ORIGINAL ARTICLE

Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded with Two One-Step Primer-Containing Composites and a Conventional Composite Used with a Separate Primer: An In Vitro Study

Tahura Etezadi[1]
Melika Mollaei[2]
Ahmad Bajouri[3]
Mehran Armin[1]
Roya Nikbakht[4]
Parastoo Namdar[5]

[1] Assistant Professor, Department of Orthodontics, Dental Research Center, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Research Assistant, Oral and maxillofacial diseases Research Center, Faculty of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
[3] Dentistry Student, Dental Research Center, Student Research Committee, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Biostatistics, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[5] Associate Professor, Department of Orthodontics, Dental Research Center, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received June 30, 2026; Accepted October 31, 2026)

Abstract

Background and purpose: Adequate bracket–enamel bond strength is essential for the success of fixed orthodontic treatment. This study compared the shear bond strength (SBS) of two one-step, primer-containing composites (GC Ortho Connect and Orthocem) with that of the conventional Brace Paste composite used in combination with a separate primer.

Materials and methods: In this in vitro study, 66 sound extracted premolars were randomly assigned to three groups (n = 22 per group). After enamel etching with 37% phosphoric acid, metal brackets were bonded using All-Bond Universal primer and Brace Paste in the control group. In the two experimental groups, GC Ortho Connect and Orthocem were used without an additional primer. The composites were then light-cured. SBS was measured using a universal testing machine. The Adhesive Remnant Index (ARI) was assessed under a stereomicroscope at 10× magnification. Data were analysed using the Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U tests with Bonferroni correction, and Fisher's exact test. The significance level was set at 0.05.

Results: The mean ± standard deviation SBS values for Brace Paste, Orthocem and GC Ortho Connect were 9.90 ± 3.47, 9.73 ± 2.71 and 15.39 ± 5.01 MPa, respectively. The overall difference among the three groups was statistically significant ($P < 0.001$). GC Ortho Connect showed significantly higher SBS than both Brace Paste and Orthocem ($P < 0.001$). No significant association was found between composite type and ARI score distribution ($P = 0.674$). ARI score 2 was the most frequently observed score in all three groups.

Conclusion: The one-step composite GC Ortho Connect achieved the highest SBS, whereas Orthocem showed comparable bond strength to the conventional composite used with a separate primer. ARI score distributions were similar across the three groups. Under laboratory conditions, the use of these primer-containing composites without a separate primer did not result in SBS values below the clinically acceptable threshold.

Keywords: shear strength, orthodontic brackets, dental bonding, dental debonding, composite resins

J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 36 (263): 124-134 (Persian).

Corresponding Author: Parastoo Namdar - Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran E-mail: dds.pnamdar@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و ششم شماره ۲۶۳ آبان سال ۱۴۰۵ (۱۳۴-۱۲۴)

استحکام باند برشی براکت‌های ارتودنسی باندشده با دو کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر در مقایسه با یک کامپوزیت مرسوم با پرایمر جداگانه- یک مطالعه آزمایشگاهی

طهورا اعتضادی[۱]
ملیکا ملائی[۲]
احمد باجوری[۳]
مهران آرمین[۱]
رویا نیکبخت[۴]
پرستو نامدار[۵]

چکیده

سابقه و هدف: استحکام باند مناسب براکت به مینای دندان از عوامل کلیدی موفقیت درمان ارتودنسی ثابت است. هدف از این مطالعه، مقایسه استحکام باند برشی (SBS) دو کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر (GC Ortho Connect و Orthocem) با کامپوزیت مرسوم Brace Paste همراه با پرایمر جداگانه بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه آزمایشگاهی، ۶۶ دندان پرمولر سالم کشیده‌شده به‌صورت تصادفی به سه گروه ۲۲تایی تقسیم شدند. پس از اچ مینا با اسید فسفریک ۳۷ درصد، براکت‌های فلزی در گروه کنترل با پرایمر All-Bond Universal و کامپوزیت Brace Paste و در دو گروه مداخله با کامپوزیت‌های GC Ortho Connect و Orthocem بدون کاربرد پرایمر جداگانه باند و با لایت‌کیور پلیمریزه شدند. آزمون SBS با دستگاه تست یونیورسال انجام و ARI زیر استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰× تعیین شد. داده‌ها با آزمون‌های کروسکال-والیس، من-ویتنی U با تصحیح بونفرونی و دقیق فیشر در سطح معنی‌داری ۰,۰۵ تحلیل شدند.

یافته‌ها: میانگین ± انحراف معیار SBS در گروه‌های Brace Paste، Orthocem و GC Ortho Connect به ترتیب ۹۰/۹ ±۴۷/۳، ۷۳/۹ ±۷۱/۲ و ۳۹/۱۵ ±۰۱/۵ مگاپاسکال بود و تفاوت سه گروه معنی‌دار بود(P =۰/۰۰۱). SBS گروه GC Ortho Connect به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه‌های Brace Paste و Orthocem بود(P =۰/۰۰۱). ارتباط معنی‌داری بین نوع کامپوزیت و توزیع نمرات ARI یافت نشد(P =۰/۶۷۴) و در هر سه گروه نمره ۲ بیشترین فراوانی را داشت.

استنتاج: کامپوزیت تک‌مرحله‌ای GC Ortho Connect بیشترین استحکام باند را ایجاد کرد، Orthocem استحکامی مشابه کامپوزیت مرسوم همراه با پرایمر جداگانه نشان داد و الگوی باقی‌ماندن ادهزیو در سه گروه مشابه بود. بر این اساس، در شرایط آزمایشگاهی، حذف مرحله کاربرد جداگانه پرایمر با استفاده از این کامپوزیت‌ها موجب کاهش استحکام باند به کمتر از سطح قابل قبول بالینی نشد.

