

Comparison of the Effect of Three Collagen Cross-Linking Agents on Microtensile Bond Strength of Composite Resin to Dentin

Sara Hajati¹ 
Sara Gholizadeh² 
Kamiyar Vasigh³ 
Seyedeh Mandana Jafari⁴ 

1. Specialist of Aesthetic and Restorative Dentistry, Ahvaz, Iran
2. **Corresponding Author:** Department of Aesthetic and Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Isf.C, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. **Email:** saragholizadeh92@iau.ac.ir
3. Dentist, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Science, Ahvaz, Iran.
4. Department of Aesthetic and Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Isf.C, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Abstract

Introduction: Achieving a strong and stable bond between resin composite and dentin remains a subject of debate in restorative dentistry. The aim of this study was to evaluate the effects of glutaraldehyde, hesperidin, and epigallocatechin gallate (EGCG) as collagen cross-linking agents on dentin bond strength by enhancing the stability of collagen fibers.

Materials & Methods: In this in vitro experimental study, 48 sound human molars were collected. After preparation to expose the dentin surface, the teeth were etched with 35% phosphoric acid. The specimens were randomly divided into four groups: 1. application of 2% hesperidin, 2. application of 5% glutaraldehyde, 3. application of 0.02% EGCG, and 4. control group (no treatment). After restoration with composite, the microtensile bond strength (μ TBS) was evaluated. Data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's post hoc test.

Results: The μ TBS in the EGCG-etched samples was higher than in samples etched with the other cross-linking agents; however, no significant difference was found between the groups treated with collagen cross-linkers (glutaraldehyde, hesperidin, and EGCG) and the untreated control group. A significant difference in bond strength was observed between the hesperidin and glutaraldehyde groups ($P = 0.023$), and between the hesperidin and EGCG groups ($P = 0.005$), while no significant differences were found between any of the treatment groups and the control group.

Conclusion: The application of collagen cross-linkers did not increase the microtensile bond strength of composite to dentin.

Key words: Micro tensile bond strength; Collagen cross linkers; Glutaraldehyde; Hesperidin, EGCG.

Received: 04.04.2025

Revised: 10.07.2025

Accepted: 12.08.2025

How to cite: Hajati S, Gholizadeh S, Vasigh K, Jafari SM. Comparison of the Effect of Three Collagen Cross-Linking Agents on Microtensile Bond Strength of Composite Resin to Dentin. J Isfahan Dent Sch 2025; 21(2): 103-10.

مقایسه‌ی اثر سه ماده کراس لینک کلاژن بر استحکام باند ریزکشی کامپوزیت به عاج دندان

- سارا حاجتی^۱ ID
 سارا قلی‌زاده^۲ ID
 کامیار وثیق^۳ ID
 سیده ماندانا جعفری^۴ ID

۱. متخصص دندانپزشکی زیبایی و ترمیمی، اهواز، ایران.
 ۲. نویسنده مسؤول: گروه دندانپزشکی زیبایی و ترمیمی، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
 Email: saragholizadeh92@iaau.ac.ir
 ۳. دندانپزشک، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
 ۴. گروه دندانپزشکی زیبایی و ترمیمی، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

