترونیک: OjratiN921@mums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: هدف از این مطالعه بررسی تأثیر افزودن رزین هیدروفوب پس از استفاده از دنتین باندینگ‌های نسل‌های مختلف بر میزان نانولیکچ بود. **روش بررسی:** ۲۰ دندان مولر سوم انسان انتخاب شد. دندان‌ها به صورت تصادفی به ۴ گروه ۵ تایی شامل دنتین باندینگ‌های نسل چهارم، نسل پنجم، نسل شش و نسل هفت تقسیم شدند. سپس تاج دندان‌ها از ناحیه CEJ قطع شد و هر یک از نمونه‌ها با برشی مزو دیستالی به دو نیمه تقسیم شد، یک نیمه برای کاربرد دنتین باندینگ بدون افزودن رزین هیدروفوب و نیمه دیگر برای کاربرد همان دنتین باندینگ با افزودن رزین هیدروفوب به کار رفت. پس از آن کامپوزیت به سطح نمونه‌ها اضافه شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها در نیترات نقره میزان نانولیکچ توسط SEM ارزیابی شد و نتایج با آزمون Repeated Measurement مورد تحلیل آماری قرار گرفتند ($\alpha=0/05$).

یافته‌ها: در تمام گروه‌ها افزودن رزین هیدروفوب سبب کاهش میزان نانولیکچ شده بود. این کاهش در مورد دنتین باندینگ‌های توتال-اچ بیش از دنتین باندینگ‌های سلف-اچ بود ($P>0/05$). در بیشتر نواحی مورد مطالعه نانولیکچ مشاهده شده در ادهزیوهای توتال-اچ بیش از سلف-اچ‌ها بود. در کل نواحی مورد مطالعه Clearfil S³ bond که یک ادهزیو سلف-اچ دو یک مرحله‌ای است پس از افزودن رزین هیدروفوب کمترین نانولیکچ را نشان داد. **نتیجه‌گیری:** در تمام گروه‌ها افزودن رزین هیدروفوب سبب کاهش نانولیکچ در ضخامت لایه هایبرید شد که این کاهش در گروه‌های توتال-اچ بارز بود.

کلید واژه‌ها: نانو لیکچ، ادهزیو، رزین هیدروفوب

وصول: ۹۶/۱۲/۲۳؛ اصلاح نهایی: ۹۷/۱۰/۰۵؛ تأیید چاپ: ۹۷/۱۰/۱۰

مقدمه

روی می‌دهد که دلیل آن می‌تواند هیدرولیز لایه رزین و متعاقب آن، تحریک تجزیه کلاژن به دلیل از دست رفتن رزین باشد. مطابق تحقیقات انجام شده، تجزیه رزین نسبت به تجزیه کلاژن، لطمه بیشتری به دوام طولانی مدت باندینگ، در سیستم‌های ادهزیو سلف-اچ دارد (۱۵). تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که سیستم‌های ادهزیو one bottle و all in one به دلیل محتوی بالای آب بسیار مستعد تخریب هیدرولیتیک هستند. آب موجود در این سیستم‌ها، جهت دمنرالیزاسیون سطح عاج بر اثر کارکرد مونومر رزینی اسیدی ضروری می‌باشد (۱۶، ۱۷). علاوه بر آب موجود در ترکیب، قسمت‌های یونی شونده مونومرهای اسیدی نیز آب دوست هستند. وجود چنین قسمت آب دوستی موجب تحریک جذب آب و به دنبال آن، پلاستی سایزینگ شبکه مونومری می‌گردد. جدایی فازی ادهزیو یا شکل‌گیری حباب‌های کوچک در لایه رزین باند، مورفولوژی تپیک سیستم‌های سلف ادهزیو تک جزئی می‌باشد (۱۸).

برای دهه‌ها نگرانی‌های فراوانی در مورد بروز میکرولیکچ در فواصل بین عاج و رزین‌های ترمیمی در بین محققان وجود داشته است. با ارایه نسل‌های پیشرفته‌تر دنتین باندینگ‌ها، تا حد زیادی بر گپ بین ترمیم‌های رزینی و عاج غلبه شد و این به معنی کاهش میکرولیکچ است که پیامد آن کاهش حساسیت‌های پس از درمان، کاهش تغییر رنگ لبه‌ای، جلوگیری از عود پوسیدگی و افزایش دوام ترمیم‌ها می‌باشد (۱۹، ۲۰).

طول عمر و ثبات ترمیم‌های کامپوزیتی، وابسته به اتصال ادهزیو به بافت سخت دندانی و ماده ترمیمی کامپوزیتی می‌باشد (۱، ۲). برای سال‌های متمادی، تکنیک اسید اچ و استفاده از رزین‌های unfilled به همراه آن، پیوندی مستحکم میان کامپوزیت و مینا برقرار می‌نمود (۳). به علاوه مواد ادهزیو کنونی، اتصال قابل قبول به عاج را نیز تضمین می‌کنند. تلاش‌های در حال تکامل کنونی، به دنبال افزایش دوام و ثبات فرایند باند ایجاد شده می‌باشد. لایه هایبریدی در عاج در سیستم‌های ادهزیو توتال-اچ، به دلیل پتانسیل عدم تناسب بین عمق اچینگ و و اشباع مؤثر شبکه فیبرهای کلاژن توسط ادهزیو، بسیار مستعد تخریب است (۴، ۵). Pashley و بسیاری از محققین دیگر اخیراً، از بین رفتن اتصال در سیستم‌های ادهزیو توتال-اچ را حاصل تجزیه شبکه کلاژنی اشباع نشده از رزین در زیر لایه هایبرید، بر اثر فعالیت (ماتریکس متالو پروتئیناز) MMPs می‌زبان عنوان کرده‌اند (۶-۹). ماتریکس متالو پروتئینازها، عضوی از خانواده آنزیم‌های پروتئیناز وابسته به زینک می‌باشد که قادر به تجزیه قسمت آلی عاج، پس از دمنرالیزاسیون است (۱۰). از بین رفتن لایه رزینی بر اثر تجزیه می‌تواند دلیل دیگری در از بین رفتن باند توتال-اچ‌ها باشد (۱۱-۱۳). هر چند در سیستم‌های ادهزیو سلف-اچ، دمنرالیزاسیون و پرایمینگ عاج به طور همزمان انجام می‌گیرد و در نتیجه ناحیه کلاژن عریان از رزین، مشاهده نمی‌شود (۱۴)، اما تخریب باند به مرور باز هم