واژه های کلیدی: استحکام برشی، براکت‌های ارتودنسی، باندینگ دندانی، دباندینگ دندانی، رزین‌های کامپوزیت

مولف مسئول: پرستو نامدار –ساری، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران **Email:** dds.pnamdar@gmail.com
۱. استادیار، گروه ارتودنسی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دستیار پژوهشی، مرکز تحقیقات بیماری‌های دهان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
۳. دانشجو، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. دانشیار، گروه ارتودنسی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۵//۴/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۵/۴/۲۱ تاریخ تصویب : ۱۴۰۵/۸/۹

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

مقدمه

اتصال مستقیم براکت‌های ارتودنسی به مینای دندان که پس از معرفی تکنیک اچ اسیدی مینا امکان‌پذیر شد و نخستین بار در سال ۱۹۶۵ در ارتودنسی به کار رفت، اساس درمان‌های ارتودنسی ثابت امروزی را تشکیل می‌دهد(۱، ۲). نیروهای ارتودنسی تنها تا زمانی به دندان منتقل می‌شوند که براکت به‌طور پایدار به مینا متصل باقی بماند؛ بنابراین استحکام باند ادهزیو یکی از تعیین‌کننده‌ترین عوامل موفقیت درمان به شمار می‌رود(۳، ۴). استحکام باند برشی (SBS) رایج‌ترین شاخص آزمایشگاهی برای ارزیابی و مقایسه عملکرد ادهزیوهای ارتودنسی است(۵، ۶). ادهزیو باید در طول درمان در برابر نیروهای ارتودنسی، نیروهای جویدن و تغییرات دما و pH محیط دهان مقاومت کند و مقادیر ۶ تا ۸ مگاپاسکال به‌عنوان حداقل استحکام لازم برای کاربرد بالینی پیشنهاد شده است(۷). از سوی دیگر، استحکام باند بیش از حد می‌تواند خطر آسیب و ترک مینا را هنگام دباندینگ افزایش دهد(۸). افزون بر مقدار SBS، محل شکست باند که با شاخص ادهزیو باقی‌مانده (ARI) ارزیابی می‌شود از نظر بالینی اهمیت دارد، زیرا بر خطر آسیب مینا و زمان لازم برای برداشتن ادهزیو باقی‌مانده پس از دباندینگ اثر می‌گذارد(۹، ۱۰).

در روش مرسوم باندینگ، پس از اچ مینا با اسید فسفریک، ابتدا لایه‌ای از پرایمر روی مینای اچ‌شده اعمال می شود و سپس براکت با کامپوزیت ارتودنسی باند می گردد(۱۱). این روش چندمرحله‌ای، با وجود ایجاد استحکام باند قابل اعتماد، با چالش‌هایی همراه است؛ از جمله افزایش تعداد مراحل و زمان کار بالینی، حساسیت تکنیکی بالاتر و افزایش احتمال آلودگی سطح اچ‌شده با بزاق یا رطوبت در فاصله میان مراحل(۱۲، ۱۳). آلودگی سطح مینای آماده‌شده می‌تواند استحکام باند را کاهش دهد، به‌ویژه در نواحی خلفی دهان که ایزولاسیون کامل دشوارتر است(۱۴). از سوی دیگر، جدا شدن براکت در طول درمان رویدادی شایع در عمل بالینی است که به افزایش تعداد جلسات، طول دوره درمان و هزینه‌ها منجر می‌شود(۱۵، ۱۶).

برای غلبه بر این محدودیت‌ها، سیستم‌های ساده‌شده متعددی معرفی شده‌اند؛ از جمله پرایمرهای سلف‌اچ که مراحل اچ و پرایم را ترکیب می‌کنند و ادهزیوهای بدون نیاز به پرایمر یا بدون نیاز به مخلوط کردن(۱۲،۱۷،۱۸). یکی از جدیدترین رویکردها، کامپوزیت‌های ارتودنسی حاوی پرایمر (primer-incorporated) هستند که در آن‌ها مونومرهای عاملی پرایمر در خمیر کامپوزیت ادغام شده‌اند؛ بنابراین پس از اچ مینا، براکت بدون نیاز به کاربرد جداگانه پرایمر و در یک مرحله باند می‌شود(۲۱-۱۹). در این مطالعه، این دسته از مواد «کامپوزیت تک‌مرحله‌ای» نامیده می‌شوند، در حالی که در روش مرسوم، پرایمر و کامپوزیت در دو مرحله جداگانه پس از اچ به کار می‌روند. GC Ortho Connect و Orthocem دو نمونه از این کامپوزیت‌ها هستند که هر دو حاوی مونومرهای فسفاته عاملی‌اند، اما از نظر نوع ماتریکس رزینی و میزان فیلر با یکدیگر تفاوت دارند(۱۳، ۲۲). کارآزمایی‌های بالینی نیز نشان داده‌اند که باندینگ براکت بدون کاربرد پرایمر جداگانه لزوماً با افزایش میزان شکست براکت همراه نیست(۲۳، ۲۴).

با وجود این مزایای بالقوه، نتایج مطالعات درباره عملکرد کامپوزیت‌های تک‌مرحله‌ای متناقض است. SBS کامپوزیت GC Ortho Connect در برخی مطالعات بیشتر از سیستم مرسوم(۲۰)، در برخی مشابه آن(۱۶، ۱۹، ۲۵) و در برخی کمتر از آن(۲۶) گزارش شده است. درباره Orthocem نیز گزارش‌ها از استحکام مشابه سیستم مرسوم(۲۷، ۲۸) تا مقادیر کمتر از آن و نزدیک به حداقل آستانه بالینی(۱۳، ۲۲) متغیر است. علاوه بر این، مطالعاتی که این دو کامپوزیت را به‌طور همزمان و در شرایط آزمایشگاهی یکسان با یکدیگر و با یک کامپوزیت مرسوم مقایسه کرده باشند محدود است(۱۳، ۲۹). این تناقض‌ها و کمبود شواهد مقایسه‌ای، انتخاب آگاهانه ماده باندینگ را برای متخصصان دشوار می‌سازد. از این رو، هدف از این مطالعه آزمایشگاهی،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