مقدمه: دستیابی به یک باند محکم و با ثبات بین کامپوزیت رزین و عاج در دندانپزشکی ترمیمی هنوز به عنوان یک موضوع مورد بحث باقی مانده است. هدف از این مطالعه، ارزیابی اثر گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG به عنوان عوامل کراس لینک کلاژنی جهت ثبات بیشتر فیبرهای کلاژن بر روی استحکام باند عاج بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه آزمایشگاهی، ۴۸ دندان مولر صدمه ندیده انسان جمع‌آوری شد و بعد از تراش تا اکسپوز شدن سطح عاج، دندان‌ها توسط اسید فسفریک ۳۵ درصد اچ شدند. نمونه‌ها به طور تصادفی در چهار گروه قرار گرفتند: گروه اول، استفاده از هسپردین ۲ درصد، گروه دوم، استفاده از گلوترآلدئید ۵ درصد، گروه سوم، استفاده از EGCG ۰/۰۲ درصد، گروه چهارم، گروه کنترل و بدون درمان. بعد از ترمیم با کامپوزیت، تست استحکام باند μ TBS مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها با آزمون‌های آماری ANOVA و Tukey تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: استحکام باند ریزکشی در نمونه‌های اچ شده با EGCG بیشتر از نمونه‌های اچ شده با دیگر مواد کراس لینک بود. اگرچه اختلاف معنی‌داری در استفاده کردن و یا استفاده نکردن (کنترل) از کراس لینک‌های کلاژنی گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG وجود نداشت. استحکام باند نمونه‌های اچ شده با هسپردین و گلوترآلدئید ($P = ۰/۰۲۳$) و هسپردین و EGCG ($P = ۰/۰۰۵$) معنی‌دار بود ولی در استفاده از گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG با نمونه‌های کنترل تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: استحکام باند ریزکشی کامپوزیت به عاج دندان با استفاده از کراس لینک‌های کلاژنی افزایش نداشت.

کلید واژه‌ها: استحکام باند؛ کراس لینک کلاژنی؛ گلوترآلدئید؛ هسپردین؛ EGCG.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۱

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۴/۱۹

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵

استناد به مقاله: حاجتی سارا، قلی‌زاده سارا، وثیق کامیار، جعفری سیده ماندانا. مقایسه‌ی اثر سه ماده کراس لینک کلاژن بر استحکام باند ریزکشی کامپوزیت به عاج دندان. مجله دانشکده دندانپزشکی اصفهان. ۱۴۰۴؛ ۲۱(۲): ۱۰۳-۱۱۰.

مقدمه

عاج، حجم زیادی از دندان را شامل می‌شود و اتصال بلندمدت و قابل اعتماد به آن برای موفقیت یک ترمیم چسبنده ضروری است که در ارتباط با تخریب سطح مشترک عاج ادهزیو در طول زمان می‌باشد (۱). با وجود پیشرفت‌های اخیر در سیستم ادهزیو دندانی، سطح متصل شونده به عنوان ضعیف‌ترین قسمت در ترمیم‌های رنگ دندان باقی مانده است. تخریب هیبریدلایر، تأثیر منفی بر اتصال رزین-عاج می‌گذارد که منجر به شکست ترمیم‌های چسبنده می‌شود (۲). بعد از دمنرالیزاسیون کامل عاج به دنبال اچ کردن توسط اسید فسفریک، رزین‌های ادهزیو به داخل ماتریکس خارج سلولی عاج نفوذ کرده و هیبریدلایر را تشکیل می‌دهند، اتصال طولانی‌مدت و موفق رزین به عاج به همگونی و استحکام هیبریدلایر و نفوذ کامل مونومرهای رزین به عاج زیرین وابسته می‌باشد (۳).

دستیابی به یک باند با ثبات و مؤثر بین کامپوزیت و عاج یک مبحث مورد توجه در دندانپزشکی ادهزیو است. از دست رفتن سیل لبه‌ای و کاهش استحکام باند ترمیم‌های اتصال یابنده، طول عمر این ترمیم‌های قرار گرفته در مینا و عاج را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴).

بررسی مطالعات بالینی نشان می‌دهد که باند رزین-عاج با دوام نیست (۵) و تخریب مداوم این باند منجر به افزایش از دست رفتن ترمیم‌ها با سیستم‌های ادهزیو مختلف می‌شود (۶). اینترفیس ادهزیو-عاج ممکن است که متخلخل باشد و همچنین به عنوان یک غشای نفوذپذیر عمل کند (۷) در نتیجه امکان شسته شدن مونومرهای واکنش نیافته (۸)، جذب آب، تورم پلیمر، هیدرولیز رزین (۹) و فعالیت آنزیمی که منجر به تخریب فیبریل‌های کلاژن تیپ یک در عمق هیبرید لایر می‌شود (۱۰) فراهم شود. دو الگوی اصلی تخریب هیبرید لایر از دست رفتن رزین در فضاهای اینتر-فیبریلار و به هم ریختگی فیبریل‌های کلاژن است. این موضوع نشان دهنده‌ی این است که برای بهبود استحکام باند نه تنها ثبات اجزای رزینی بلکه ثبات اجزای آلی عاج شرکت کننده در ترمیم نیز مهم است (۱۱).

