

بررسی آزمایشگاهی استحکام باند طولانی مدت دو نوع سمان رزینی به مینا و عاج دندان

دکتر زهرا جابری انصاری^۱ - دکتر مهدیه دانش منفرد^۲ - دکتر هاله ولی زاده حقی^{۳†}

۱- دانشیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه آموزشی پریودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۳- استادیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

In vitro evaluation of the long-term bond strength of two resin cements to enamel and dentin

Zahra Jaberi Ansari¹, Mahdiah Daneshmonfared², Haleh Valizadeh Haghi^{3†}

1- Associate Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Periodontics, School of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

3†- Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Ardebil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran (hvh_haleh@yahoo.com)

Background and Aims: In this in vitro study, the long-term bond strength of a self-adhesive resin cement and conventional resin cements to human enamel and dentin was compared.

Materials and Methods: 80 sections of intact human third molars were randomly assigned into eight groups according to the cement type [Rely X Unicem (RXU), Rely X ARC (RXA)], bond substrate (enamel, dentin) and the duration of water storage (24 h or 1 year). Rods of cements (0.75×1 mm) were prepared on the top surface of specimens using Tygon tubes. The micro-shear bond strengths of specimens were measured by a micro-tensile tester. Data were analyzed using Wilcoxon signed ranks and Mann Whitney tests ($\alpha=0.05$).

Results: The bond strengths of RXA and RXU cements to enamel after 24h were 18.56±4.08 MPa and 14.99±4.17 MPa, and after 1 year were 19.41±6.24 MPa and 15.51±6.17 MPa, respectively. The bond strengths of RXA and RXU cements to dentin were 13.36±4.02 MPa and 14.16±4.69 MPa after 24h, and 14.63±5.96 MPa and 14.08±6.72 MPa after 1 year, respectively. Tooth substrate had significant effect only on the shear bond strength of RXA cement after 24h ($P=0.01$), while no other significant differences were found in this study ($P>0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, one-step self-adhesive and multi-step conventional resin cements were similarly effective in bonding to enamel and dentin after 1 year water storage.

Key Words: Resin cement, Rely X Unicem, Bond strength

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2014;27(1):37-43

† مؤلف مسؤول: نشانی: اردبیل - میدان جانبازان - خیابان دانشگاه - دانشگاه علوم پزشکی - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی
تلفن: ۵۵۱۲۰۰ نشانی الکترونیک: hvh_haleh@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: در این مطالعه آزمایشگاهی، استحکام باند طولانی مدت یک سمان رزینی سلف- ادهزیو به مینا و عاج انسانی با سمان رزینی معمولی مقایسه شد.

روش بررسی: ۸۰ برش از مولر سوم انسانی سالم، برحسب نوع سمان مصرفی [Rely X Unicem (RXU), Rely X ARC (RXA)]، نوع سوپسترا (مینا و عاج) و مدت زمان نگهداری در آب (۲۴ ساعت و ۱ سال) به ۸ گروه تقسیم شدند. با استفاده از Tygon tubes، استوانه‌های سمان (۷۵×۱ میلی‌متر) بر روی نمونه‌ها تهیه شد و مقادیر استحکام باند ریزبرشی توسط دستگاه Microtensile tester اندازه‌گیری گردید. آنالیز آماری توسط آزمون Wilcoxon signed ranks و Mann Whitney انجام گرفت.

یافته‌ها: استحکام باند سمان‌های RXU و RXA به مینا، پس از ۲۴ ساعت به ترتیب $18/56 \pm 4/08$ MPa و $14/99 \pm 4/17$ MPa و پس از ۱ سال، $19/41 \pm 6/24$ MPa و $15/51 \pm 6/17$ MPa بود. استحکام باند سمان‌ها به عاج، پس از ۲۴ ساعت به ترتیب $13/36 \pm 4/02$ MPa و $14/16 \pm 4/69$ MPa و پس از ۱ سال $14/63 \pm 5/96$ MPa و $14/08 \pm 6/72$ MPa بود. سوپسترای دندانی تنها بر استحکام باند سمان RXA پس از ۲۴ ساعت اثر معنی‌دار داشت ($P=0/01$) و تفاوت معنی‌دار دیگری در مطالعه به دست نیامد ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این مطالعه سمان سلف- ادهزیو RXU و سمان معمولی RXA در اتصال به مینا و عاج پس از یک سال، یکسان عمل کردند.