مقایسه SBS و ARI براکت‌های فلزی باندشده با دو کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر (GC Ortho Connect و Orthocem) با کامپوزیت مرسوم Brace Paste همراه با پرایمر جداگانه بر روی دندان‌های پرمولر کشیده‌شده انسانی بود. فرضیه‌های صفر این مطالعه عبارت بودند از: (۱) بین سه گروه از نظر SBS تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ و (۲) بین سه گروه از نظر توزیع نمرات ARI تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع آزمایشگاهی (in vitro)، در دانشگاه علوم پزشکی مازندران به اجرا رسید. پروتکل این مطالعه به تصویب کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی مازندران رسید (IR.MAZUMS.REC.۱۴۰۴/۲۲۰). این مطالعه بر روی ۶۶ دندان پرمولر سالم انسانی که به دلایل غیر مرتبط با مطالعه حاضر کشیده شده بودند، صورت گرفت. روش نمونه گیری به صورت در دسترس بود. دندان های پرمولر انسانی با شرایط نداشتن پوسیدگی، نداشتن ضایعات لکه سفید، نداشتن ترک و ترمیم وارد مطالعه شدند. دندان های پرمولری که پوسیدگی، ضایعات لکه سفید، ترک و یا ترمیم داشتند، از مطالعه خارج شدند.حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳/۱ و بر اساس آزمون F برای آنالیز واریانس یک‌طرفه (سه گروه) محاسبه شد. داده‌های مورد نیاز از مطالعه بهرامی و همکاران(۲۰) استخراج شد که میانگین ± انحراف معیار SBS را در گروه‌های GC Ortho Connect، Transbond XT همراه با پرایمر و Transbond XT بدون پرایمر به ترتیب ۱۵/۵۰ ± ۳/۲۵، ۱۲/۶۶ ± ۳/۳۰ و ۱۱/۱۸ ± ۴/۹۴ مگاپاسکال گزارش کرده بود. بر این اساس، تفاوت مورد انتظار بین گروه‌ها معادل تفاوت‌های گزارش‌شده در آن مطالعه در نظر گرفته شد (حدود ۲/۸ مگاپاسکال بین کامپوزیت حاوی پرایمر و کامپوزیت مرسوم همراه با پرایمر و حداکثر ۴,۳ مگاپاسکال بین گروه‌ها) که با اندازه اثر (f) برابر با ۰/۴۶ متناظر است. با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و توان آزمون ۸۰ درصد، حداقل حجم نمونه ۵۱ دندان (۱۷ دندان در هر گروه) به دست آمد. برای جبران خطاهای احتمالی حین آماده‌سازی، مانت و آزمون نمونه‌ها، حجم نمونه به ۶۶ دندان (۲۲ دندان در هر گروه) افزایش یافت.

دندان های جمع آوری شده بعد از تمیز کردن با آب در محلول سالین حداکثر سه ماه نگهداری شدند و سپس با استریومیکروسکوپ (China_۵۲-XTV۰۴۵SZM) با بزرگنمایی ×۱۰ به‌منظور بررسی نداشتن ترک، پوسیدگی، ضایعات لکه سفید و ترمیم در سطح باکال بررسی شدند(۳۰). دندان‌ها به دلایل غیر مرتبط با اهداف مطالعه و عمدتا برای اهداف ارتودنسی کشیده شده بودند. دندان‌ها به صورت تصادفی به سه گروه ۲۲تایی تقسیم شدند.

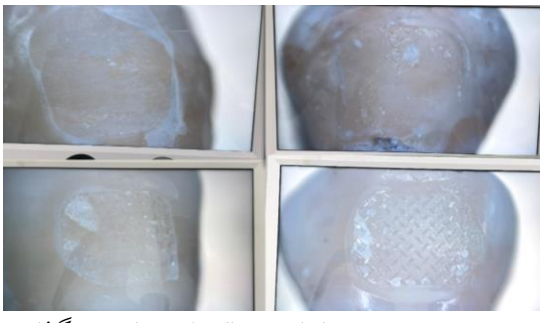
پس از ضدعفونی به مدت سه روز در ترکیب الکل و تیمول ۱درصد، دندان‌ها با گچ سفید در قالب‌های مکعبی مانت شدند؛ بطوریکه سطح باکال دندان عمود بر کف قالب قرار گیرد؛ سپس دوباره به محلول سالین بازگردانده شدند. سطح دندان ها ابتدا با استفاده از خمیر پروفیلاکسی و رابر کاپ برای ۱۰ ثانیه آماده سازی و سپس با آب شسته شدند. پس از آن با استفاده از پوار هوا free moisture/oil خشک شدند.

جهت پروسه باندینگ، دندان‌ها با استفاده از اسید فسفریک ۳۷درصد به مدت ۳۰ ثانیه اچ؛ ۳۰ ثانیه شسته و سپس ۱۰ ثانیه در فاصله ۲ سانتی متری با پوار خشک شدند. براکت‌های فلزی پرمولر (American Orthodontics, USA) به مرکز سطح باکال دندان به‌گونه‌ای محور طولی براکت با محور طولی دندان موازی باشد، باند شدند. گروه‌های مطالعه به شرح زیر بودند: گروه ۱ (کنترل؛ کامپوزیت مرسوم همراه با پرایمر جداگانه): یک لایه پرایمر Bo–All Universal (BISCO, USA) با میکروبراش روی تمام سطح باندشونده مینا به کار رفت و به مدت ۱۰ ثانیه کیور شد و سپس براکت با کامپوزیت Paste Brace (American Orthodonti csOrthodontics, USA) باند شد؛ گروه ۲ (مداخله): براکت بدون کاربرد پرایمر جداگانه و