عاج دندان انسان به عنوان یک بافت مینرالیزه شامل دو فاز معدنی و آلی است. فاز معدنی عاج از کریستال‌های هیدروکسی آپاتایت غنی از کربنات و فاز آلی آن غالباً از کلاژن نوع ۱ تشکیل شده است (۱۲). کلاژن نوع ۱ در بافت‌ها به صورت فیبریل وجود دارد که ثبات ساختاری آن از طریق عامل کراسلینگ بین مولکولی لیزین-اکسیداز تأمین می‌شود (۱۳).

تخریب هیبریدلایر ناشی از تجزیه هیدرولایتیک رزین و فیبرهای کلاژن است. فیبرهای کلاژن توانایی فعال‌سازی MMPs (Matrix Metalloproteinase) مشتق شده از میزبان را دارا می‌باشند (۲). روش‌های مؤثری مانند استفاده از عوامل کراس لینک کلاژن، مهارکننده‌های ماتریکس متالوپروتئیناز و باندینگ مرطوب با اتانول برای حفاظت از هیبریدلایر ابداع شده است (۱۴). گلوکار آلدئید یک عامل اتصال مصنوعی می‌باشد و به طور گسترده به عنوان یک ماده‌ی فیکس کننده استفاده می‌شود و در انواع بافت‌های با بیس کلاژن باعث بهتر شد خواص مکانیکی می‌شود (۱). خواص دارویی و پزشکی هسپریدین در ارتباط با مزایای گسترده آن اعم از خاصیت ضد التهابی، ضد درد، آنتی‌باکتریال، آنتی‌اکسیدان و همچنین بازدارنده‌ی فعالیت پروتئولایتیک MMPs (Matrix Metalloproteinase) می‌باشد (۵). EGCG چسبندگی چندین نوع سلول را مهار می‌کند و دارای خواص پیشگیری کننده شیمیایی خوبی می‌باشد. EGCG دارای نقش ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی در حذف تخریبات سلولی است (۱۴).

Al-Ammar و همکاران در مطالعه‌ی خود نشان دادند که استفاده از کلاژن کراس لینک‌های انتخابی در GSE تیمار شده با پروسه‌های ترمیمی چسبنده می‌تواند روشی نوین برای افزایش استحکام باند کامپوزیت به عاج باشد (۱). در مطالعه‌ی Islam و همکاران، ترکیب ۲ درصد HPN با پرایمرهای سلف اچ تأثیر سریع‌تر و مثبت‌تری بر استحکام باند و خصوصیات رزین داشتند (۲). Chen و همکاران در ارزیابی نقش کراس لینک کلاژن در عملکرد باندینگ به این نتیجه رسیدند که چسب‌های اچ-

و- شستشو (Etch-and-Rinse, ER) عملکرد اتصال بهتری نسبت به گروه‌های کنترل نشان دادند، در حالی که چسب‌های خود اچ کننده (Self-Etching, SE) مقادیر استحکام باند مشابهی نشان دادند (۱۵).

علیرغم اهمیت موضوع در حالی که بسیاری از پیشرفت‌ها در دندانپزشکی ادهزیو در جهت بهبود عامل باندینگ و تکنیک استفاده از آنها صورت گرفته است، تحقیقات محدودی برای بهبود استحکام باند از طریق ثبات ساختار کلاژن انجام گرفته است. لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثر سه کراس لینکر مختلف (گلو تار آلدئید، هسپردین و اپی گالوکاتکین) بر استحکام باند کامپوزیت به عاج بود و بر اساس فرضیه‌ی صفر سه ماده‌ی کراس لینک کلاژن بر استحکام باند ریز کشتی کامپوزیت به عاج دندان تأثیری ندارد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه‌ی تجربی-آزمایشگاهی، تعداد ۴۸ دندان مولر صدمه ندیده‌ی انسان که به منظور ارتودنسی کشیده شده بودند جمع‌آوری و در نرمال سالین نگهداری شد.