کلید واژه‌ها: سمان رزینی، Rely X Unicem، استحکام باند

وصول: ۹۲/۰۲/۱۰ اصلاح نهایی: ۹۲/۱۱/۱۳ تأیید چاپ: ۹۲/۱۱/۱۹

مقدمه

ترمیم‌های غیرمستقیم باند شونده، تبدیل به جزیی اساسی در درمان‌های ترمیمی زیبایی معاصر شده‌اند (۱). سمان‌های رزینی و سیستم‌های ادهزیو، جهت اتصال ترمیم‌های غیرمستقیم به ساختار دندان مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل هر دو نوع اچ و شستشو و سلف- اچ می‌باشند (۲،۳).

اخیراً سمان‌های رزینی سلف ادهزیو با هدف کاهش مراحل کار و حساسیت به تکنیک تکامل پیدا کرده‌اند (۴). Rely X Unicem (3M ESPE)، سمان سلف- ادهزیو یونیورسال، اولین محصول از این دسته می‌باشد، که متشکل از یک مونومر مولتی فانکشنال حاوی گروه‌های اسید فسفریک می‌باشد که مینا و عاج را دیمینرالیزه کرده و به آن‌ها نفوذ می‌کند. به این ترتیب گیر میکرومکانیکی تأمین می‌گردد. این سمان به دلیل داشتن MDP (۱۰- متیل کربوکسی دسیل هیدروژن فسفات) قادر به اتصال به انواع مختلف ترمیم‌های سرامیکی و فلزی و ساختار دندان است (۷-۵). سمان بلافاصله پس از اختلاط، اسیدی است و طی فرآیندی مشابه با گلاس آینومر، از طریق واکنش گروه‌های اسید فسفریک با ذرات پرکننده قلیایی، خنثی شده و pH از ۱ به ۶ افزایش می‌یابد. آب

حاصل از این واکنش در هیدروفیل بودن اولیه این سمان دخیل می‌باشد. این ویژگی تحمل رطوبت توسط سمان را افزایش داده و تطابق آن را با ساختار دندانی بهبود می‌بخشد. در انتهای واکنش سخت شدن، سمان هیدروفوب می‌شود که این امر انبساط و حلالیت کم و ثبات طولانی مدت سمان را تأمین می‌کند (۵).

هرچند مواد و روش‌های مختلفی جهت سمان کردن ترمیم‌های زیبایی غیرمستقیم معرفی شده‌اند، اما جدایی سمان از اینترفیس اتصال همچنان مشکلی عمده درمورد این ترمیم‌هاست (۸) و به خوبی اثبات شده است که اتصال عوامل رزینی به مواد ترمیمی و ساختار دندان در معرض تجزیه هیدرولیتیک می‌باشد (۹). برخلاف مطالعات موجود درمورد سمان‌های رزینی معمولی، مطالعات اندکی درمورد استحکام باند طولانی مدت سمان‌های رزینی سلف- ادهزیو انجام گرفته است (۱۰) و هدف از این مطالعه، ارزیابی طولانی مدت اتصال یک سمان رزینی سلف- ادهزیو (Rely X Unicem) به مینا و عاج، در مقایسه با سمان رزینی معمولی (Rely X ARC)، از طریق اندازه‌گیری استحکام باند ریزبرشی پس از ۲۴ ساعت و یک سال نگهداری در آب بود.

روش بررسی

نمونه‌های دندانی قرار داده شد. سمان‌ها براساس دستورالعمل سازنده آماده شده و فضای داخل تیوب‌ها به دقت توسط سمان پر شد و توسط دستگاه لایت کیور (Radiplus, SDI) با شدت 1500 mW/cm^2 نوردهی شد. در هر گروه سمان، در ۲۰ نمونه از بخش مینایی و در ۲۰ نمونه از بخش عاجی نمونه‌ها جهت استقرار استوانه‌های سمان استفاده گردید.

نیمی از نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت و نیمی دیگر یک سال در آب مقطر 37°C درجه در انکوباتور (PECO, Pooya Electronic. Co, Model: PL-455G) نگهداری شدند. در موارد نگهداری یک ساله، آب هر هفته تعویض می‌شد.