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

تنها با کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر Ortho GC Connect (GC, Japan) باند شد؛ گروه ۳ (مداخله): براکت بدون کاربرد پرایمر جداگانه و تنها با کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر Orthocem (FGM, Brazil) باند شد. کامپوزیت‌ها به مقدار کم درون قسمت مش براکت قرار گرفتند و پس از قرار گیری براکت در محل نهایی، کامپوزیت اضافی با یک پروب برداشته و سپس با دستگاه لایت کیور (Light Free Elipar, ESPE M۳, USA) به مدت ۴۰ ثانیه (مزیال، دیستال، اپیکال و اکلوزال هر سمت ۱۰ ثانیه) با توان ۱۱۰۰ mW/cm^2 پلیمریزه شد(۳۰). تست SBS به کمک دستگاه تست یونیورسال (ENG_۲۰-STM-SANTAM) با سرعت ۱ min/mm انجام گرفت. برای اطمینان از موازی بودن نیروی اعمال شده با سطح براکت، از یک ذره بین ثابت استفاده شد. حداکثر نیروی برشی که باعث دباند شدن براکت می‌شود (نیوتن) ثبت و با تقسیم بر مساحت سطح بیس براکت (میلی‌متر مربع) به SBS بر حسب مگاپاسکال تبدیل شد.

سطح دندان بعد از دباند با استفاده از استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰× مشاهده، و شاخص ARI بر اساس معیار آرتون و برگلند (۹) تعیین شد. امتیازهای شاخص ARI به شرح زیر بود: صفر = باقی نماندن رزین بر روی سطح مینا، ۱ = باقی ماندن کمتر از نصف رزین، ۲ = باقی ماندن نصف یا بیشتر رزین، و ۳ = باقی ماندن تمام رزین به همراه اثر مش براکت (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره ۱- تعیین میزان ادهزیو باقی مانده برای نمره گذاری شاخص ARI. تصویر سمت چپ بالا نمره صفر، سمت راست بالا نمره ۱، سمت چپ پایین نمره ۲ و تصویر سمت راست پایین نمره ۳

داده‌ها با نرم‌افزار Statistics SPSS IBM نسخه ۲۲ تحلیل شدند. نرمال بودن توزیع SBS در هر گروه با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. با توجه به برقرار نبودن پیش‌فرض‌های آزمون پارامتری، مقایسه SBS بین سه گروه با آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس انجام شد. مقایسه‌های دوبه‌دو با آزمون من-ویتنی U انجام شد و برای کنترل خطای نوع اول ناشی از مقایسه‌های متعدد، مقادیر P با روش بونفرونی تعدیل شدند (P تعدیل‌شده = P خام × ۳). برای توصیف SBS از میانگین ± انحراف معیار، میانه (دامنه میان‌چارکی) و کمینه و بیشینه استفاده شد. توزیع نمرات ARI به‌صورت فراوانی (درصد) گزارش و با آزمون دقیق فیشر (فیشر-فریمن-هالتون) بین گروه‌ها مقایسه شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

شاخص‌های توصیفی SBS و نتایج مقایسه آماری گروه‌ها در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۲ ارائه شده اند. میانگین ± انحراف معیار SBS در گروه Brace Paste (کنترل) ۹/۹۰ ± ۳/۴۷ مگاپاسکال، در گروه Orthocem ۹/۷۳ ± ۲/۷۱ مگاپاسکال و در گروه GC Ortho Connect ۱۵/۳۹ ± ۵/۰۱ مگاپاسکال بود. آزمون کروسکال-والیس نشان داد که SBS بین سه گروه تفاوت معنی‌داری داشت(H =۲۱/۱۳، fd =۲۱ P <۰/۰۰۱). بر اساس مقایسه‌های دوبه‌دو با آزمون من-ویتنی U و پس از تصحیح بونفرونی، SBS گروه GC Ortho Connect به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه Brace Paste (U =۷۸/۵، P <۰/۰۰۱) و گروه Orthocem (U =۶۷/۵، P <۰/۰۰۱) بود، در حالی که بین گروه‌های Brace Paste و Orthocem تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(U =۰/۲۳۵، P <۰/۰۰۱).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

جدول شماره ۱: شاخص‌های توصیفی استحکام باند برشی (مگاپاسکال) و نتایج مقایسه آماری گروه‌های مورد مطالعه

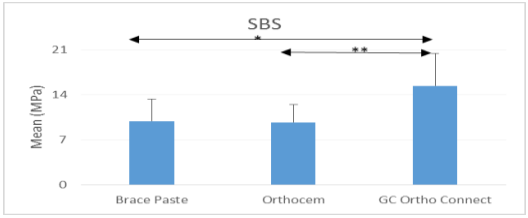
گروه	تعداد	میانگین ± SD	کمینه – بیشینه	میانگین رتبه
Brace Paste (کنترل)	۲۲	۳/۴۷ ± ۹/۹۰	۱۶/۷۰ – ۵/۳۶	[a]۲۵/۷۵
Orthocem	۲۲	۲/۷۱ ± ۹/۷۳	۱۵/۴۹ – ۵/۷۸	[a]۲۵/۸۹
GC Ortho Connect	۲۲	۵/۰۱ ± ۱۵/۳۹	۲۸/۴۰ – ۹/۱۸	[b]۴۸/۸۶
کل	۶۶	۴/۶۲ ± ۱۱/۶۷	۲۸/۴۰ – ۵/۳۶	–

آزمون کروسکال-والیس: $H=df=2, 21,13<P<0,001$

مقایسه‌های دوبه‌دو (آزمون من-ویتنی U با تصحیح بونفرونی)

مقایسه	U	P خام	P تعدیل شده
Orthocem در برابر Brace Paste	۰/۱۳۵	۰/۸۶۹	۰۰۰/۱
GC Ortho Connect در برابر Brace Paste	۵/۷۸	>۰/۰۰۱	>۰/۰۰۱
GC Ortho Connect در برابر Orthocem	۵/۶۷	>۰/۰۰۱	>۰/۰۰۱

مقایسه کلی سه گروه با آزمون کروسکال-والیس و مقایسه‌های دوبه‌دو با آزمون من-ویتنی U انجام شد؛ مقادیر P مقایسه‌های دوبه‌دو با روش بونفرونی تعدیل شده‌اند (P تعدیل‌شده = P خام × ۳). حروف متفاوت (a و b) در ستون میانگین رتبه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها است. SD: انحراف معیار؛ IQR: دامنه میان‌چارکی.



