

An Evaluation of the Bond Strength of Universal Adhesives to Amalgam-Contaminated Dentin in Resin Composite Restorations

T. Rostamzadeh (DDS, MS)¹ , M. Rashidabadi (DDS)¹ , Z. Hadian (DDS)² ,
A. Hasanzade Haghighi (DDS, MS)^{*2} 

1.Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, I.R.Iran.

2.Department of Orthodontics, School of Dentistry, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, I.R.Iran.

*Corresponding Author: A. Hasanzade Haghighi (DDS, MS)

Address: Department of Orthodontics, School of Dentistry, Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, I.R.Iran.

Tel: +98 (13) 33486496. E-mail: azadehh.hsnzd@gmail.com

Article Type ABSTRACT

Research Paper

Background and Objective: The substitution of amalgam restorations with composite resin has consistently been a matter of clinical concern, primarily due to the potential for dentin contamination by residual amalgam particles and the subsequent adverse effects on adhesive bond strength. This study aimed to evaluate the microshear bond strength of a universal adhesive to amalgam-contaminated dentin in composite resin restorations.

Methods: In this in vitro study, a total of 32 sound premolar teeth were randomly assigned to 8 experimental groups, with 4 teeth per group and 2 bonded specimens prepared from each tooth. The groups were defined as follows: G1 and G2 served as negative controls (healthy, non-contaminated dentin) using self-etch and etch-and-rinse adhesive application modes, respectively. G3 and G4 received contaminated dentin treated with self-etch and etch-and-rinse modes, respectively. G5 and G6 received contaminated dentin followed by application of 2% chlorhexidine prior to adhesive application in self-etch and etch-and-rinse modes, respectively. G7 and G8 received contaminated dentin followed by removal of a 0.5 mm layer of superficial dentin, again using self-etch and etch-and-rinse modes, respectively. After the occlusal enamel was removed, all groups except the control groups received amalgam restorations. The specimens were then subjected to thermocycling (10,000 cycles, temperatures ranging from 5°C to 55°C). Subsequently, the amalgam was removed, and a universal adhesive was applied to the dentin surfaces, followed by fabrication of composite resin cylinders. Microshear bond strength (μ SBS) was measured at a crosshead speed of 0.5 mm/min after additional thermocycling, and failure patterns were examined using a stereomicroscope.

Findings: The highest mean bond strength values were observed in the control groups: G1 (self-etch) yielded 17.80 ± 3.78 MPa, and G2 (etch-and-rinse) yielded 18.88 ± 3.44 MPa. In contrast, the lowest values were recorded in the dentin removal groups: G7 (self-etch) at 12.89 ± 3.45 MPa and G8 (etch-and-rinse) at 13.84 ± 4.35 MPa. Statistical analysis revealed that the bond strengths of G1 and G2 were significantly superior to those of G4 (contaminated dentin, etch-and-rinse), G7, and G8. However, groups pretreated with 2% chlorhexidine (G5 and G6) did not demonstrate statistically significant differences compared to controls. Furthermore, no significant association was found between bond strength values and failure types, nor between failure patterns and the etching mode employed.

Conclusion: The findings of this study revealed that the universal adhesive system, when used in self-etch mode, produced bond strength results on amalgam-contaminated dentin that were similar to those obtained on healthy, non-contaminated dentin. Furthermore, the application of 2% chlorhexidine helped preserve bond strength values. Conversely, the removal of excessive dentin (0.5 mm) is not recommended as it led to reduced bond strength.

Keywords: Universal Adhesive, Dentin Adhesion, Microtensile Bond Strength, Chlorhexidine.

Received:

May 9th 2025

Revised:

Jun 22nd 2025

Accepted:

Nov 5th 2025

Cite this article: Rostamzadeh T, Rashidabadi M, Hadian Z, Hasanzade Haghighi A. An Evaluation of the Bond Strength of Universal Adhesives to Amalgam-Contaminated Dentin in Resin Composite Restorations. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 2026; 28: e25.



بررسی استحکام باند ادهزیو یونیورسال به عاج آلوده به آمالگام در ترمیم‌های کامپوزیت رزین

طیبه رستم زاده (DDS, MS)^۱، محمدجواد رشیدآبادی (DDS)^۱، زهرا هادیان (DDS)^۲،
آزاده حسن زاده حقیقی (DDS, MS)^{۲*}

۱. گروه ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران
۲. گروه ارتودنسی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران

نوع مقاله	چکیده
مقاله پژوهشی	سابقه و هدف: جایگزینی آمالگام با کامپوزیت به دلیل نگرانی از آلودگی عاج و تأثیر بر استحکام باند، همواره مورد توجه بوده است. هدف از این مطالعه ارزیابی استحکام باند ریزبرشی ادهزیو یونیورسال به عاج آلوده به آمالگام در ترمیم‌های کامپوزیت می‌باشد. مواد و روش‌ها: در این مطالعه آزمایشگاهی، ۳۳ دندان پرمولر سالم به ۸ گروه (هر گروه ۴ دندان، هر دندان ۲ نمونه) تقسیم شدند: G1 و G2 به عنوان گروه کنترل (به ترتیب عاج سالم در روش سلف-اچ و اچ-شستشو). G3 و G4 (به ترتیب عاج آلوده در روش سلف-اچ و اچ-شستشو). G5 و G6 (به ترتیب عاج آلوده و کلرگزیدین ۲٪ در روش سلف-اچ و اچ-شستشو). G7 و G8 (به ترتیب عاج آلوده و برداشت ۰/۵ میلی‌متر عاج در روش سلف-اچ و اچ-شستشو). پس از برداشت مینای اکلوژال، گروه‌ها به جز کنترل، ترمیم آمالگام دریافت کردند. پس از ترموسایکلینگ (۱۰۰۰۰ سیکل، دمای ۵ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد) و برداشت آمالگام، سطح عاج با ادهزیو یونیورسال باند و سیلندرهای کامپوزیتی ساخته شد. استحکام باند ریزبرشی (μSBS) با سرعت ۰/۵ میلی‌متر/دقیقه پس از ترموسایکلینگ مجدد اندازه‌گیری و الگوهای شکست با استریومیکروسکوپ بررسی شد. یافته‌ها: گروه‌های کنترل (G1 و G2) به ترتیب با مقادیر $17/80 \pm 3/78$ مگاپاسکال و $18/88 \pm 3/44$ مگاپاسکال بالاترین میانگین استحکام باند و گروه‌های با برداشت عاج (G7 و G8) به ترتیب با $12/89 \pm 3/45$ مگاپاسکال و $13/84 \pm 4/35$ مگاپاسکال، کمترین مقادیر را نشان دادند. استحکام باند G1 و G2 به طور معنی‌داری بالاتر از G4، G7 و G8 بود، در حالی که گروه‌های پیش‌درمانی شده با کلرگزیدین تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. ارتباط معنی‌داری بین استحکام باند و انواع شکست یا الگوی شکست و روش اپچینگ مشاهده نشد. نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که ادهزیو یونیورسال در حالت سلف اچ روی عاج آلوده، نتایجی مشابه عاج سالم دارد. کلرگزیدین باعث حفظ استحکام باند شد، اما برداشت بیش از حد عاج توصیه نمی‌شود. واژه‌های کلیدی: ادهزیو یونیورسال، ادهیزن به عاج، استحکام باند ریزکشی، کلرگزیدین.
دریافت:	۱۴۰۴/۲/۱۹
اصلاح:	۱۴۰۴/۴/۱
پذیرش:	۱۴۰۴/۸/۱۴
استناد:	طیبه رستم زاده، محمدجواد رشیدآبادی، زهرا هادیان، آزاده حسن زاده حقیقی. بررسی استحکام باند ادهزیو یونیورسال به عاج آلوده به آمالگام در ترمیم‌های کامپوزیت رزین. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بابل. ۱۴۰۵؛ ۲۸: ۲۵.

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتر محمدجواد رشیدآبادی دانشجوی رشته دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی گیلان می‌باشد.

* مسئول مقاله: دکتر آزاده حسن زاده حقیقی

رایانامه: azadehh.hsnzd@gmail.com

آدرس: یاسوج، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، دانشکده دندانپزشکی، گروه ارتودنسی. تلفن: ۰۳۳۴۸۶۴۹۶-۰۱۳

مقدمه

در دندانپزشکی ترمیمی، آمالگام به عنوان یکی از مواد مرسوم و پرکاربرد برای ترمیم دندان‌ها شناخته می‌شود (۱و۲). با این حال، به دلیل مشکلات زیست‌محیطی و زیبایی‌شناختی، مواد ترمیمی جدیدی مانند رزین کامپوزیت‌ها به طور فزاینده‌ای به عنوان جایگزین آمالگام استفاده می‌شوند (۳-۵). یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از این مواد، عدم اطمینان در خصوص باند صحیح آن‌ها به عاج آلوده به آمالگام است (۶)، اما زیبایی برتر، خواص مکانیکی مطلوب و توانایی باند موثر به ساختار دندان‌های خلفی را دارا هستند (۷و۸).

از طرفی، موفقیت بالینی ترمیم‌های کامپوزیت اساساً وابسته به باندینگ مطمئن است (۹). مطالعات علمی نشان می‌دهند که سیستم‌های ادهزیو یونیورسال این فرآیند را با پروتکل‌های ساده‌تر و عملکرد بهتر تسهیل کرده‌اند (۱۰و۱۱). این مواد با بهره‌گیری از شیمی ۱۰-MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate)، پیوندهای پایداری با بسترهای مختلف از جمله عاج (تحت شرایط رطوبتی مختلف)، مینا، سرامیک‌ها و فلزات ایجاد می‌کنند، (۱۰و۱۱). از دیگر مزایای این مواد می‌توان به کاربرد تک‌مرحله‌ای، بهبود یکپارچگی مارجینال و سازگاری با ترمیم‌های غیر مستقیم اشاره کرد (۱۲). یکی از چالش‌های مهم در حین جایگزینی آمالگام، آلودگی عاج زیرین به محصولات کروژن فلزی (قلع، روی، مس) در طول زمان است (۱۳). شواهد متعددی نشان داده‌اند که این باقیمانده‌های فلزی می‌توانند عملکرد باند را تضعیف کنند (۱۵-۱۳). Harnirattisai و همکاران کاهش معنی‌دار استحکام باند ریز برشی را در عاج تغییر رنگ یافته زیر ترمیم‌های آمالگام در مقایسه با عاج سالم، با هر دو سیستم اچ-شستشو و سلف-اچ گزارش کردند (۱۴). مطالعات موجود در خصوص باندینگ به عاج آلوده به آمالگام، نتایج متناقضی نشان داده‌اند. در مطالعه Harnirattisai و همکاران کاهش ۳۰-۲۰٪ در استحکام باند عاج آلوده گزارش شده است (۱۴). ولی در مطالعه Scholtanus اختلاف معنی‌داری در استحکام باند بین عاج آلوده به قلع/روی و عاج سالم با استفاده از سیستم‌های چندمرحله‌ای اچ-شستشو مشاهده نشد (۱۳).