جهت ارزیابی استحکام باند ریزبرشی سمان‌ها، نمونه‌ها بر روی فک دستگاه Micro-tensile tester (Bisco Inc USA) قرار داده شدند و نیروی Shear با سرعت 0.5 mm/min Cross-head تا نقطه شکست اعمال گردید. جهت تولید نیروی برشی توسط دستگاه، استوانه‌های فلز ریختگی بر روی یکی از دو فک دستگاه لحیم گردید و با استفاده از یک حلقه سیمی که به دور این استوانه فلزی و استوانه سمان قرار گرفت، نیروی کششی اعمال شده توسط دستگاه به نیروی برشی تبدیل شد (شکل ۱). مقادیر استحکام باند از فرمول زیر به دست آمد.

$$S = F / \pi r^2 \quad F = \text{نیرو} \quad r = \text{شعاع Tygon}$$

جهت بررسی‌های آماری، مقایسه استحکام باند گروه‌ها از نظر نوع سمان و نوع سوبسترا توسط آزمون Mann Whitney و مقایسه در زمان‌های نگهداری مختلف توسط آزمون Wilcoxon signed ranks انجام گرفت. سطح معنی دار 0.05 قرار داده شد. فهرست مواد به کار رفته در مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است.

دندان‌های مولر سوم انسانی سالم پس از Extraction جمع‌آوری و به مدت یک هفته در محلول کلرآمین ۱٪ نگهداری شدند. سپس ریشه دندان‌ها از ناحیه CEJ قطع شد و پس از مانیت در بلوک‌های اکریلی (Aco Pars 2000, Malic Medical industries Co, Tehran, Iran) توسط ماشین برش (hamco machines Inc. 87 Rochester) تحت جریان آب سرد، به موازات محور طولی دندان به برش‌های ۲ میلی‌متری تقسیم گردید و از مجموع دندان‌ها ۸۰ قطعه تهیه شد. قطعات برش یافته توسط سمباده‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ دانه، زیر جریان آب سایش یافتند.

سپس قطعات به طور تصادفی و برحسب نوع سمان (RXA, RXU) نوع سوبسترا (عاج و مینا) و مدت زمان نگهداری در آب (۲۴ ساعت و یک سال) به ۸ گروه تقسیم شدند. (n=۱۰) در گروه‌های سمان RXA، سطح نمونه‌ها با اسید فسفریک ۳۷٪ (Scotchbond etchant, 3M ESPE) به مدت ۱۵ ثانیه اچ شد و به مدت ۱۰ ثانیه شسته و توسط جریان ملایم پوار خشک گردید. سپس دو لایه متوالی از عامل باندینگ (Adper Single bond Plus, 3M ESPE) توسط میکروبراش اعمال شد و به مدت ۵ ثانیه خشک گردید. سپس به مدت ۱۰ ثانیه توسط دستگاه LED (Radiplus, SDI) با شدت 1500 mW/cm^2 کیور شد. در گروه‌های RXU هیچ درمان سطحی بر روی نمونه‌ها انجام نشد.

استوانه‌های سمان توسط (Tygon, Norton per Tygon (Formance plastic, Cleveland, OH, USA) tube با قطر داخلی 0.75 میلی‌متر و ارتفاع ۱ میلی‌متر بر روی



شکل ۱- تصویر دستگاه Micro-tensile tester و استوانه‌های فلزی لحیم شده به فک دستگاه

جدول ۱- لیست مواد مصرفی در مطالعه

ماده	ترکیب اجزای سازنده
Rely X Unicem (256887)	Powder: Glass fillers, Silica, Calcium hydroxide, Self-curing initiators, Pigments, Light cure initiators, Inorganic filler (72% wt.), Particle size<12.5 mm Liquid: Methacrylated phosphoric esters, Dimethacrylates, Acetate, Stabilizers, Self-cure initiators
Rely X ARC (3415A1)	Resin: BisGMA, TEGDMA, Zirconia/silica filler, Dimethacrylate polymer Paste A: Photo-initiator&Amine system, Pigments Paste B: Benzoyl peroxide
Scotch bond etchant	35% Phosphoric acid gel, PH=0.6
Single bond adhesive (Adper) (1122)	Ethanol, HEMA, BisGMA, Polycarboxylic acid copolymer, Water, Photo-initiator system

جدول ۲- مقادیر استحکام باند (مگاپاسکال)