تصویر شماره ۲: میانگین و انحراف معیار استحکام باند برشی (مگاپاسکال) در گروه‌های مورد مطالعه. پیکان‌ها گروه‌های مقایسه‌شده را نشان می‌دهند و علامت ** بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<0/001$) در آزمون من-ویتنی U پس از تصحیح بونفرونی است.

توزیع نمرات ARI در جدول شماره ۲ ارائه شده است. در هر سه گروه، نمره ۲ (باقی‌ماندن نیمی یا بیشتر از ادهزیو روی مینا) بیشترین فراوانی را داشت (۷۷/۳ درصد در گروه Brace Paste، ۵۴/۵ درصد در گروه Orthocem و ۶۳/۶ درصد در گروه GC Ortho Connect). نمره صفر تنها در یک نمونه از هر یک از گروه‌های Orthocem و GC Ortho Connect (۴/۵ درصد) مشاهده شد و در گروه Brace Paste دیده نشد. نمره ۳ در دو نمونه (۹/۱ درصد) از هر یک از گروه‌های Brace Paste و Orthocem و در یک نمونه (۴/۵ درصد) از گروه GC Ortho Connect ثبت شد. آزمون دقیق فیشر نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین نوع کامپوزیت و توزیع نمرات ARI وجود نداشت ($P=0/674$).

جدول شماره ۲: توزیع فراوانی نمرات شاخص ادهزیو باقی‌مانده (ARI) در گروه‌های مورد مطالعه

نمره ARI	Brace Paste (کنترل) (n=۲۲)	Orthocem (n=۲۲)	GC Ortho Connect (n=۲۲)	کل (n=۶۶)	P
۰	(۰)۰	(۴/۵)۱	(۴/۵)۱	(۳/۰)۲	
۱	(۱۳/۶)۳	(۳۱/۸)۷	(۲۷/۳)۶	(۲۴/۲)۱۶	
۲	(۷۷/۳)۱۷	(۵۴/۵)۱۲	(۶۳/۶)۱۴	(۶۵/۲)۴۳	۰/۶۷۴
۳	(۹/۱)۲	(۹/۱)۲	(۴/۵)۱	(۷/۶)۵	
کل	(۱۰۰)۲۲	(۱۰۰)۲۲	(۱۰۰)۲۲	(۱۰۰)۶۶	

داده‌ها به‌صورت تعداد (درصد) ارائه شده‌اند. آزمون دقیق فیشر (فیشر-فریمن-هالتون). نمره صفر: عدم باقی‌ماندن ادهزیو روی مینا؛ ۱: باقی‌ماندن کمتر از نیمی از ادهزیو؛ ۲: باقی‌ماندن نیمی یا بیشتر از ادهزیو؛ ۳: باقی‌ماندن تمام ادهزیو همراه با اثر مش براکت.

بحث

در این مطالعه آزمایشگاهی، SBS و ARI دو کامپوزیت تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر با یک کامپوزیت مرسوم همراه با پرایمر جداگانه مقایسه شد. بر اساس یافته‌ها، فرضیه صفر اول رد شد، زیرا SBS کامپوزیت GC Ortho Connect به‌طور معنی‌داری بیشتر از هر دو گروه دیگر بود، در حالی که Orthocem و کامپوزیت مرسوم Brace Paste تفاوت معنی‌داری نداشتند. فرضیه صفر دوم پذیرفته شد، زیرا توزیع نمرات ARI بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین SBS هر سه گروه بالاتر از محدوده ۶ تا ۸ مگاپاسکال بود که به‌عنوان حداقل استحکام لازم برای تحمل نیروهای بالینی پیشنهاد شده است(۷)، بنابراین حذف مرحله کاربرد جداگانه پرایمر با استفاده از این دو کامپوزیت، در شرایط این مطالعه، به کاهش استحکام باند به کمتر از سطح قابل قبول بالینی منجر نشد. با این حال، کمترین مقادیر ثبت‌شده در گروه‌های Brace Paste و Orthocem (به ترتیب ۵/۳۶ و ۵/۷۸ مگاپاسکال) کمتر از این محدوده بود که نشان می‌دهد بخشی از نمونه‌ها در این دو گروه در مرز حداقل استحکام توصیه‌شده قرار داشتند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