با این حال، کاربرد ادهزیوهای یونیورسال در این زمینه کمتر بررسی شده است. یافته‌های اخیر حاکی از آن است که آلودگی با آلومینیوم کلراید، باندینگ سلف-اچ را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد اما بر اچ-شستشو اثر ندارد (۱۶). آلودگی شش‌ماهه با آمالگام باعث کاهش استحکام باند شده و برداشت عاج این اثر را تشدید می‌کند (۱۵). پیش‌درمانی با کلرهگزیدین، گرچه تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده، اما روند بهبود باند در عاج آلوده را نشان داده است (۱۷). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که آلودگی عاج به مواد آمالگام ممکن است استحکام باند مواد ترمیمی را کاهش دهد. در این میان، استفاده از سیستم‌های ادهزیو یونیورسال و پیش‌درمانی با کلرهگزیدین به عنوان راهکاری برای بهبود باند مطرح شده است. از طرفی، برداشتن عاج به مقدار اندک در هنگام ترمیم، ممکن است تأثیر منفی بر استحکام داشته باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی استحکام باند برشی یک ادهزیو یونیورسال به عاج آلوده به آمالگام و تأثیر حذف قسمتی از عاج و نیز پیش‌درمانی با کلرهگزیدین می‌باشد.

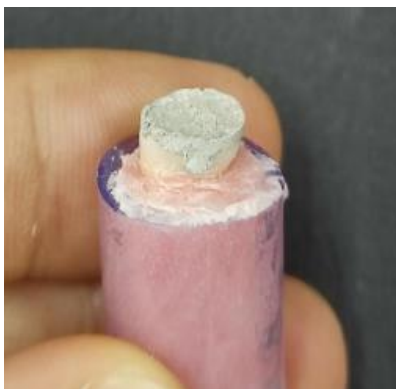
مواد و روش‌ها

این مطالعه آزمایشگاهی پس از تأیید در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گیلان با کد IR.GUMS.REC.1402.182 انجام گرفت. حجم نمونه بر اساس مطالعه پالوت و با استفاده از نرم‌افزار PASS نسخه ۱۱ (شرکت NCSS LLC، ایالات متحده) محاسبه شد. در مجموع از ۳۲ دندان پرمولر انسانی سالم و فاقد پوسیدگی که به دلایل ارتودنسی یا پرودنتال از کلینیک‌های دندانپزشکی تهیه شده بودند، استفاده شد. مطالعه شامل هشت گروه آزمایشی بود که هر گروه از چهار دندان تشکیل می‌شد (از هر دندان دو نمونه مجزا تهیه شد) و نمونه‌ها به صورت تصادفی به گروه‌ها تخصیص داده شدند. گروه‌ها به ترتیب عبارت بودند از: G1 و G2 (گروه‌های کنترل، عاج سالم، روش‌های اچینگ: سلف-اچ (Self-etch) و اچ-شستشو (etch-and-rinse)؛ G3 و G4 (عاج آلوده به آمالگام؛ سلف-اچ / اچ-شستشو)؛ G5 و G6 (عاج آلوده به آمالگام همراه با درمان کلرهگزیدین ۲٪؛ سلف-اچ / اچ-شستشو) و G7 و G8 (عاج آلوده به آمالگام با برداشت ۰/۵ میلی‌متر از عاج سطحی، سلف-اچ / اچ-شستشو). پرمولرهای دارای تاج سالم، بدون پوسیدگی، ترک یا شکستگی و بدون ترمیم قبلی یا نقص ساختاری وارد مطالعه شدند و دندان‌های دارای پوسیدگی گسترده، ترک یا ترمیم قبلی از مطالعه حذف شدند. متغیرهای مطالعه عبارت بودند از نوع روش اچینگ (سلف-اچ در برابر اچ-شستشو) به عنوان متغیر مستقل و استحکام باند برشی به عنوان متغیر وابسته (جدول ۱).