انحراف معیار	میانگین استحکام باند برشی	مدت نگهداری در آب	سمان	سوبسترای دندانی
۴/۱۷	۱۴/۹۹	۲۴ ساعت	R XU	مینا
۶/۱۷	۱۵/۵۱	۱ سال		
۴/۶۹	۱۴/۱۶	۲۴ ساعت		عاج
۶/۷۲	۱۴/۰۸	۱ سال		
۴/۰۸	۱۸/۵۶	۲۴ ساعت	R X A	مینا
۶/۲۴	۱۹/۴۱	۱ سال		
۴/۰۲	۱۳/۳۶	۲۴ ساعت		عاج
۵/۹۶	۱۴/۶۳	۱ سال		

یافته‌ها

که استحکام باند سمان R X A به عاج پس از ۲۴ ساعت به طور معنی‌داری کمتر از مینا بود ($P=0/01$). بررسی اثر زمان نگهداری در آب توسط آزمون Wilcoxon، تفاوت معنی‌داری در مقادیر استحکام باند دو سمان R X U و R X A در زمان‌های ۲۴ ساعت و یک سال در مینا ($P=0/92$ و $P=0/88$) و عاج ($P=0/59$ و $P=0/72$) نشان نداد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه استحکام باند ریزبرشی سمان سلف-آدهزیو یک مرحله‌ای Rely X Unicem به مینا و عاج بعد از ۲۴ ساعت و یک سال نگهداری در آب اندازه‌گیری و با سمان کنترل Rely X ARC سه مرحله‌ای مقایسه شد. در این مطالعه آزمون استحکام باند ریزبرشی مورد استفاده قرار گرفت. این

مقادیر استحکام باند ریزبرشی در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج آزمون Mann Whitney، هیچ تفاوت آماری ما بین استحکام باند R X U و R X A به عاج بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در آب دیده نشد ($P=0/91$) و پس از یک سال نگهداری در آب نیز، استحکام باند R X U به عاج مشابه با R X A بود و تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($P=0/71$). در مورد استحکام باند سمان‌ها به مینا پس از ۲۴ ساعت و یک سال نگهداری در آب تفاوت معنی‌داری در ارتباط با نوع سمان وجود نداشت (به ترتیب $P=0/08$ و $P=0/13$). در بررسی تأثیر سوبسترا بر استحکام باند دو سمان، نتیجه آزمون Mann Whitney نشان داد که نوع سوبسترای دندانی تنها در گروه R X A در ۲۴ ساعت، اثر چشمگیر دارد، به نحوی

اتصال بر پایه گیر میکرومکانیکی و تداخل شیمیایی بین گروه‌های مونومر اسیدی و هیدروکسی آپاتیت می‌باشد و چون ناحیه دیمیرالیزاسیون و عمق نفوذ مونومرها یکسان می‌باشد، میکرولیکج کمی مورد انتظار است (۴).

از آنجایی که عاج حاوی ۲۲٪ آب بوده و اغلب رزین‌ها هیدروفوب هستند، همواره برقراری تعادل در سیستم‌های هیدروفیل-هیدروفوب حایز اهمیت بوده است (۱۷، ۱۸). سمان RXU بلافاصله پس از اختلاط بسیار اسیدی است. این سیستم اسیدی اولیه به منظور حصول ثبات طولانی مدت، بایستی طی پلیمریزاسیون خنثی گردد تا از هیدرولیز ممانعت به عمل آید. عمل خنثی‌سازی از طریق واکنش بین گروه‌های اسید فسفریک و فیلرهای قلیایی صورت می‌گیرد. آب حاصل از این واکنش سبب ایجاد ماهیت هیدروفیل اولیه در سمان می‌گردد متعاقباً آب با گروه‌های فانکشنال اسیدی واکنش داده و یک تغییر هوشمند به سمت ماتریکسی هیدروفوب ایجاد می‌کند (۵).

نقص عمده سیستم‌های ادهزیوکنونی دوام محدود آن‌ها می‌باشد. نگهداری طولانی مدت در آب سبب تخریب هیدرولیتیک اجزاء اینترفیس به ویژه رزین و کلاژن می‌گردد (۱۹). از دست رفتن استحکام باند می‌تواند در اثر فیبریل‌های کلاژنی فاقد نفوذ و حمایت ادهزیو، رخ دهد. در سیستم‌های سلف-اچ نفوذ مونومرهای ادهزیو و عمل اچ همزمان رخ می‌دهند و در نتیجه حضور کلاژن فاقد حمایت حداقل است (۲۰). به علاوه در مقایسه با گیر میکرومکانیکی، مکانیسم سمان سلف-ادهزیو RXU بیشتر متکی بر اتصال شیمیایی است. گروه‌های اسیدی یون‌های کلیسم هیدروکسی آپاتیت را چلاته کرده و مسؤول بخشی از اتصال شیمیایی است (۲۱). به این ترتیب تخریب هیدرولیتیک لایه هیبرید به نحوی که ذکر شد حداقل می‌باشد.