برتری معنی‌دار SBS کامپوزیت GC Ortho Connect نسبت به Orthocem، با وجود اینکه هر دو ماده در دسته کامپوزیت‌های تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر قرار می‌گیرند، را می‌توان به تفاوت در ترکیب شیمیایی آن‌ها نسبت داد. ماتریکس رزینی GC Ortho Connect بر پایه Bis-MEPP و دی‌متاکریلات‌ها است و مونومر استر اسید فسفریک به‌عنوان جزء پرایمر در خمیر آن ادغام شده است، در حالی که Orthocem بر پایه Bis-GMA (۲۵ تا ۳۵ درصد وزنی) همراه با درصد قابل توجهی از مونومر رقیق‌کننده TEGDMA (۱۰ تا ۱۵ درصد وزنی) است و مونومر فسفاته متاکریله تنها حدود ۲ درصد وزنی آن را تشکیل می‌دهد (۱۳). مونومرهای فسفاته عاملی، علاوه بر بهبود ترشوندگی و نفوذ رزین به ریزتخلخل‌های مینای اچ‌شده، توانایی برهمکنش شیمیایی با کلسیم هیدروکسی‌آپاتیت را دارند، هرچند شدت و پایداری این برهمکنش به ساختار شیمیایی مونومر بستگی دارد (۳۱). از سوی دیگر، میزان فیلر Orthocem (۴۵ تا ۶۰ درصد وزنی سیلیکون دی‌اکسید سیلان‌شده) کمتر و سهم رزین آن بیشتر از کامپوزیت‌های ارتودنسی مرسوم است و اسکریبانته و همکاران این ویژگی و نیز اندازه و توزیع ذرات فیلر را دلیل احتمالی SBS کمتر Orthocem دانسته‌اند(۲۲). کاهش محتوای فیلر می‌تواند استحکام کوهزیو و مدول الاستیسیته لایه ادهزیو را کاهش و انقباض پلیمریزاسیون آن را افزایش دهد که هر دو می‌توانند مقاومت این لایه را در برابر تنش برشی کاهش دهند. درجه تبدیل مونومر نیز ممکن است در این تفاوت نقش داشته باشد: پرکوویچ و همکاران درجه تبدیل GC Ortho Connect را به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیستم مرسوم Transbond XT گزارش کردند و همبستگی مثبت متوسطی بین درجه تبدیل و SBS در این ماده مشاهده کردند(۱۶). با این حال، در مطالعه محمدیان و همکاران، Orthocem بیشترین درجه تبدیل را داشت، در حالی که بیشترین SBS مربوط به GC Ortho Connect بود(۲۹)، بنابراین به نظر می‌رسد درجه تبدیل به‌تنهایی تفاوت SBS این مواد را توضیح نمی‌دهد و ترکیب ماتریکس رزینی، نوع و میزان مونومر عاملی و میزان فیلر نقش مهم‌تری دارند. شباهت SBS در گروه‌های Orthocem و Brace Paste نیز نشان می‌دهد که مونومر فسفاته ادغام‌شده در Orthocem توانسته است نقش پرایمر را در ترکردن و نفوذ به مینای اچ‌شده تا حد قابل قبولی ایفا کند؛ یافته‌ای که با نتایج کارآزمایی‌های بالینی مبنی بر عدم افزایش شکست براکت در صورت حذف پرایمر همسو است(۲۳، ۲۴). از آنجا که در مطالعه حاضر ترکیب مواد و درجه تبدیل به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نشد، این توضیحات باید به‌عنوان فرضیه‌های محتمل در نظر گرفته شوند.

یافته‌های مطالعه حاضر درباره GC Ortho Connect با نتایج بهرامی و همکاران همخوانی دارد که SBS این کامپوزیت را (۱۵/۵۰ ± ۳/۲۵ مگاپاسکال) به‌طور معنی‌داری بیشتر از Transbond XT همراه با پرایمر گزارش کردند و مقدار گزارش‌شده در آن مطالعه تقریباً برابر با مقدار به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر است(۲۰). در مطالعه سن ییلماز و همکاران نیز SBS کامپوزیت GC Ortho Connect به‌طور معنی‌داری بیشتر از Orthocem بود(۱۳)؛ همچنین درمطالعه محمدیان و همکاران، GC Ortho Connect بیشترین و Orthocem کمترین میانگین SBS را داشت و بین Brace Paste و Orthocem تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(۲۹) که با نتایج مطالعه حاضر همسو است. در مقابل، در مطالعات دادگر و همکاران(۲۵)، جوزف و همکاران(۱۹) و پرکوویچ و همکاران(۱۶)، SBS کامپوزیت GC Ortho Connect مشابه سیستم مرسوم بود و در مطالعه اوسلو و همکاران، SBS این کامپوزیت بدون پرایمر کمتر از Transbond XT همراه با پرایمر گزارش شد، هرچند هر دو ماده استحکام قابل قبول بالینی داشتند(۲۶). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع کامپوزیت مرسوم مورد مقایسه (Transbond

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

XT در برابر Brace Paste)، انجام یا عدم انجام ترموسایکلینگ، نوع دندان، طراحی بیس براکت، سرعت بارگذاری و روش اعمال نیرو باشد؛ متغیرهایی که بر مقادیر مطلق SBS آزمایشگاهی اثر قابل توجهی دارند(۴، ۵).

درباره Orthocem، عدم تفاوت معنی‌دار آن با کامپوزیت مرسوم در مطالعه حاضر با نتایج لون و همکاران(۲۷) و بخاری و همکاران(۲۸) همخوانی دارد که SBS این ماده را مشابه Transbond XT گزارش کردند؛ صمدی و همکاران نیز SBS این ماده را پس از ترموسایکلینگ در محدوده قابل قبول برای باندینگ براکت ارتودنسی گزارش کردند(۳۲). در مقابل، اسکریبانته و همکاران(۲۲) و سن ییلماز و همکاران(۱۳) SBS کمتری برای Orthocem نسبت به Transbond XT گزارش کردند. علاوه بر تفاوت در ترکیب ادهزیوهای مرسوم مورد مقایسه، اعمال ۵۰۰۰ سیکل ترموسایکلینگ در مطالعه سن ییلماز و همکاران و استفاده از دندان گاوی و دو طراحی متفاوت بیس براکت در مطالعه اسکریبانته و همکاران می‌تواند دلیل این اختلاف باشد.