جدول ۱. مواد مورد استفاده و ترکیبات آن

مواد	برند	ترکیبات
یونیورسال All Bond	Bisco, Schaumburg, IL, آمریکا	BisGMA, 2-Hydroxyethyl Methacrylate, 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate, Ethyl 4-dimethylaminobenzoate
Cavity Cleanser	Bisco, Itasca, IL, آمریکا	2% chlorhexidine digluconate
کامپوزیت رزین opalis, رنگ A2	FGM dental products, Joinville, برزیل	Bis (GMA), Bis (EMA), UDMA, TEGDMA, barium-aluminum, silanized silicate and nanoparticles of silicon dioxide, camphor quinone, accelerators, stabilizers and pigments

آماده سازی نمونه‌ها: دندان‌ها با غوطه‌ور شدن در محلول تیمول ۰/۰۲۵٪ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت حداکثر ۱۴ روز ضدعفونی شدند و سپس در رزین آکرلیک خودپخت (Marlic Co, Acropars، ایران) فیکس گردیدند. برای نمایان‌سازی عاج میانی تاج، مینای اکلوژال تحت خنک‌سازی با آب برداشته شد و حذف کامل مینا تحت استریو میکروسکوپ (بزرگ‌نمایی ۵۰×، Motic B1، چین) تأیید گردید. در گروه‌های G3 تا G8، حفره‌هایی به عمق و قطر ۱/۵ میلی‌متر در مزیال و دیستال با فرز کارباید (شماره ۸۳۵/۰۰۸، TeesKavan، ایران) جهت تامین گیر ترمیم، تعبیه شد. جهت تسهیل تثبیت آمالگام، نوارهای ماتریکس به ارتفاع ۱/۵ میلی‌متر در اطراف سطح اکلوژال قرار گرفت و آمالگام درون حفره‌ها و روی سطح اکلوژال تا ارتفاع ۱/۵ میلی‌متر متراکم شد (شکل ۱). پس از ۶۰ دقیقه ست شدن، نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

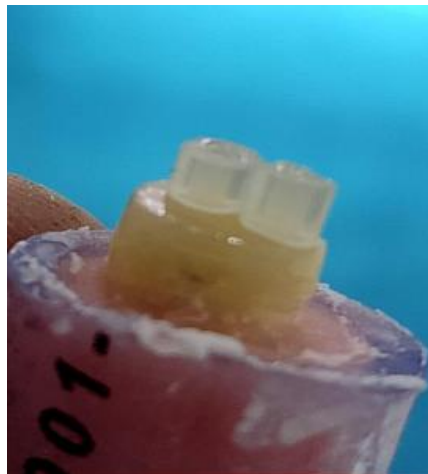


شکل ۱. آمالگام قرار داده شده روی سطح اکلوژال و حفره‌های مزیال و دیستال

نمونه‌ها تحت ترموسایکلینگ قرار گرفتند (۱۰۰۰۰ سیکل، دمای ۵۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد، زمان توقف ۳۰ ثانیه، دستگاه Delta DBBP-2، کره جنوبی). پس از اتمام ترموسایکلینگ، آمالگام با ابزار غیر برنده به طور مکانیکی حذف شد.

فرآیند ترمیم: ادهزیو یونیورسال (All-Bond Universal®، بیسکو، آمریکا) مطابق دستور سازنده روی همه نمونه‌ها اعمال شد. در پروتکل اچ-شستشو، اسید فسفریک ۳۷٪ به مدت ۱۵ ثانیه اعمال، سپس شستشو با آب و خشک کردن با پنبه انجام شد. در پروتکل سلف-اچ، ماده به صورت مالش فعال به مدت ۲۰ ثانیه اعمال و سپس جریان ملایم هوا برای تبخیر حلال به کار رفت. در گروه‌هایی که درمان با کلرهگزیدین داشتند، محلول کلرهگزیدین ۲٪ به مدت ۶۰ ثانیه پیش از باندینگ اعمال شد و سپس با جریان ملایم هوا خشک گردید.

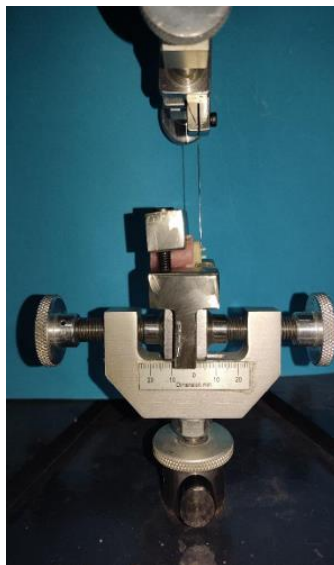
لوله‌های Tygon® (با قطر ۱ mm و ارتفاع ۲ mm، ساخت شرکت Small Parts Inc، آمریکا) روی ناحیه یک سوم باکال و لینگوال هر دندان قرار داده شدند و براساس پروتکل هرگروه به عاج باند شدند. کامپوزیت رزین با تکنیک لایه لایه قرار داده شد و هر لایه به مدت ۲۰ ثانیه با شدت ۱۲۰۰ mW/cm² (توسط دستگاه Bluedent LED، بلغارستان) کیور شد (شکل ۲).



شکل ۲. سیلندرهای کامپوزیت ساخته شده به وسیله لوله‌های تایگون (به قطر ۱ mm و ارتفاع ۲ mm) قرار داده شده روی سطح باکال و لینگوال

پیش از هر بار کیور، شدت خروجی دستگاه لایت-کیور با رادیومتر LED (Woodpecker Medical، چین) کالیبره شد. پس از کیورینگ، لوله‌های Tygon® برداشته شدند و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۲۵°C غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌ها مجدداً تحت ترموسایکلینگ قرار گرفتند (۱۰,۰۰۰ سیکل، پارامترهای یکسان).