ابتدا سطحی صاف از عاج دندان‌ها توسط فرزهای الماسی سوار بر توربین با دور تند (Ismot, Buehler, Ltd, Lake Bluff, USA) عمود بر محور طولی دندان ایجاد شد. جهت تشکیل اسمیرلایر، دندان‌ها توسط کاغذ سمباده با ذرات ۶۰۰ در زیر آب پالیش شدند و به صورت تصادفی به ۴ گروه تقسیم شدند ($n=12$):

گروه ۱: هسپردین ۲٪ (hesperetin - 7-O- rutinoside, sigma Aldrich, st, Louis, MO, USA clearfil SE primer (Kuraray Noritake, به (HPN) Dental Inc. Tokyo, Japan) افزوده شد و سپس بر سطح عاج توسط میکروبراش به مدت ۲۰ ثانیه اعمال شد و با پوار هوا به مدت ۱۵ ثانیه نازک شده و بعد از آن یک لایه clearfil SE bondr (Kuraray Noritake, Dental Inc. Tokyo, Japan) توسط میکروبراش به مدت ۱۰ ثانیه بر ناحیه‌ی مورد نظر اعمال شد (۵). سپس توسط دستگاه لایت کیور (Wood Peaker) با خروجی ۸۵۰ تا

۱۰۰۰ mw/cm²) به مدت ۳۰ ثانیه کیور شد (۴).

گروه ۲: توسط میکروبراش گلو تار آلدئید ۵٪ (Glutaraldehyde, Merc, Kimiagostar, Tehran, Iran) بر سطح مورد باندینگ اعمال شد و برداشت اضافات محلول و رطوبت سطح عاج توسط فیلترهای کاغذی صورت پذیرفت. سپس clearfil SE primer به مدت ۲۰ ثانیه بر سطح مورد نظر قرار گرفت ۱۵ ثانیه با پوار نازک شد و بعد از آن یک لایه clearfil SE bond توسط میکروبراش به مدت ۱۰ ثانیه بر ناحیه‌ی مورد نظر اعمال شد و توسط دستگاه لایت کیور به مدت ۳۰ ثانیه کیور شد.

گروه ۳: توسط میکرو براش، ۰۲٪ درصد EGCG (Epigallocatechin - 3- gallate, sigma Aldrich, st, Louis, mo, USA) بر سطح مورد باندینگ اعمال شد و اضافات محلول توسط فیلترهای کاغذی برداشته شدند و clearfil SE primer به مدت ۲۰ ثانیه بر سطح مورد نظر قرار گرفت. ۱۵ ثانیه با پوار نازک شد و سپس clearfil SE bond توسط میکروبراش به مدت ۱۰ ثانیه بر ناحیه‌ی مورد نظر اعمال شده و به وسیله‌ی دستگاه لایت کیور به مدت ۳۰ ثانیه کیور شد.

گروه ۴ (گروه کنترل): هیچ ماده‌ای به باندینگ اضافه نشده و بر سطح عاج نیز هیچ ماده‌ای قرار نگرفته و طبق دستور کارخانه Kuraray پرایمر به مدت ۲۰ ثانیه بر سطح عاج اچ شده قرار گرفت. سپس یک قطره باندینگ به میکروبراش آغشته و به مدت ۱۰ ثانیه بر محل فوق‌الذکر اعمال شده، ۱۵ ثانیه با پوار هوا نازک شده و به مدت ۳۰ ثانیه کیور شد. کامپوزیت رزین (Clearfil AP - X, Kuraray. Noritake, Dental, Inc. tokyo, Japan) در تمامی گروه‌ها به روش Incermental که ضخامت هر لایه ۲ میلی‌متر می‌باشد بر روی عاج قرار گرفت و توسط دستگاه لایت کیور به مدت ۳۰ ثانیه کیور شد تا ضخامت کل لایه‌ی کامپوزیت بر روی دندان ۵ میلی‌متر بود. سپس نمونه‌ها در آب ۵ و ۵۵ درجه‌ی سانتی گراد (با زمان نگه داری ۳۰ ثانیه) تا ۵۰۰۰ دور ترموسیکل شدند و به آزمایشگاه فرستاده شدند تا در ابعاد ۱×۱ میلی‌متر سکشن داده شوند. سپس تست