محققان نشان داده‌اند که اتفاقات ناگوار در ابعادی بسیار کوچک‌تر از میکرولیکیج نیز در اینترفیس باندینگ به وقوع می‌پیوندند. وقایعی که نانولیکیج نامیده شدند و نگرانی‌های بسیاری را در زمینه دوام باندینگ ایجاد کردند. نانولیکیج به معنی نفوذ زود هنگام آب در فضاهای نانومتری موجود در ضخامت رزین یا لایه هایپرید است. در ابتدا ادعا می‌شد که بروز نانولیکیج به علت نفوذ ناکافی ادهزیوهای توتال-اچ در فضاهای دکلسیفیه شده لایه هایپرید است و بنابراین مشکل نانولیکیج در مورد ادهزیوهای سلف-اچ وجود نخواهد داشت (۹،۲۱). ولی به مرور نشان داده شد که نانولیکیج تنها در فضاهای خالی نانومتری لایه هایپرید اتفاق نمی‌افتد، بلکه آب قادر به نفوذ از طریق خود لایه رزین نیز می‌باشد که این پدیده با توجه به هیدروفیل‌تر بودن ادهزیوهای جدیدتر، آن‌ها را هدف قرار می‌دهد (۲۲،۲۳). حتی در مورد ادهزیوهای سلف-اچ یک مرحله‌ای به علت اینکه مونومرهای اسیدی، هیدروفیل و هیدروفوب، به همراه حلال آلی و آب در یک ظرف قرار دارند، آمادگی بیشتری برای جذب آب در توده ضخامت خود دارند.

آنچه ما را بر آن داشت تا به انجام این مطالعه نیز بپردازیم، این فرضیه بود که، افزودن لایه‌ای هیدروفوب که در کاهش میکرولیکیج و افزایش استحکام باند ادهزیوهای مختلف به عاج نقش دارد، احتمالاً بتواند به عنوان سدی در برابر نانولیکیج نیز اثر نموده و بر آن تأثیر گذارد.

روش بررسی

در این مطالعه از ۲۰ دندان مولر سوم تازه کشیده شده انسان استفاده گردید. دندان‌ها بلافاصله پس از کشیده شدن در محلول نرمال سالین که حاوی ۱٪ تیمول بود در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تاج آناتومیک دندان با استفاده از دیسک الماسی و هندپیس با سرعت پایین، زیر جریان فراوان آب خنک کننده، از ناحیه DEJ حذف شد. به این ترتیب سطح به دست آمده حاوی عاج ناحیه سرویکال دندان‌ها بود تا حالتی مشابه کف جت‌جیوال حفرات Class V بازسازی شود. سطح صاف به دست آمده جهت اطمینان از عدم وجود مینا در مارژین‌ها زیر استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۸ برابر بررسی شد. سپس سطح عاجی با کاغذ سمباده سیلیکون کارباید ۶۰۰ گریتهی برای مدت ۶۰ ثانیه ساییده شد تا سطحی کاملاً صاف ایجاد شود و

اسمیر لایری مشابه با تراش حفره با فرز الماسه بر روی سطح عاج ایجاد گردد. دندان‌ها به صورت تصادفی بر اساس نوع دنتین باندینگ به کار رفته به ۴ گروه تقسیم شدند ($n=5$) سپس هر دندان با ایجاد یک برش مزیدستیالی به دو نیمه باکالی و لینگویالی تقسیم گردید که به صورت تصادفی، یکی برای گروه بدون رزین هیدروفوب و دیگری برای گروه دریافت کننده رزین هیدروفوب به کار رفتند. دنتین باندینگ به کار رفته برای دو نیمه هر دندان مشابه بود.

در گروه اول از دنتین باندینگ توتال-اچ سه مرحله‌ای Scotch bond multipurpose (3M™ ESPE™, USA) استفاده گردید. برای این منظور مطابق دستور کارخانه سازنده ابتدا سطح عاج برای مدت ۱۵ ثانیه با ژل اسید فسفریک ۳۷٪ (ESPE™ Dental (3M™)) اچ گردید و سپس با پور آب و هوا تا حذف کامل اسید شستشو داده شد و سطح عاج برای مدت ۲ ثانیه با جریان ملایم هوا خشک شده و پس از آن با استفاده از میکروبراش، پرایمر سیستم بر روی سطح آن اضافه گردید. بار دیگر سطح با جریان ملایم هوا و این بار برای مدت ۵ ثانیه خشک شد. ادهزیو سیستم بر روی سطح با استفاده از میکروبراش اضافه شده و برای مدت ۱۰ ثانیه با دستگاه لایت کیور (Bluephase® C8, Ivoclar Vivadent) با شدت 650 mW/cm^2 از فاصله ۱ میلی‌متری به مدت ۲۰ ثانیه کیور گردید. سپس کامپوزیت Filtek™ Z250 Universal (3M ESPE) به ضخامت ۲ میلی‌متر در دو لایه بر روی سطح نمونه قرار داده شد به نحوی که هیچ گونه اضافاتی از کامپوزیت بر روی سطح باکال یا لینگویال نمونه مورد مطالعه قرار نگیرد تا پوشانده شدن احتمالی اینترفیس باکالی یا لینگویالی جلوگیری به عمل آید. هر لایه کامپوزیت به مدت ۴۰ ثانیه با دستگاه لایت کیور با برنامه Soft Start با شدت $800/650 \text{ mW/cm}^2$ کیور گردید.