تست استحکام باند ریزبرشی: تست استحکام باند ریزبرشی با دستگاه تست یونیورسال (با سرعت ۰/۵ میلی‌متر در دقیقه، STM-20، سانتام، ایران) و روش wire-loop انجام شد (شکل ۳). نتایج استحکام باند (با تقسیم حداکثر نیرو در نقطه شکست بر سطح مقطع نمونه) برحسب مگاپاسکال محاسبه گردید.



شکل ۳. تست استحکام باند ریزبرشی به روش وایرلوپ

بررسی الگوی شکست: الگوهای شکست با استریومیکروسکوپ (بزرگنمایی ۲/۵x، MotiC DM-143-FBGG، چین) بررسی و بر اساس محل وقوع شکست به سه دسته طبقه بندی شدند: شکست آدهزیو (وقتی بیش از ۸۰٪ سطح شکست در ناحیه آدهزیو یا در محل اتصال آدهزیو و کامپوزیت رخ داده باشد)، شکست کوهرزیو (وقتی بیش از ۸۰٪ سطح شکست‌ها در کامپوزیت رخ داده باشد) و شکست ترکیبی (زمانی که هر دو شکست آدهزیو و کوهرزیو مشاهده شود). (۱۸)

تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۸ (شرکت IBM، ایالات متحده آمریکا) انجام شد. برای بررسی اثر متقابل عوامل بر استحکام باند از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) استفاده و مقایسه‌های جفتی تعقیبی با آزمون توکی (Tukey post hoc) انجام گردید. همبستگی بین استحکام باند و نوع الگوی شکست با ضریب اسپیرمن ارزیابی شد و توزیع الگوی شکست بین روش‌های اچینگ با آزمون من-ویتنی U بررسی گردید و $p \leq 0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

آزمون آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مطابق نتایج حاصل، گروه‌های کنترل (G1 و G2) بالاترین میانگین استحکام باند را نشان دادند (به ترتیب $17/80 \pm 3/78$ مگاپاسکال و $18/88 \pm 3/44$ مگاپاسکال). در مقابل، گروه‌های با برداشت عاج (G7 و G8) کمترین مقادیر را داشتند (به ترتیب $12/89 \pm 3/45$ مگاپاسکال و $13/84 \pm 4/35$ مگاپاسکال) ($p = 0/048$) (جدول ۲).

تست تعقیبی توکی نشان داد که G1 استحکام باند ریز برشی بالاتری نسبت به G7 داشت ($17/80$ در برابر $12/89$ مگاپاسکال، $p = 0/001$) و همچنین G2 استحکام باند به طور قابل توجه بالاتری نسبت به G4 ($18/88$ در مقابل $14/62$ مگاپاسکال، $p = 0/04$) و G8 ($18/88$ در برابر $13/84$ مگاپاسکال و $p = 0/01$) داشت. سایر مقایسه‌ها، اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. گروه‌های تحت درمان با کلرهگزیدین (G5، G6) مقادیر میانی را نشان دادند که تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل یا سایر گروه‌های آلوده نداشت.

تحلیل همبستگی اسپیرمن هیچ ارتباط آماری معنی‌داری بین استحکام باند و انواع شکست نشان نداد (شکست ادهزیو: $TS = 0/330$ ، $p = 0/425$ ؛ شکست ترکیبی: $TS = 0/330$ ، $p = 0/425$). به طور مشابه، آزمون من ویتنی نیز هیچ تفاوت آماری معنی‌داری در توزیع الگوی شکست بین روش‌های اچینگ نشان نداد (جدول ۳). شکست‌های ادهزیو بیشترین فراوانی را داشتند ($67/2\%$)، که نشان می‌دهد سطح اتصال ادهزیو-عاج، نشان دهنده محل اصلی ضعف باند است (شکل ۴).

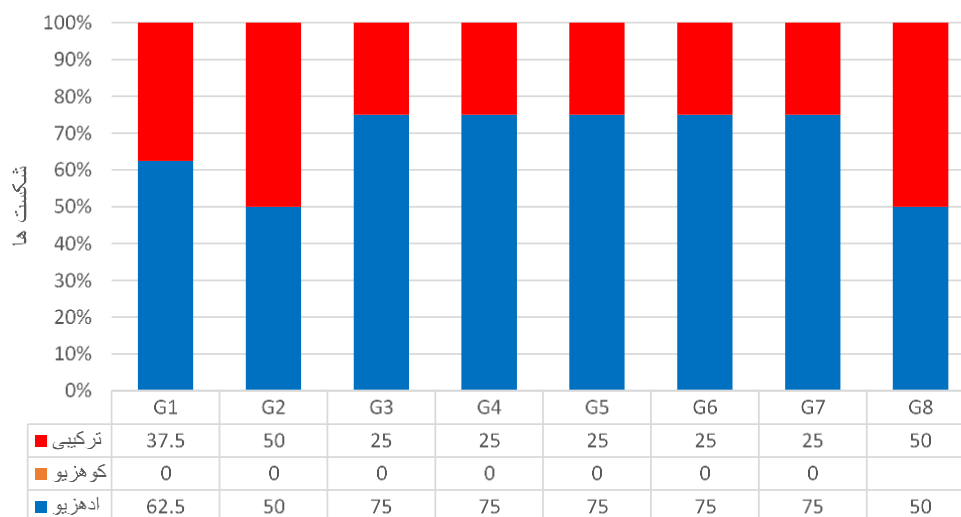
جدول ۲. استحکام باند ادهزیو یونیورسال در هر گروه و مقایسه با گروه کنترل