لینک EGCG و بعد از آن به ترتیب گلو تار آلدئید، کنترل و هسپردین بود (جدول ۱).

در مقایسه‌ی دو به دو بی‌گروه‌ها با توجه به نتایج آزمون Tukey میزان استحکام بین دو گروه کراس لینک EGCG و هسپردین تفاوت معنی‌دار داشت ($P = 0.05$). میزان استحکام بین دو گروه گلو تار آلدئید و هسپردین نیز معنی‌دار بود ($P = 0.23$). بین سایر گروه‌ها اختلاف آماری معنی‌دار وجود نداشت (نمودار ۱).

جدول ۱: میزان استحکام کششی بین گروه‌های مورد مطالعه

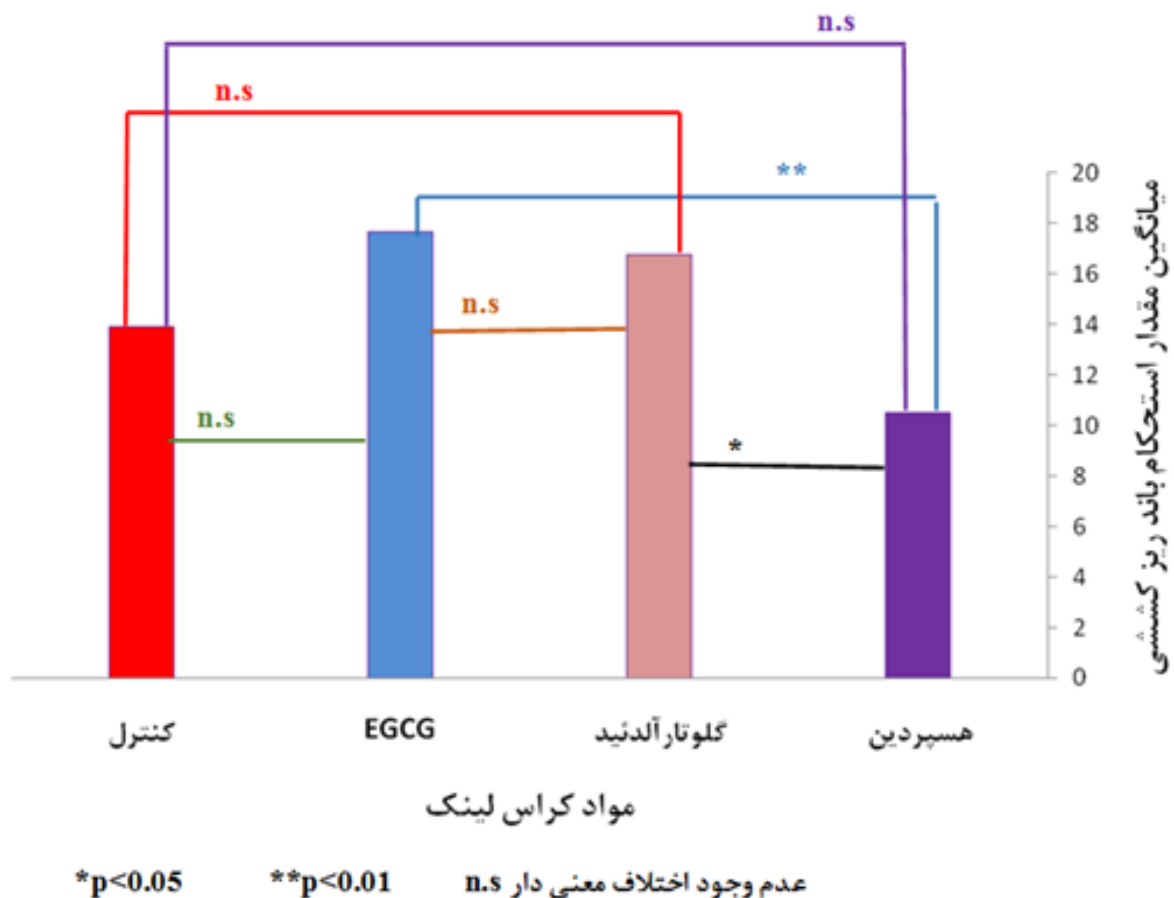
گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	P
کراس لینک EGCG	17.66 ± 6.08	
گلو تار آلدئید	16.75 ± 5.83	
کنترل	13.91 ± 4.5	0.006
هسپردین	10.49 ± 7.3	