در گروه دوم از دنتین باندینگ توتال-اچ دو مرحله‌ای Single Bond (3M™ ESPE™, USA) به عنوان عامل باندینگ استفاده گردید. در این گروه مطابق دستور کارخانه سازنده ابتدا سطح عاج برای مدت ۱۵ ثانیه اچ شده و ۱۰ ثانیه با پور آب و هوا شستشو داده شد. سپس سطح عاج با یک اسفنج کوچک خشک گردید، به نحوی که سطح عاج براق باقی ماند، ولی هیچ تجمعی از آب بر روی آن قابل تشخیص نبود. سپس ادهزیو با یک اپلیکاتور به صورت فعال

تابش نور فلئوئورسنت برای مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند تا یون‌های نقره در محل‌های نفوذ رسوب کنند. پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از داروی ظهور خارج شده و به خوبی زیر جریان آب شسته شدند و سپس بر روی سطح فوقانی و تحتانی نمونه‌ها بریدگی کوچکی با استفاده از دیسک برنده ایجاد شد و با قراردادن نوک یک کاتر در ناچ ایجاد شده و وارد کردن فشار عمودی نمونه‌ها در امتداد اکلوزجنجیوال از خلال ضخامت عاج، رزین‌ها و کامپازیت به دو قسمت شکسته شد. نمونه‌ها برای بررسی نانولیکچ در میکروسکوپ الکترونی در استوانه‌هایی با کمک رزین آکرلیک فوری مانع شدند، به نحوی که سطح اینترفیس مورد بررسی موازی سطح افق باشد. سپس نمونه‌ها داخل میکروسکوپ الکترونی (TESCAN (VEGA\XM)، قرار داده شد و تصاویر مورد بررسی قرار گرفت. میکروسکوپ روی حالت High Vacume و ولتاژ ۱۵۰۰ KV و وضعیت Back Scatter تنظیم شده بود. هر نمونه یک بار با بزرگنمایی ۵۰ در تمام طول اینترفیس مورد بررسی قرار گرفت. ذرات نفوذ یافته نقره به صورت نقاط یا شبکه‌های سفید و درخشان مورد جستجو قرار گرفتند. در مرحله بعد جستجو را با تمرکز بیشتر بر روی ناحیه خارجی (باکال یا لینگوال) اینترفیس با بزرگنمایی‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر به هدف یافتن مناطق و الگوهای نفوذ نقره ادامه دادیم. در مرحله بررسی با بزرگنمایی ۱۰۰۰ با استفاده از نرم افزارهای جانبی دستگاه اقدام به تهیه MAP بر اساس طول موج الکترون لایه L اتم نقره کردیم تا به این ترتیب با اطمینان و دقت بیشتر بتوان میزان و الگوهای نفوذ نقره را مورد بررسی قرار داد. نقاطی که در MAP‌های تهیه شده به رنگ قرمز به صورت مشخصی دیده می‌شوند، محل‌های تجمع ذرات نقره فلزی است که پس از نفوذ، رسوب کرده‌اند. در پایان تصاویر تهیه شده با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برای بررسی سطح پوشیده شده با نقره به کار رفتند. این عکس‌ها در نرم افزار MATLAB پیاده سازی شدند و سپس با استفاده از رنگ خاص ذرات نقره که دارای کنتراست زیادی با نسج دندان و رزین به کار رفته بودند پیکسل‌های نشان دهنده نقره رسم شد. با محاسبه تعداد پیکسل‌های پوشیده شده از نقره و دانستن سطح کل مورد بررسی درصد سطح پوشیده از نقره محاسبه شد. این بررسی در ۴ ناحیه Sub-Hybrid layer evaluation zone، Resin- Dentin Interface، Hybrid-layer evaluation zone، evaluation zone، Resin evaluation zone و نیز در کل نواحی