در مطالعه حاضر، با وجود تفاوت معنی‌دار در SBS، توزیع نمرات ARI بین سه گروه مشابه بود و در همه گروه‌ها نمره ۲ بیشترین فراوانی را داشت؛ به این معنی که در بیشتر نمونه‌ها نیمی یا بیشتر از ادهزیو پس از دباندینگ روی مینا باقی ماند و شکست عمدتاً در داخل لایه ادهزیو یا در فصل مشترک ادهزیو و براکت رخ داد. چنین الگویی از نظر بالینی با خطر کمتر آسیب مینا هنگام دباندینگ همراه است، هرچند زمان بیشتری برای برداشتن ادهزیو باقی‌مانده لازم است(۹، ۱۰). این یافته با نتایج بهرامی و همکاران که شکست عمدتاً کوهزیو را برای GC Ortho Connect گزارش کردند(۲۰) و با مطالعات جوزف و همکاران(۱۹) و لون و همکاران(۲۷) که تفاوت معنی‌داری در الگوی شکست بین سیستم‌های مختلف مشاهده نکردند همخوانی دارد. در مقابل، در برخی مطالعات توزیع ARI بین ادهزیوهای تک‌مرحله‌ای و مرسوم متفاوت بود(۱۳، ۲۶، ۲۸، ۲۹). همانند یافته‌های سن ییلماز و همکاران، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که نمرات ARI لزوماً همسو با مقادیر SBS تغییر نمی‌کنند و به عواملی مانند ترکیب و ویسکوزیته ادهزیو، طراحی بیس براکت و الگوی اچ مینا نیز وابسته‌اند(۱۰، ۱۳).

این مطالعه محدودیت‌هایی دارد که باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شوند. نخست، ماهیت آزمایشگاهی مطالعه است: نمونه‌ها تحت ترموسایکلینگ، بارگذاری سیکلیک یا نگهداری طولانی‌مدت قرار نگرفتند و عواملی مانند تغییرات دما و pH، نیروهای جویدن و تماس با بزاق که در محیط دهان بر دوام باند اثر می‌گذارند شبیه‌سازی نشد(۳۵-۳۳)؛ بنابراین مقادیر به‌دست‌آمده ممکن است با عملکرد بالینی متفاوت باشد. دوم، باندینگ در شرایط خشک و کنترل‌شده آزمایشگاهی انجام شد و عملکرد این کامپوزیت‌ها در شرایط آلودگی رطوبتی که یکی از چالش‌های اصلی باندینگ بالینی است ارزیابی نشد(۱۴). سوم، مقادیر SBS آزمایشگاهی به روش آزمون، سرعت بارگذاری، نوع دندان و طراحی بیس براکت حساس است و مقایسه مستقیم مقادیر مطلق با سایر مطالعات را محدود می‌کند(۵). چهارم، تنها یک نوع براکت فلزی و یک نوع دندان (پرمولر) بررسی شد و درجه تبدیل مونومر، آسیب مینا پس از دباندینگ و زمان کار بالینی اندازه‌گیری نشد؛ از این رو درباره مزایای زمانی یا اقتصادی این مواد نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد. پنجم، در گروه کنترل از یک ادهزیو یونیورسال به‌عنوان پرایمر استفاده شد و نتایج ممکن است با پرایمرهای اختصاصی سایر سیستم‌های ارتودنسی متفاوت باشد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با اعمال ترموسایکلینگ و شرایط آلودگی بزاقی، ارزیابی آسیب مینا و درجه تبدیل، و در نهایت به‌صورت کارآزمایی بالینی با پیگیری میزان شکست براکت انجام شوند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

در شرایط این مطالعه آزمایشگاهی، میانگین استحکام باند برشی هر سه کامپوزیت بالاتر از حداقل مقدار پیشنهادی برای کاربرد بالینی بود. کامپوزیت تک‌مرحله‌ای GC Ortho Connect، بدون نیاز به کاربرد جداگانه پرایمر، استحکام باند برشی به‌طور معنی‌داری بیشتراز کامپوزیت مرسوم Brace Paste همراه با پرایمر و کامپوزیت تک‌مرحله‌ای Orthocem ایجاد کرد، در حالی که Orthocem استحکامی مشابه کامپوزیت مرسوم نشان داد. الگوی باقی‌ماندن ادهزیو روی مینا نیز در سه گروه مشابه بود. بنابراین، کامپوزیت‌های تک‌مرحله‌ای حاوی پرایمر مورد بررسی، به‌ویژه GC Ortho Connect، می‌توانند جایگزین قابل قبولی برای روش مرسوم باندینگ با پرایمر جداگانه در باندینگ براکت‌های فلزی باشند؛ با این حال، تأیید عملکرد آن‌ها در محیط دهان نیازمند مطالعات بالینی با پیگیری میزان شکست براکت است.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری عمومی دندانپزشکی آقای احمد باجوری با شماره ۲۴۲۳۱ است. از همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران در حمایت از این طرح تشکر می‌گردد.

References

1- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;34(6):849-853 PMID: 13271655.

2- Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. Am J Orthod 1965;51(12):901-912 PMID: 5214895.

3- Scribante A, Contreras-Bulnes R, Montasser MA, Vallittu PK. Orthodontics: bracket materials, adhesives systems, and their bond strength. Biomed Res Int 2016;2016:1329814 PMID: 27818996.

4- Etezadi T, Mahdavi B, Sobouti F, Yazdani Charati J, Namdar P. Orthodontic treatment need in 12-14 year-old school students in Sari, Iran. J Mazandaran Univ Med Sci 2019;29(173):91-99. (Persian).

5- Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137(5):615-622.e3 PMID: 20451780.

6- Sharma S, Tandon P, Nagar A, Singh GP, Singh A, Chugh VK. A comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with four different orthodontic adhesives. J Orthod Sci 2014;3(2):29-33 PMID: 24987660.

7- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975;2(3):171-178.

8- Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. Am J Orthod 1981;79(5):500-522.

9- Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod 1984;85(4):333-340 PMID: 6231863.

10- O'Brien KD, Watts DC, Read MJ. Residual debris and bond strength--is there a relationship? Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;94(3):222-230 PMID: 3046329.

11- Faltermeier A, Behr M, Müssig D. A comparative evaluation of bracket bonding

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

with 1-, 2-, and 3-component adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;132(2):144.e1-5 PMID: 17693360.