استحکام باند ریز کششی توسط دستگاه (EZ Test, Shimad Zu CD, kyoto, Japan) با سرعت ۱ crosshead میلی‌متر بر دقیقه بر روی نمونه‌ها صورت گرفت و نتایج به صورت MPa گزارش شد.

پس از توزیع نرمالیتی داده‌های استحکام توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov، داده‌ها با آزمون‌های آماری ANOVA و Tukey در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (version 22, IBM Corporation, Armonk, NY) تجزیه و تحلیل شدند و سطح معنی‌دار ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون ANOVA نشان داد استحکام کششی بین گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0.06$) که بالاترین میزان استحکام باند ریز کششی مربوط به کراس



نمودار ۱: مقایسه‌ی میانگین دو به دو استحکام باند ریز کششی با استفاده از مواد کراس لینک مختلف.

بحث

با تأیید فرضیه‌ی صفر، نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که استحکام باند ریز کششی در نمونه‌های اچ شده با EGCG بیشتر از نمونه‌های اچ شده با دیگر مواد کراس لینک بود، اگرچه اختلاف معنی‌داری در استفاده کردن و یا استفاده نکردن (کنترل) از کراس لینک‌های کلاژنی گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG وجود نداشت. یعنی استحکام باند ریز کششی کامپوزیت به عاج دندان با استفاده از کراس لینک‌های کلاژنی افزایش نمی‌یابد. نتایج نشان داد که اختلاف استحکام باند نمونه‌های اچ شده با هسپردین و گلوترآلدئید و هسپردین و EGCG معنی‌دار بود ولی اختلاف معنی‌داری در استفاده از گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG با نمونه‌های کنترل مشاهده نشد. Bedran-Russo و همکاران نیز اختلاف معنی‌داری بین گروه کنترل و گروه مورد مطالعه با گلوترآلدئید ۵ درصد مشاهده نکردند که با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت داشت (۱۶).

در بحث اثرات کراس لینکرها بر استحکام باند بین یافته‌های محققین تفاوت‌های زیادی وجود دارد. این عدم همخوانی داده‌ها در دامنه‌ی وسیعی از میزان استحکام باند در مطالعات آزمایشگاهی وجود دارد (۱۷) که بیشتر در نمونه‌های ذخیره‌سازی شده نشان داده شده است، نه نمونه‌هایی که تحت بررسی فوری قرار گرفته‌اند که ممکن است به تفاوت در نوع سیستم ادهزیو استفاده شده و روش ذخیره‌سازی نمونه‌ها مربوط باشد. به طوریکه در نمونه‌های ذخیره‌سازی در آب، عدم همخوانی بیشتری نسبت به ذخیره‌سازی در بزاق مصنوعی و دیگر روش‌های ذخیره‌سازی داشته است (۱۸).