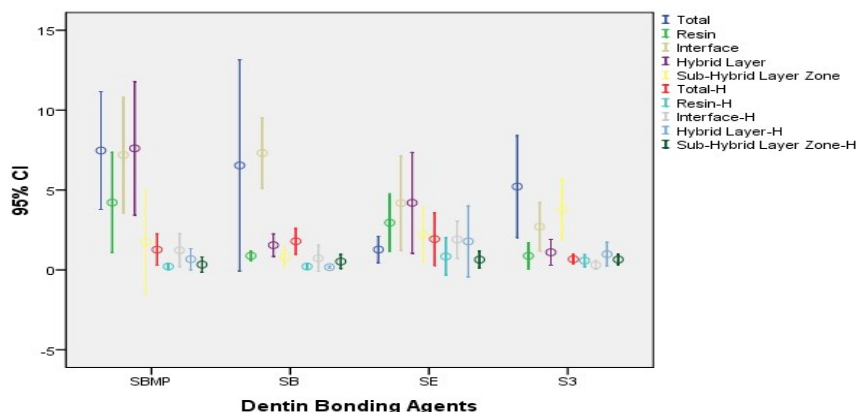
به مدت ۲۰ ثانیه و در ۲ لایه در سطح عاج اعمال گردید. پس از هر بار زدن رزین سطح برای مدت ۵ ثانیه در معرض جریان ملایم هوا قرار گرفت تا رزین به خوبی پخش شده و حلال تبخیر شود. سپس مانند گروه یک ادهزیو کیور شده و کامپوزیت قرار داده شد. در گروه سوم از دنتین باندینگ سلف- اچ دو مرحله‌ای Clearfil SE Bond (Kuraray, Japan) به عنوان عامل باندینگ استفاده شد. در این گروه مطابق دستور کارخانه سازنده سطح عاج پس از شستشو و خشک کردن، با پرایمر سلف- اچ سیستم برای مدت ۲۰ ثانیه آغشته گردید. سپس سطح با جریان ملایم هوا خشک شد و ادهزیو بر روی سطح افزوده شده و با جریان ملایم هوا پخش شد، سپس مانند گروه یک ادهزیو کیور شده و کامپوزیت قرار داده شد. در گروه چهارم از دنتین باندینگ سلف- اچ یک مرحله‌ای Clearfil S3 Bond (Kuraray, Japan) به عنوان عامل باندینگ استفاده گردید. در این گروه مطابق دستور کارخانه سازنده سطح عاج پس از شستشو و خشک کردن، با ادهزیو، برای مدت ۲۰ ثانیه آغشته گردید و سپس سطح با جریان شدید هوا برای مدت ۵ ثانیه خشک شد، سپس مانند گروه یک ادهزیو کیور شده و کامپوزیت قرار داده شد. گروه پنج، شش، هفت و هشت به ترتیب متناظر گروه‌های ۱ تا ۴ بوده و تنها تفاوتشان این بود که بعد از کیور لایه باندینگ و قبل از اعمال کامپوزیت اعمال شوند. سطح دنتین باندینگ با یک لایه از رزین هیدروفوب (Margin Bond, Colten) پوشانده شد. به این صورت که رزین Margin Bond با میکرو براش بر روی سطح رزین کیور شده قبلی افزوده شد. لایه رزینی با استفاده از پوآر هوا با شدت کم برای مدت ۵ ثانیه پخش شد تا لایه‌ای یکنواخت را بر روی نمونه تشکیل داده و از تجمع رزین در منطقه‌ای خاص جلوگیری به عمل آید و در نهایت به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه لایت کیور کیور گردید. سپس تمام سطح نمونه‌ها تا ۱ میلی‌متری اینترفیس باکالی و یا لینگوالی با دو لایه لاک ناخن به دقت پوشانده شد. سپس نمونه‌ها در انکوباتور در آب مقطر (آب مقطر قابل تزریق، محصول کمپانی داروپخش- ایران) با دمای ثابت ۳۷ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت از آب مقطر خارج شده و برای مدت ۲۴ ساعت در ظروف نیترات نقره آمونیاکی غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌ها در ظروف حاوی داروی ظهور رادیوگرافی و تحت

است به ترتیب در مناطق مورد مطالعه نتایج زیر به دست آمد. در بررسی ناحیه Sub-Hybrid layer از نظر نانو لیکج اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های توتال- اچ با هم و گروه‌های سلف- اچ با هم نبود و به طور کلی کمترین مقادیر نانولیکج مشاهده شده در ناحیه Sub-Hybrid layer متعلق به گروه SB بود. همچنین بالاترین مقادیر نانولیکج مشاهده شده در این ناحیه مربوط به گروه S³ بود.

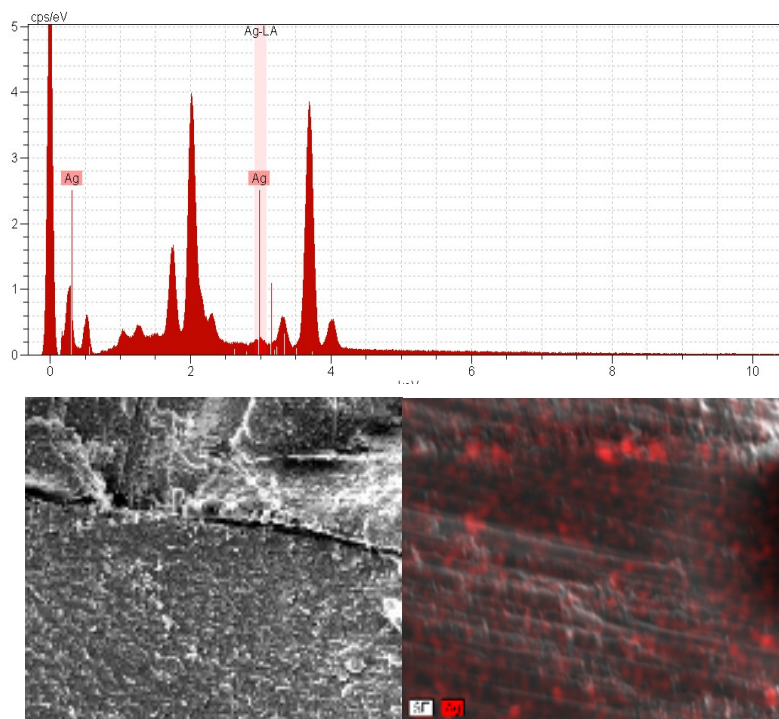
مورد بررسی در قالب Total evaluation area انجام شد. در پایان نتایج با آزمون Repeated Measurement مورد تحلیل آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها

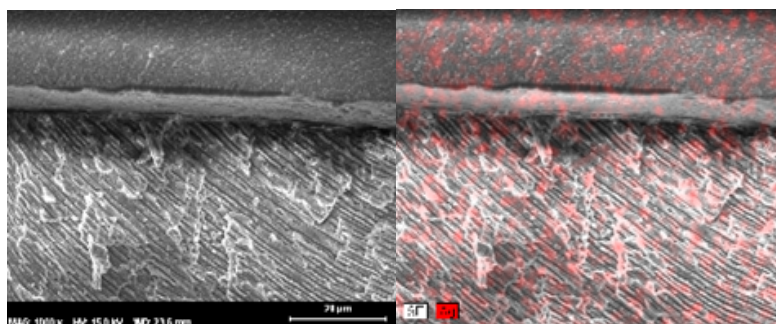
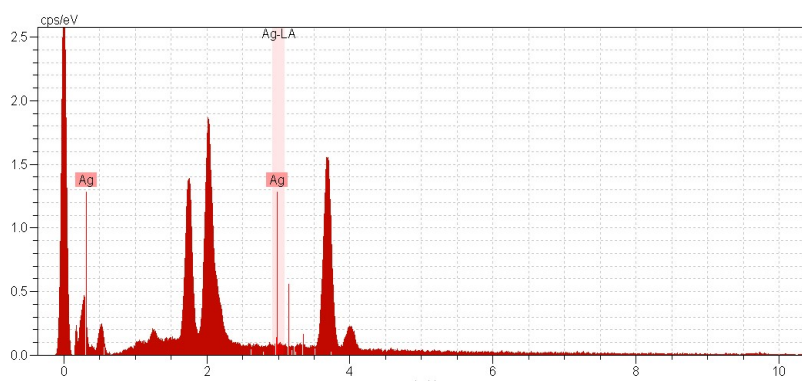
از مقایسه داده‌های حاصل از آزمون آماری Repeated Measurement که در نمودار ۱ تا ۵ و اشکال ۱ تا ۴ آمده



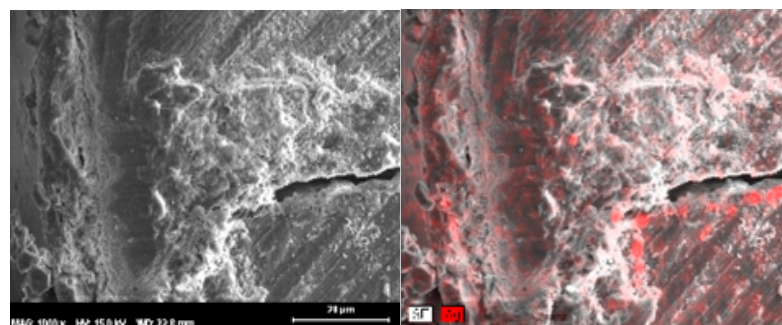
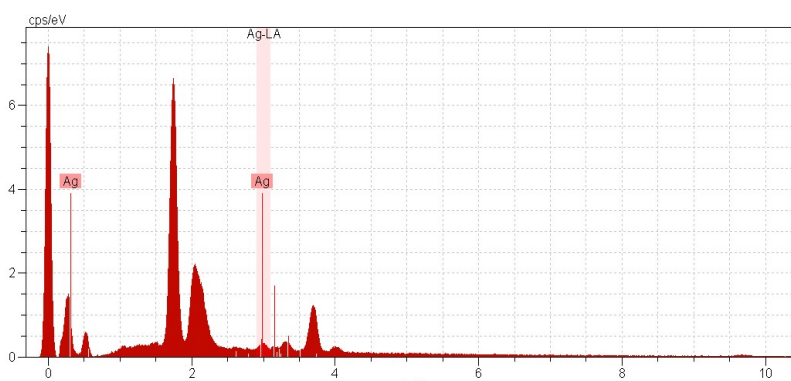
نمودار ۱- نمودار فاصله اطمینان ۹۵٪ میانگین نانولیکج مناطق مختلف مورد بررسی گروه‌های هشتمانه دنتین باندینگها با یا بدون افزودن رزین هیدروفوب



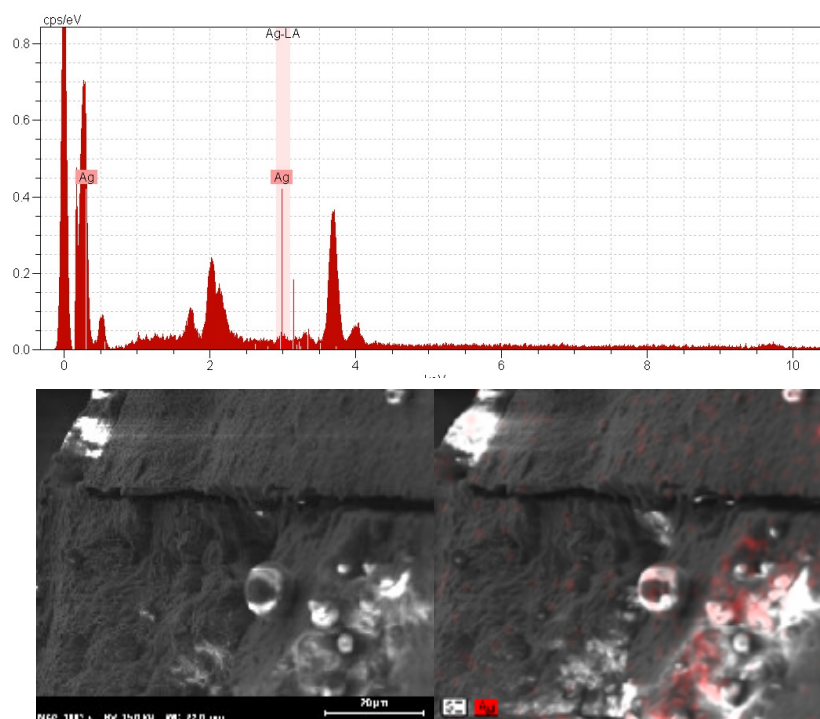
نمودار ۲ و شکل ۱- نمودار و MAP پراکندگی نقره بر اساس لایه L الکترونی اتم نقره برای نمونه SBMP



نمودار ۳ و شکل ۲- نمودار و MAP پراکندگی نقره بر اساس لایه L الکترونی اتم نقره برای نمونه SBMP-H



نمودار ۴ و شکل ۳- نمودار و MAP پراکندگی نقره بر اساس لایه L الکترونی اتم نقره برای نمونه S3



نمودار ۵ و شکل ۴- نمودار و MAP پراکندگی نقره بر اساس لایه L الکترونی اتم نقره برای نمونه S³-H