Piwowarczyk و همکاران (۱۲) نشان دادند که استحکام باند سمان‌های RXU و RXA پس از ۱۵۰ روز نگهداری در آب تفاوت آماری معنی‌داری ندارد. در مطالعه Holderegger و همکاران، نگهداری در آب تأثیری در استحکام سمان RXA نداشت (۱۴). براساس نتایج مطالعه حاضر زمان نگهداری در آب

روش، تهیه نمونه‌ها را تسهیل کرده و نتایج دقیقی با انحراف معیار نسبتاً کم حاصل می‌کند (۱۱).

نتایج این مطالعه نشان داد که استحکام باند ریزبرشی RXU به عاج در هر دو زمان نگهداری تفاوت معنی‌داری با سمان کنترل ندارد. Piwowarczyk و همکاران (۱۲) تفاوت معنی‌دار آماری بین استحکام باند سمان‌های RXU، Panavia F، Calibra و RXA به عاج مشاهده نکردند. Hikita و همکاران (۱) نشان دادند که قابلیت اتصال RXU به عاج مشابه سمان‌های Linkmax، Panavia F و Nexus2 می‌باشد. نتایج مشابهی نیز در سایر مطالعات به دست آمد (۱۵-۱۳) که هماهنگ با نتایج مطالعه حاضر می‌باشند.

براساس نتایج به دست آمده تفاوت بین استحکام باند ریزبرشی سمان RXU و سمان کنترل به مینا از نظر آماری معنی‌دار نبود. Abo-hamar و همکاران (۱۳) نشان دادند که استحکام باند کششی RXU به مینا به طور معنی‌داری کمتر از ED-Primer II/ Panavia F2.0، Syntac/ Variolink II و Prime & Bond NT/ DyractCem Plus می‌باشد. یافته‌های آن‌ها مشابه با مطالعات دیگر (۱۶، ۱۵) و در تضاد با نتایج مطالعه ما بود. این نویسندگان بیان کرده‌اند که استحکام باند کمتر RXU به مینا می‌تواند به دلیل عدم آماده‌سازی قبلی مینا باشد (۱۶-۱۳). نشان داده شده است که اسید اچ مینا می‌تواند استحکام باند RXU را تا حد سایر سمان‌ها افزایش دهد (۱۵، ۱۰).

Hikita و همکاران (۱) دریافتند اچ عاج قبل از کاربرد سمان RXU، استحکام باند آن را کاهش می‌دهد. براساس نتایج مطالعه حاضر، RXU مقادیر استحکام باند مشابهی به مینا و عاج نشان داد. به این ترتیب در شرایط کلینیکی، در مقایسه با موادی که تفاوت‌های زیادی در استحکام باند به عاج و مینا نشان می‌دهند، توزیع یکنواخت‌تر استرس درمورد سمان RXU مورد انتظار است (۱۳).

به طور کلی، در سمان RXU متاکریلات‌های فسفات‌هیدروکسیل‌دار سبب دیمیرالیزاسیون دندان و نفوذ رزین می‌گردد. در این سمان

معمولی و چند مرحله‌ای RXA در نظر گرفته شود و نگهداری تا مدت یک سال استحکام باند سمان‌های مورد مطالعه را به عاج و مینا متأثر نمی‌سازد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه براساس پایان‌نامه دوره دکتری عمومی دکتر مهدیه دانش منفرد به راهنمایی دکتر جابری انصاری به شماره ۲۷۶۸ و با همکاری بخش ترمیمی و زیبایی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام یافته است. بدین‌وسیله از زحماتشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

اثر چشمگیری بر استحکام باند ریزبرشی سمان‌ها نداشت که مطابق با مطالعات مذکور می‌باشد. بیان شده است که از دست رفتن مواد معدنی مینا و عاج طی نگهداری در آب می‌تواند به از دست رفتن خصوصیات مکانیکی دندان منجر گردد (۲۲). چنین تخریبی در سوپسترا در طول زمان می‌تواند استحکام باند را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال فلورایدی که توسط مواد آدهزیو آزاد می‌گردد ممکن است محافظتی در برابر این پدیده فراهم کند (۲۳، ۲۴).