گروه	حداقل-حداکثر	Mean±SD	مقایسه با کنترل (اختلاف میانگین)
سلف اچ			
G1 (کنترل)	۱۲/۲۱-۲۲/۸۴	$17/80 \pm 3/78$	
G3 (بدون آماده سازی)	۸/۴۸-۲۰/۳۰	$14/05 \pm 4/46$	۳/۷۵
G5 (کلرهگزیدین)	۸/۴۴-۲۰/۵۷	$15/50 \pm 4/42$	۲/۳۰
G7 (برداشت عاج)	۸/۶۰-۱۶/۵۹	$12/89 \pm 3/45$	۴/۹۱
اچ-شستشو			
G2 (کنترل)	۱۴/۰۲-۲۲/۹۱	$18/88 \pm 3/44$	
G4 (بدون آماده سازی)	۹/۲۷-۲۱/۱۷	$14/62 \pm 3/84$	۴/۲۶
G6 (کلرهگزیدین)	۹/۲۷-۲۲/۹۱	$16/05 \pm 4/36$	۲/۸۲
G8 (برداشت عاج)	۹/۱۲-۲۰/۶۳	$13/84 \pm 4/35$	۵/۰۴

جدول ۳. ارتباط روش‌های اچینگ و انواع شکست

روش	نمونه	نوع شکست	p-value*
سلف اچ	۲۳	Adhesive	۰/۳۱۷
اچ-شستشو	۲۰	Adhesive	۰/۳۱۷
سلف اچ	۹	Mixed	۰/۳۱۷
اچ-شستشو	۱۲	Mixed	۰/۳۱۷

*Mann-Whitney U



شکل ۴. انواع شکست در هر گروه

بحث و نتیجه گیری

یافته اصلی این مطالعه نشان داد که استفاده از ادهزیو یونیورسال در روش سلف-اچ بر روی عاج آلوده به آمالگام، منجر به ایجاد استحکام باندی مشابه با عاج سالم گردید. در مقابل، کاربرد روش اچ-شستشو (بدون درمان کمکی)، به طور معنی داری موجب کاهش استحکام باند شد. این تفاوت می تواند به شیمی عملکردی ادهزیوهای یونیورسال مرتبط باشد. مونومرهای ۱۰-MDP موجود در این مواد، با زیرلایه های فلزی ترکیب شده و نمک نامحلول MDP-کلسیم تشکیل می دهند، در حالی که همزمان به واسطه خاصیت اسیدی خود، فرآیند اچ را نیز انجام می دهند (۲۱-۱۹). از سوی دیگر، اچ با اسید فسفریک ۳۷٪ در پروتکل اچ-شستشو، یون های کلسیم را حذف کرده و شبکه ای از فیبرهای کلاژن هیدراته برجای می گذارد. این وضعیت به دلیل نبود کلسیم کافی برای تشکیل نمک پایدار MDP-کلسیم، به ویژه پس از aging، موجب تضعیف یکپارچگی باند در بلند مدت می شود (۲۲). بنابراین کاربرد سلف اچ هنگام استفاده از ادهزیو یونیورسال، کارایی بهتری را برای عاج آلوده به آمالگام نشان می دهد.

کاهش قابل توجهی در استحکام باند با استفاده از روش اچ و شستشو بر روی عاج آلوده به آمالگام مشاهده شد که با مطالعات Harnirattisai و همکاران (۱۴) و Alshehri و همکاران (۱۷) همراستا است که کاهش باند در عاج آلوده را صرف نظر از تکنیک گزارش کرده اند. Ghavamnasiri و همکاران (۱۵) نیز به طور مشابه کاهش معنی دار استحکام باند را پس از شش ماه aging مصنوعی بیان کرده اند. به نظر می رسد این افت عملکرد، ناشی از محصولات کروژن آمالگام نظیر یون های روی باشد که نفوذ مونومرهای رزینی و فرآیند پلیمریزاسیون را مختل می کنند (۱۶ و ۱۵)، در حالی که سولفید نقره با اتصال به فیبریل های کلاژن موجب ناپایداری لایه هیبرید می گردد (۱۹).