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار نانولیکچ در ۸ گروه به تفکیک ناحیه مورد بررسی

DB	Layer	Sub-Hybrid Layer zone	Hybrid Layer	Interface	Resin	Total
SBMP		۱/۷۴ ± ۲/۶۱	۷/۶۰ ± ۳/۳۶	۷/۱۹ ± ۲/۹۲	۴/۲۱ ± ۲/۵۲	۷/۴۷ ± ۲/۹۷
SBMP-H		۰/۳۳ ± ۰/۳۸	۰/۶۶ ± ۰/۵۲	۱/۲۲ ± ۰/۸۳	۰/۲۱ ± ۰/۱۵	۱/۲۶ ± ۰/۷۶
SB		۰/۸۰ ± ۰/۴۸	۱/۵۴ ± ۰/۵۶	۷/۳۱ ± ۱/۷۷	۰/۸۸ ± ۰/۲۳	۶/۵۳ ± ۵/۳۲
SB-H		۰/۵۲ ± ۰/۳۵	۰/۱۷ ± ۰/۰۵	۰/۷۲ ± ۰/۶۶	۰/۲۱ ± ۰/۱۲	۱/۷۸ ± ۰/۶۴
SE		۲/۲۳ ± ۱/۳۷	۴/۱۹ ± ۲/۵۳	۴/۱۸ ± ۲/۳۸	۲/۹۵ ± ۱/۴۶	۱/۲۷ ± ۰/۶۶
SE-H		۰/۶۴ ± ۰/۴۳	۱/۷۸ ± ۱/۷۸	۱/۹۰ ± ۰/۹۴	۰/۸۴ ± ۰/۹۴	۱/۹۳ ± ۱/۳۲
S ³		۳/۷۹ ± ۱/۵۴	۱/۱۰ ± ۰/۶۵	۲/۷۰ ± ۱/۲۲	۰/۷۸ ± ۰/۶۵	۵/۲۱ ± ۲/۵۶
S ³ -H		۰/۶۴ ± ۰/۲۷	۰/۹۸ ± ۰/۵۹	۰/۳۰ ± ۰/۲۲	۰/۵۸ ± ۰/۳۰	۰/۶۶ ± ۰/۲۳

به گروه SB و کمترین میانگین متعلق به گروه S³ بود. در ناحیه رزین نیز تفاوت معنی‌داری بین هیچ یک از این آدهزیوها مشاهده نشد. در نگاه کلی به مجموع نواحی مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری بین نانولیکچ مشاهده شده در گروه‌های SBMP و SB و S³ بدون زدن لایه هیدروفوب دیده نشد و تنها گروه SE به صورت نانولیکچ کمتری را نسبت به گروه SBMP نشان داد. در ارزیابی ناحیه Sub- Hybrid layer, Hybrid-layer و

در ارزیابی ناحیه Hybrid-layer مقادیر نانولیکچ بین گروه SBMP با گروه‌های S³ و SB-SBMP میزان بیشتری از نانولیکچ را نسبت به دو گروه فوق‌الذکر دارا بود و کمترین میانگین نانولیکچ مشاهده شده مربوط به گروه S³ بود، هر چند با گروه SE و SB تفاوت معنی‌داری نداشت. در ناحیه Resin- Dentin Interface تنها تفاوت مشهود، بین گروه SB و S³ بود. بیشترین میانگین نانولیکچ در این ناحیه، متعلق

همچنین در ناحیه رزین به دنبال کاربرد لایه هیدروفوب تفاوت معنی‌داری بین نانولیکچ مشاهده شده در گروه‌های مورد آزمایش وجود نداشت کمترین میزان نانولیکچ در این ناحیه مربوط به S^3-H بود. به طور کلی نیز تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مورد مطالعه به دنبال کاربرد لایه هیدروفوب در میزان نانو لیکچ مشاهده نشد (جدول ۱).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تقریباً در تمام گروه‌ها افزودن رزین هیدروفوب سبب کاهش میزان نانولیکچ و نیز کاستن از دامنه تغییرات نتایج شد. که این کاهش در مورد دنتین باندینگ‌های توتال- اچ به طور معنی‌داری مشهود بود.

ما در جریان این تحقیق علاوه بر بررسی و اندازه‌گیری نانولیکچ در کل منطقه تحت نفوذ، به مطالعه جداگانه نواحی هایپرید، ناحیه زیر لایه هایپرید، حد فاصل رزین و عاج و ضخامت لایه رزین پرداختیم و با استفاده از نرم افزار Matlab اقدام به محاسبه سطح پوشیده شده با نقره نمودیم. مشخص بودن رنگ ذرات نقره در تصویر SEM و کنتراست مناسب آن با نسج دندان، این امکان را به ما می‌داد که با رسم آرایه نقاط دارای درخشندگی یکسان و مقایسه آن با تعداد پیکسل‌های کل سطح مورد بررسی، نسبت سطح پوشیده شده با نقره را بر حسب درصد، محاسبه کنیم. در مطالعه Li و همکاران (۲۴) نانولیکچ به صورت میزان نفوذ نقره در طول دیواره حفره با بزرگنمایی ۴۰ برابر بررسی شد. بدیهی است که این نحوه بررسی بیشتر مشابه با بررسی میکرولیکچ است و گسترش نقره را تنها در یک بعد بررسی می‌کند. نفوذ نقره در ضخامت لایه هایپرید و حتی رسیدن آن به قاعده لایه هایپرید، نفوذ در امتداد توبول‌های عاجی و در اطراف تگ‌های رزینی که بسیار مهم‌تر از نفوذ تنها در امتداد اینترفیس هستند در این نوع اندازه‌گیری لحاظ نشده‌اند. در منطقه Sub- Hybrid Layer بیشترین میزان نانولیکچ در گروه S^3 دیده شد. شاید این مسأله با نفوذ کمتر ادهزیوهای سلف- اچ و مسدود شدن کمتر توبول‌های عاجی مرتبط باشد (۲۵). به نظر می‌رسد مناطق عمقی‌تر عاج (نسبت به لایه هایپرید) بیشتر از طریق توبول‌های عاجی مورد تهاجم و نفوذ آب قرار می‌گیرند.