با وجود محدودیت‌های این مطالعه *in vitro* کاربرد سمان RXU ممکن است به عنوان جایگزینی برای سمان رزین

منابع:

- Hikita K, Van Meerbeek B, De Munk J, Ikeda T, Van Landuyt K, Miada T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater.* 2007;23(1):71-80.
- Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NA, Pashley D. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilizes self-etching primers to dentin. *J Dent.* 2004;32(1):55-65.
- Perdigao J, Gomes G, Duarte S Jr, Lopes MM. enamel bond strength of pairs of adhesives from the same manufacturers. *Oper Dent* 2005; 30(4):492-9.
- Sailer I, Oendra AE, Stawarczyk B, Hammerle C. The effects of desensitizing resin, resin sealing and provisional cement on the bond strength of dentin luted with self-adhesive and conventional resin cements. *J Prosthet Dent.* 2012;107(4):252-60.
- Radovic I, Monticelli F, Gorracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent.* 2008;10(4):251-8.
- Hitz T, Stawarczyk B, Fischer J, Hammerle CH, Sailer I. Are self-adhesive resin cements a valid alternative to conventional resin cements? A laboratory study of the long term bond strength. *Dent Mater.* 2012;28(11):1183-90.
- Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements. Chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38(4):295-314.
- Van meerbeek B, De Munk J, yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, et al. bounocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
- Yoshida Y, Van meerbeek B, Nakayama Y, Snanwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res.* 2000;79(2):709-14.
- Shimada Y, Tamimatsu N, Suzuki T, Uzzaman MA, Burrow MF, Tagami J. shear bond strength of tooth colored indirect restorations bonded to coronal and cervical enamel. *Oper Dent.* 2005;30(4):468-73.
- Kalender A, Onal B, Turkun M, Dalgac H, Haytan B. shear bond strength of three different resin luting cements to bovine teeth. *Gen Dent.* 2005;53(1):38-42.
- Piwowarczyk A, Benderb R, Ottl P, Lauera HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissues. *Dent Mater.* 2007;23(2):211-7.
- Abo-hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G. bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig.* 2005;9(3):161-7.
- Holderegger C, Sailer I, Schuhmacher C, Schalpfer R, Hammerle C, Fischer J. shear bond strength of resin cements to human dentin. *Dent Mater.* 2008;24(7):944-50.
- De Munk J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater.* 2004;20(10):963-71.
- Johnson JC, Burgess JO, Blatz MB. Bond of new resin cements to enamel, dentin and alumina. *J Dent Res.* 2004;83.
- Alavi AA, Kianimanesh N. Microleakage of direct and indirect composite restorations with three dentin bonding agents. *Oper Dent.* 2002; 27(1):19-24.
- Burke FJ, Combe EC, Douglas WH. Dentin bonding systems: 1-mode and action. *Dent Update.* 2000;27(2):85-8,90,92-3.
- De Munk J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of durability of adhesion to tooth tissue; methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32.
- Tomoko A, Asmussen E, Uno S, Tagami J. short and long-term *in vitro* study of the bonding of eight

commercial adhesive to normal and deproteinized dentin. *J Acta Odontol Scand.* 2006;64(4):237-43.

21- Gerth HU, Dammaschke T, Züchner H, Schäfer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyXUnicem and Bifix composites--a comparative study. *Dent Mater.* 2006;22(10):934-41.

22- Habelitz S, Marshall GW, Balooch M, Marshall SJ. Nanoindentation and storage of teeth. *J Biomech.* 2002;35(7):995-8.

23- Han L, Edward C, Okamoto A, Iwaku M. A comparative study of fluoride-releasing adhesive resin materials. *Dent Mater J.* 2002;21(1):9-19.

24- Sadr A, Ansari ZJ, Moezizadeh M, Aminian R, Ghasemi A, Shimada Y, Tagami J, Moayedi S. Effects of one-year storage in water on bond strength of self-etching adhesives to enamel and dentin. *J Dent Mater.* 2008;27(2):266-72.