پیش درمانی با کلرهگزیدین در گروه های اچ-شستشو، استحکام باند را به سطح گروه کنترل بازگرداند که نشان دهنده کارایی بالینی آن در کنار ادهزیوهای یونیورسال است. در گروه های سلف اچ نیز، استفاده از کلرهگزیدین موجب حفظ استحکام باند در حد عاج سالم شد. این نتایج با یافته های Alshehri و همکاران (۱۷) در مورد اثربخشی سلف اچ و گزارش Rayar و همکاران (۲۳) مبنی بر بهبود باند با کلرهگزیدین همخوانی دارد. کلرهگزیدین به عنوان مهارکننده ماتریکس متالوپروتئیناز (MMP)، با مهار تخریب آنزیمی و نانولیکچ، موجب حفظ لایه هیبرید می گردد (۲۵ و ۲۴).

برداشت ۰/۵ میلی متر از عاج باعث کاهش معنی دار استحکام باند در هر دو روش اچ-شستشو و سلف اچ شد. این نتایج با گزارش های Alshehri و همکاران (۱۷)، Ghavamnasiri و همکاران (۱۵) و Almozher و همکاران (۲۶) مطابقت دارد. این کاهش به تغییر ویژگی های بستر عاج از جمله افزایش تراکم توپول ها، افزایش محتوای آب، کاهش عاج بین توپولی و باقی ماندن محصولات خوردگی نسبت داده می شود (۲۸ و ۲۷). بنابراین، برداشت عاج در زمان جایگزینی ترمیم های آمالگام توصیه نمی شود.

شکست‌های ادهزیو با فراوانی ۶۷/۲٪ در تمامی گروه‌ها غالب بودند و هیچ شکست کوهزیوی مشاهده نشد. این الگو با نتایج Luque-Martinez و همکاران (۲۹)، Muñoz و همکاران (۳۰)، Morsy و همکاران (۳۱) و Daneshkazemi و همکاران (۳۲) هم‌راستا است و نشان می‌دهد که سطح اتصال ادهزیو-عاج محل اصلی بروز شکست است. با این حال، Firat و همکاران (۳۳) نتایج متفاوتی شامل شیوع بالاتر شکست کوهزیو و ترکیبی گزارش کرده‌اند که احتمالاً ناشی از تفاوت در روش بارگذاری یا ابعاد نمونه‌ها بوده است.

هیچ ارتباط آماری معنی‌داری بین نوع شکست و استحکام باند و نیز بین پروتکل‌های اپچینگ و توزیع شکست مشاهده نشد. اگرچه Morsy و همکاران (۳۱) و Sabatini (۳۴) شکست‌های ترکیبی را با استحکام باند بالاتر مرتبط دانسته‌اند، داده‌های این مطالعه که با نتایج Daneshkazemi و همکاران (۳۲) هم‌خوانی دارد، نشان می‌دهد که ادهزیوهای یونیورسال صرف نظر از تکنیک استفاده، الگوی شکست ثابتی را حفظ می‌کنند (۳۵).

این مطالعه با محدودیت‌هایی همراه بود. نخست آن که شرایط آزمایشگاهی، فرآیند پیری مصنوعی (aging) یا محیط پیچیده دهان، به ویژه عدم وجود بزاق مصنوعی به طور کامل شبیه سازی نشده بود. همچنین، محدودیت‌های ذاتی مرتبط با روش تست استحکام باند ریزبرشی (μSBS) از جمله ضرورت انجام باندینگ خارج از لوله Tygon، که ممکن است منجر به نوسان در نتایج گردد و احتمال وارد شدن تنش پیش‌آزمون هنگام خارج‌سازی لوله پیش از انجام آزمون اصلی باید مدنظر قرار گیرد. در نهایت، برای اعتبارسنجی بیشتر یافته‌ها، انجام مطالعات بالینی بلندمدت و بررسی سایر سیستم‌های ادهزیو توصیه می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ادهزیو یونیورسال در حالت سلف‌اج برای عاج آلوده به آمالگام نتایج مشابهی از نظر استحکام باند برشی با عاج سالم به همراه دارد. پیش‌درمانی با کلرهگزیدین استحکام باند را حفظ کرده و حذف ۰/۵ میلی‌متر از عاج نیز باعث کاهش معنی‌دار در استحکام باند می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از بخش دندانپزشکی ترمیمی دانشگاه علوم پزشکی گیلان به دلیل فراهم سازی دستگاه تست یونیورسال و تجهیزات ترموسایکلینگ قدردانی می‌گردد.