نکته جالب توجه دیگر در ناحیه Sub-hybrid Layer دامنه تغییرات وسیع گروه SBMP است. به نظر می‌رسد ادهزیو SBMP در مورد نانولیکچ همانند یک تیغ دو لبه عمل می‌کند، بدین معنی که اچینگ عاج با اسیدفسفریک ۳۷٪ برای مدت ۱۵ ثانیه می‌تواند سبب دکلسیفیه شدن عاج تا عمقی شود که هرگز تمام ضخامت آن درگیر نفوذ ادهزیو و تشکیل لایه هایپرید نگردد و این سبب افزایش نانولیکچ خواهد شد.

از سوی دیگر ادهزیو SBMP در سیستم خود به عنوان آخرین مرحله یک رزین هیدروفوب دارد که بر اساس فرضیات ما در این مطالعه خود می‌تواند به عنوان سدی در برابر نانولیکچ محسوب گردد. حساسیت تکنیک بالای این ادهزیو چند مرحله‌ای می‌تواند سبب شود نتایج متغیری در گستره مزیت‌ها و مشکلات این دنتین باندینگ به دست آید. افزودن رزین هیدروفوب سبب شده نتایج در تمام گروه‌ها به هم نزدیک شده و دامنه تغییرات به شدت کاهش یابد. چنین به نظر می‌رسد که اگر پس از کاربرد ادهزیوهای مختلف، رزین هیدروفوب افزوده شود، نتایج در منطقه قاعده لایه هایپرید تفاوت چندانی نخواهد داشت.

در ضخامت لایه هایپرید در تمام گروه‌ها افزودن رزین هیدروفوب سبب کاهش نانو لیکچ شد. که این کاهش در گروه‌های توتال- اچ معنی‌دار بود. اما کاهش نانولیکچ گرچه در گروه‌های سلف- اچ هم پس از افزودن رزین هیدروفوب مشهود بود، اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین نانولیکچ در گروه SBMP دیده شد. این ادهزیو تقریباً در تمامی نواحی مورد مطالعه ما نانولیکچ بالایی را نشان داد. به طور کلی انتظار می‌رود، ادهزیوهای توتال- اچ نانولیکچ بیشتری را نسبت به انواع سلف- اچ نشان دهند، چرا که در مورد سلف- اچ‌ها احساس می‌شود دکلسیفیه کردن و نفوذ هم زمان دنتین باندینگ در داخل عاج سبب می‌شود که هیچ ناحیه‌ای از لایه هایپرید خالی باقی نماند. اما در مورد گروه SB وجود قسمت‌هایی از لایه هایپرید که با رزین اشباع نشده است می‌توانند مستعد نفوذ آب و بروز نانولیکچ باشند. به همین دلیل نانولیکچ اغلب در ادهزیوهای توتال- اچ بیشتر مشاهده می‌شود.

علت بروز نانو لیکچ در مورد ادهزیوهای سلف- اچ کلاً متفاوت است. به این صورت که آب باقی مانده در لایه هایپرید، یا در ضخامت

هیدروفوب کمترین نانولیکچ را نشان می‌دهد. محققین بر این باورند که این نتیجه حاصل جمع داشتن لایه هایبیریدی نازک و اشباع از رزین و اثرات پیشگیری کننده از نفوذ آب توسط لایه هیدروفوب باشد. Li و همکاران (۲۷) نشان دادند که با گذشت زمان، میزان نانو لیکچ مشاهده شده در تمام نسل‌های ادهزیوها افزایش یافته است. آن‌ها دلیل احتمالی این پدیده را تأثیرات هیدرولیتیک آب بر روی رزین‌ها در طول زمان عنوان کردند. مطالعه ما دارای یک بازه زمانی ۲۴ ساعته بود، نگهداری طولانی مدت نمونه‌ها در آب، تأثیرات احتمالی بیشتری از رزین هیدروفوب را نشان خواهد داد. هر چند این امکان نیز وجود دارد که با هیدرولیز شدن خود لایه هیدروفوب این تأثیر نیز کاهش یابد. از جمله محدودیت‌های این مطالعه عدم ارزیابی اثر مداخله انجام شده بر روی استحکام باند و دوام طولانی مدت این مجموعه‌ها می‌باشد. بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان ادعا کرد که در نگاه کلی دنتین باندینگ‌های سلف- اچ نانولیکچ کمتری را نسبت به دنتین باندینگ‌های توتال- اچ نشان می‌دهند. همچنین افزودن رزین هیدروفوب به دنبال کاربرد هر یک از دنتین باندینگ‌ها سبب کاهش نانو لیکچ شد که این امر در مورد دنتین باندینگ‌های توتال- اچ بیشتر مشهود بود. در تمام گروه‌ها افزودن رزین هیدروفوب سبب کاهش نانولیکچ در ضخامت لایه هایبیریدی شد که این کاهش در گروه‌های توتال- اچ بارز بود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه به شماره ۳۹۳ از دانشکده دندانپزشکی مشهد می‌باشد. بدین وسیله از همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد که حمایت مالی را برای انجام این پژوهش فراهم نمودند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

- 1- Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent.* 1997;22(4):173-85.
- 2- Kidd EA. Microleakage: a review. *J Dent.* 1976;4(5):199-206.
- 3- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
- 4- Kanca III J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Int.* 1992;23(1).
- 5- Swift Jr E, Triolo Jr P. Bond strengths of Scotchbond Multi-

لایه رزین به عنوان منابع نانولیکچ عمل می‌کنند. باقی ماندن آب در داخل ضخامت این ادهزیوهای هیدروفیل در پاره‌ای از مناطق سبب جلوگیری از پلیمریزه شدن مونومرها و تشکیل هیدروژل می‌شود (۲۶). شاید به این علت که نانولیکچ در ادهزیوهای سلف- اچ بیشتر دارای منشاء داخلی است، افزودن یک سد خارجی، تأثیر چندانی بر روی نانولیکچ نداشته است.