12- Manning N, Chadwick SM, Plunkett D, Macfarlane TV. A randomized clinical trial comparing 'one-step' and 'two-step' orthodontic bonding systems. J Orthod 2006;33(4):276-283 PMID: 17142334.

13- Sen Yilmaz B, Yildirim ZB, Seker ED, Ozden F, Kurt G. Evaluation of shear bond strength of orthodontic adhesives with integrated primer: a comparative study. APOS Trends Orthod 2023;13(2):106-112.

14- Khanehmasjedi M, Naseri MA, Khanehmasjedi S, Basir L. Comparative evaluation of shear bond strength of metallic brackets bonded with two different bonding agents under dry conditions and with saliva contamination. J Chin Med Assoc 2017;80(2):103-108 PMID: 28094232.

15- Romano FL, Correr AB, Correr-Sobrinho L, Magnani MB, Ruellas AC. Clinical evaluation of the failure rates of metallic brackets. J Appl Oral Sci 2012;20(2):228-234 PMID: 22666842.

16- Perković V, Šimunović Aničić M, Lughi V, Pozzan L, Meštrović S, Turco G. Correlation of shear bond strength and degree of conversion in conventional and self-adhesive systems used in orthodontic bonding procedures. Biomedicines 2023;11(5):1252 PMID: 37238923.

17- Asefi S, Aslani M, Kamali E, Bahrami R, Mirhashemi SA. Comparing shear bond strength and adhesive remnant index between light cure composite, no mix composite, and no bond composite; an in vitro study. J Mazandaran Univ Med Sci 2021;31(202):116-125. (Persian)

18- Prylińska-Czyżewska A, Maciejewska-Szaniec Z, Olszewska A, Polichnowska M, Grabarek BO, Dudek D, etal. Comparison of bond strength of orthodontic brackets onto the tooth enamel of 120 freshly extracted adult bovine medial lower incisors using 4 adhesives: a resin-modified glass ionomer adhesive, a composite adhesive, a liquid composite adhesive, and a one-step light-cured adhesive. Med Sci Monit 2022;28:e938867 -1–e938867-8.

19- Joseph R, Ahmed N, Younus A A, Bhat KRR. Evaluation of shear bond strength of a primer incorporated orthodontic composite resin: an in-vitro study. Cureus 2022;14(4):e24088 PMID: 35573492.

20- Bahrami S, Azarbayejani S, Kazemian M. Comparative evaluation of shear bond strength and debonding properties of GC Ortho Connect composite and Transbond XT composite. Australas Orthod J 2023;39(1):35-41.

21- Esmaily M, Mohammadian M, Faghfourian N. Evaluation of the effects of the universal bond on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 types of composites containing primers. Iran J Orthod 2023;18(1):1-7.

22- Scribante A, Sfondrini MF, Fraticelli D, Tamagnone A, Gandini P. The influence of no-primer adhesives and anchor pylons bracket bases on shear bond strength of orthodontic brackets. Biomed Res Int 2013;2013:315023 PMID: 23984339.

23- Nandhra SS, Littlewood SJ, Houghton N, Luther F, Prabhu J, Munyombwe T, etal. Do we need primer for orthodontic bonding? A randomized controlled trial. Eur J Orthod 2015;37(2):147-155 PMID: 25234405.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

24- Bazargani F, Magnuson A, Löthgren H, Kowalczyk A. Orthodontic bonding with and without primer: a randomized controlled trial. Eur J Orthod 2016;38(5):503-507 PMID: 26476074.

25- Dadgar S, Armin M, Namdar P, Yazdani Charati J, Koohi Z. Shear bond strength of metallic and ceramic brackets bonded with two-step and three-step light cure adhesives. J Mazandaran Univ Med Sci 2020;30(183):53-61. (persian)

26- Uslu F, Gunes TE, Akin M, Akman H. A comparison of the effectiveness of combined primer and adhesive systems in orthodontic bonding: an in vitro study. J Clin Med 2025;14(14):4892.

27- Lon LFS, Knop LAH, Shintcovsk RL, Guariza Filho O, Raveli DB. Shear bond strength of three different bonding systems for orthodontic brackets. Braz J Oral Sci 2018;17:e18138.

28- Bukhari K, Alaydaa R, Alhazmi R, Alharbi A, Alahmadi O, Zafar M, etal. Comparative analysis of shear bond strength and debonding characteristics of bioactive versus conventional orthodontic adhesives: an in-vitro study. Saudi Dent J 2025;37(1-3):3 PMID: 40397265.

29- Mohammadian M, Derakhshan NS, Esmaeili M, Soleimani M. Evaluation of the correlation between degree of conversion and shear bond strength in four contemporary orthodontic adhesives: an in vitro study [Preprint]. Research Square 2025.

30- Etezadi T, Mollaei M, Namdar P, Aminmozaffari K, Sobouti F. Assessment of antimicrobial photodynamic therapy with curcumin on the shear bond strength of orthodontic bracket: an in vitro study. Int J Dent 2025;2025:6790545 PMID: 40041726.

31- Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, etal. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. J Dent Res 2004;83(6):454-458 PMID: 15153451.

32- Samadi F, Rahmati Kamel M, Arash V, Khafri S, Abolghasemzadeh F. Scanning electron microscope and shear bond strength analysis of Biofix and Orthocem two-step fluoridated orthodontic adhesives on human enamel. Caspian J Dent Res 2019;8(2):16-24.

33- Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;127(4):403-412 PMID: 15821684.

34- Oesterle LJ, Shellhart WC. Effect of aging on the shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133(5):716-720 PMID: 18456145.

35- Elekdag-Turk S, Turk T, Isci D, Ozkalayci N. Thermocycling effects on shear bond strength of a self-etching primer. Angle Orthod 2008;78(2):351-356 PMID: 18251621.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]