References

1. Bharti R, Wadhvani KK, Tikku AP, Chandra A. Dental amalgam: An update. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):204-8.
2. Al-Asmar AA, Ha Sabrah A, Abd-Raheem IM, Ismail NH, Oweis YG. Clinical evaluation of reasons for replacement of amalgam vs composite posterior restorations. *Saudi Dent J*. 2023;35(3):275-81.
3. Mjor IA. Placement and replacement of restorations. *Oper. Dent*. 1981;6:49-54.
4. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater*. 2007;23(1):2-8.
5. Drake CW, Maryniuk GA, Bentley C. Reasons for restoration replacement: differences in practice patterns. *Quintessence Int*. 1990;21(2):125-30.
6. Gordan VV, Riley JL 3rd, Worley DC, Gilbert GH; DPBRN Collaborative Group. Restorative material and other tooth-specific variables associated with the decision to repair or replace defective restorations: findings from The Dental PBRN. *J Dent*. 2012;40(5):397-405.
7. Strassler HE, Ganesh N. Posterior Composite Resin Restorations: Keys to Long-Term Survivability. *Compend Contin Educ Dent*. 2019;40(2):120.
8. Sharma A, Mishra P, Jain S, Kumar Singh S, Kishnani SJ. Comparative Evaluation of Effect of Different Surface Pretreatments on Bond Strengths of Thermocycled Composite and Amalgam Rerestored with Composite Resin: An In Vitro Study. *Int J Prosthodont Restor Dent*. 2022;12(3):125-32.
9. Moraschini V, Fai CK, Alto RM, Dos Santos GO. Amalgam and resin composite longevity of posterior restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(9):1043-50.
10. Passia N, Mitsias M, Lehmann F, Kern M. Bond strength of a new generation of universal bonding systems to zirconia ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;62:268-74.
11. Mirzaei K, Ahmadi E, Rafeie N, Abbasi M. The effect of dentin surface pretreatment using dimethyl sulfoxide on the bond strength of a universal bonding agent to dentin. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):250.
12. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2019;12(5):790.
13. Scholtanus JD. Is door amalgaam verkleurd dentine een geschikt substraat voor hechting van composiet? [Is amalgam stained dentin a proper substrate for bonding resin composite?]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. 2016;123(6):313-5.
14. Harnirattisai C, Senawongse P, Tagami J. Microtensile bond strengths of two adhesive resins to discolored dentin after amalgam removal. *J Dent Res*. 2007;86(3):232-6.
15. Ghavamnasiri M, Eslami S, Ameri H, Chasteen JE, Majidinia S, Moghadam FV. Effect of amalgam corrosion products in non-discolored dentin on the bond strength of replaced composite resin. *J Conserv Dent*. 2015;18(1):25-9.
16. Noppawong S, Pratabsingha J, Thamsoonthorn C, Vichathai W, Saikaew P. Bond Strengths of Universal Adhesives to Dentin Contaminated with a Hemostatic Agent. *J Adhes Dent*. 2022;24:421-6.
17. Alshehri N, Bin-Shuwaish M. The Effects of Amalgam Contamination and Different Surface Modifications on Dentin Shear Bond Strength When Using Different Adhesive Protocols. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2021;13:211-21.
18. Abd El Sadek D, Abdel-Fattah WM, Afifi R. Microshear bond strength of indirect composite resin after different surface treatments (in-vitro study). *Alex Dent J*. 2022;47(3):88-94.

19. Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y, Suzuki K, Osaka A, Van Meerbeek B. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *J Dent Res.* 2006;85(10):941-4.
20. Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I, Snauwaert J, De Munck J, Okazaki M, et al. Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *J Dent Res.* 2008;87(8):757-61.
21. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry?. *Compend Contin Educ Dent.* 2015;36(1):15-26.
22. Manfroí FB, Marcondes ML, Somacal DC, Borges GA, Júnior LH, Spohr AM. Bond Strength of a Novel One Bottle Multi-mode Adhesive to Human Dentin After Six Months of Storage. *Open Dent J.* 2016;10:268-77.
23. Rayar S, Sadasiva K, Singh P, Thomas P, Senthilkumar K, Jayasimharaj U. Effect of 2% Chlorhexidine on Resin Bond Strength and Mode of Failure Using Two Different Adhesives on Dentin: An In Vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2019;11(Suppl 2):S325-30.
24. Fure S, Emilson CG. Effect of chlorhexidine gel treatment supplemented with chlorhexidine varnish and resin on mutans streptococci and Actinomyces on root surfaces. *Caries Res.* 1990;24(4):242-7.
25. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjäderhane L, et al. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study. *Dent Mater.* 2010;26(4):320-5.
26. Almozher AA, Alomari M. Bond strength of adhesives to dentin surface treated with chlorhexidine. *J Int Oral Health.* 2016;8(12):1049-56.
27. Zhang YR, Du W, Zhou XD, Yu HY. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci.* 2014;6(2):61-9.
28. Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-37.
29. Luque-Martinez IV, Perdigão J, Muñoz MA, Sezinando A, Reis A, Loguercio AD. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent Mater.* 2014;30(10):1126-35.
30. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013;41(5):404-11.
31. Morsy SM, Moustafa ES, Elsharkawy M. Micro shear bond strength of universal dental adhesives to dentin using different etching modes (in vitro study). *Alex Dent J.* 2020;45(2):84-90.
32. Daneshkazemi P, Danesh Kazemi A, Shafiee F, Ghasemi A. Effect of different etching modes on dentin bond strength of two universal adhesives. *Journal of Mashhad Dental School.* 2019;43(2):112-21.
33. Firat E, Gurgan S, Gutknecht N. Microtensile bond strength of an etch-and-rinse adhesive to enamel and dentin after Er:YAG laser pretreatment with different pulse durations. *Lasers Med Sci.* 2012;27(1):15-21.
34. Sabatini C. Effect of phosphoric acid etching on the shear bond strength of two self-etch adhesives. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(1):56-62.
35. Asaka Y, Miyazaki M, Takamizawa T, Tsubota K, Moore BK. Influence of delayed placement of composites over cured adhesives on dentin bond strength of single-application self-etch systems. *Oper Dent.* 2006;31(1):18-24.