نکته دیگر که در منطقه Hybrid Layer دیده می‌شود، همچون تمام نواحی دیگر کاهش دامنه تغییرات در تمام گروه‌ها پس از افزودن رزین هیدروفوب است. اگر یک احتمال برای به دست آوردن دامنه‌ای وسیع از نتایج را در برخی گروه‌ها، حساسیت تکنیک آن‌ها بدانیم، شاید افزودن لایه‌ای از رزین هیدروفوب، پوششی برای غلبه بر کاستی‌های احتمالی در کاربرد برخی از سیستم‌های ادهزیوی باشد. یکی از ادعاهای مطرح شده پس از ارایه ادهزیوهای سلف- اچ، کاهش تعداد مراحل کار و در نتیجه کاهش حساسیت تکنیک است. هر چه تعداد مراحل کار بیشتر بوده و زمان بیشتری صرف می‌شود، احتمال بروز دگرگونی در نتایج که می‌تواند حاصل از تغییرات هر چند اندک در عملکرد کاربر در خلال مراحل مختلف کار باشد، افزوده می‌گردد. در مجموع نواحی مورد بررسی باز هم ادهزیوهای توتال- اچ هستند که مقادیر نانو لیکچ بیشتر و دامنه وسیع‌تر تغییرات را نشان می‌دهند. این مقادیر بیشتر نانولیکچ همان‌گونه که ذکر شد می‌تواند حاصل از داشتن لایه هایبیریدی ضخیم‌تر باشد که تمامی ضخامت آن با رزین اشباع نشده است.

هر چند در بیشتر نواحی به جز ناحیه Sub-Hybrid Layer ادهزیو S³ میزان نانولیکچ پایین‌تری نسبت به اغلب گروه‌ها نشان داده است، ولی به نظر می‌رسد در مجموع، این ادهزیو از افزودن رزین هیدروفوب بسیار سود برده و در مجموع ناحیه مورد بررسی پس از افزودن رزین

منابع:

- Purpose to moist dentin and enamel. *Am J Dent.* 1992;5(6):318-20.
- 6- Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Tjäderhane L, Mazzoni A, et al. Host-derived loss of dentin matrix stiffness associated with solubilization of collagen. *J Biomed Mater Res B: Applied Biomaterials.* 2009;90(1):373-80.
- 7- Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldini S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *J Dent Res.* 2007;86(1):90-4.
- 8- Moon PC, Weaver J, Brooks CN. Review of matrix

- metalloproteinases' effect on the hybrid dentin bond layer stability and chlorhexidine clinical use to prevent bond failure. *Open Dent J.* 2010;4:147.
- 9- Pashley DH, Tay F, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho R, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 2004;83(3):216-21.
- 10- Tjäderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto V-J, Larmas M, Salo T. The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *J Dent Res.* 1998;77(8):1622-9.
- 11- Abdalla AI, Feilzer AJ. Four-year water degradation of a total-etch and two self-etching adhesives bonded to dentin. *J Dent.* 2008;36(8):611-7.
- 12- Armstrong S, Vargas M, Chung I, Pashley DH, Campbell J, Laffoon J, et al. Resin-dentin interfacial ultrastructure and microtensile dentin bond strength after five-year water storage. *Oper Dent.* 2004;29(6):705-12.
- 13- Carrilho M, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. *Am J Dent.* 2004;17(2):104-8.
- 14- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. Fractographical analysis of resin-dentin bonds. *Am J Dent.* 2001;14(6):355-60.
- 15- Hashimoto M, Nagano F, Endo K, Ohno H. A review: Biodegradation of resin-dentin bonds. *Japanese Dental Science Review.* 2011;47(1):5-12.
- 16- Sauro S, Mannocci F, Toledano M, Osorio R, Thompson I, Watson TF. Influence of the hydrostatic pulpal pressure on droplets formation in current etch-and-rinse and self-etch adhesives: a video rate/TSM microscopy and fluid filtration study. *Dent Mater J.* 2009;25(11):1392-402.
- 17- Van Landuyt K, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater J.* 2008;24(10):1412-9.
- 18- Hiraishi N, Nishiyama N, Ikemura K, Yau J, King N, Tagami J, et al. Water concentration in self-etching primers affects their aggressiveness and bonding efficacy to dentin. *J Dent Res.* 2005;84(7):653-8.
- 19- Hajizadeh H, Ghavamnasiri M, Majidinia S. Randomized clinical evaluation of the effect of chlorhexidine on postoperative sensitivity of posterior composite resin restorations. *Quintessence Int.* 2013;44(10).
- 20- Settembrini L, Gultz J, Scherer W, Kaim J. A single-component bonding system microleakage study. *Gen Dent.* 1997;45(4):341-3.
- 21- Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Tay FR, Kaga M, Kudou Y, et al. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *J Biomed Mater Res.* 2002;63:306-11.
- 22- Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials.* 2005;26:1035-42.
- 23- Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res.* 2002;81:472-6.
- 24- Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of thermocycling regimens on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater.* 2002;18(3):189-96.
- 25- Buonocore MG, Weileman W, Brudevold F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res.* 1955;35:846-51.
- 26- Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent.* 2002;4:255-69.
- 27- Li HP, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of long-term storage on nanoleakage. *Oper Dent.* 2001;26:609-16.