در این مطالعه نمونه‌ها تحت بررسی فوری قرار نگرفته‌اند و همچنین از روش ذخیره‌سازی در آب استفاده شده است. در مطالعه‌ی Epasinghe و همکاران، در بررسی اثر سه کراس لینک فلاونوئیدی پروآنتوسیانیدین، نارینجین و کورکتین بر خصوصیات مکانیکی دندان‌های دمنرالیز شده، نشان داده شد که استحکام باند به طور معنی‌داری تحت تأثیر

استفاده از کراس لینک‌های فلاونوئیدی است و بیشترین میزان UTS در نمونه‌های مورد مطالعه با پروآنتوسیانیدین بدست آمد (۱۹).

همچنین نتایج مطالعه‌ی Srinivasulu و همکاران در مقایسه‌ی اثر دو کراس لینک کلاژنی آسکوربیت سدیم و پروآنتوسیانیدین بر روی استحکام باند ریز کششی کامپوزیت به عاج دندان نشان از معنی‌دار بودن اختلاف بین کراس لینک‌های استفاده شده داشت و استفاده از کراس لینک پروآنتوسیانیدین بیشترین استحکام باند ریز کششی کامپوزیت به عاج دندان را ایجاد کرده بود. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از هر دو کراس لینک استحکام باند را به طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌های شاهد (بدون استفاده از کراس لینک) افزایش می‌دهد (۲۰).

در مطالعه‌ی مایار و همکاران در بررسی و مقایسه‌ی اثر کلرگزیدین، پروآنتوسیانیدین و عصاره‌ی هسته انگور بر استحکام باند ریز کششی کامپوزیت به عاج نشان داده شد که گروه کنترل بیشترین استحکام باند و کلرگزیدین با عصاره‌ی هسته‌ی انگور، کمترین استحکام باند را نسبت به دیگر گروه‌ها داشته‌اند (۲۱).

عوامل کراسلینک می‌توانند با کاهش فضاهای خالی و شکاف‌ها توسط مولکول‌هایی با طول کوتاه باعث کاهش جذب آب و تورم کمتر ناحیه و به تبع کاهش جذب کلاژناز شوند. همچنین در افزایش استحکام باند ارتباط بین عامل کراس لینک و نوع ادهزیو نیز مهم و مؤثر است. وجود میزان میل ترکیبی زیاد بین حلال‌های موجود در ادهزیو و عامل کراس لینک می‌تواند موجب کاهش استحکام باند ریز کششی شود. بنابراین نمونه‌هایی که در آن‌ها از کراس لینک‌های کلاژنی استفاده نشده (کنترل) میزان بیشتری از استحکام باند ریز کششی را می‌توانند نشان دهند (۲۲).

از طرف دیگر تعامل بالقوه‌ی کراس لینک‌های کلاژن با پروتئین‌های غیر کلاژن مانند پروتئوگلیکان و MMPs می‌تواند خصوصیات بافتی اثر بگذارد و شکل سه بعدی آنزیم‌ها را تغییر دهد و در نتیجه باعث مهار آنزیم‌ها شود (۲۳).

(۱۴). در این مطالعه از غلظت ۲ درصد EGCG بدون ترکیب با الکل استفاده شده است.

همچنین Islam و همکاران به این نتیجه رسیدند که افزودن هسپردین در غلظت ۵ درصد به پرایمر در جلوگیری از گسستگی فیبرهای کلاژن و افزایش استحکام باند به مراتب اثر طولانی‌تری نسبت به غلظت هسپردین ۲ درصد دارد. در این مطالعه از غلظت هسپردین ۲ درصد استفاده شده است (۲).

در انتها پیشنهاد می‌شود جهت افزایش استحکام باند ریزکشی کامپوزیت به عاج دندان، مواد کراس لینک دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرند. و نوع الگوی شکست ترمیم چسبده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین با در نظر گرفتن شرایط آزمایشگاهی و محدودیت‌های آن برای اعمال اثر کراس لینک‌های کلاژنی، طراحی مطالعات بیشتری در زمینه‌ی پیشرفت یک متدولوژی جدید در راستای ایجاد محیطی همانند شرایط دهان ضروری است.

نتیجه‌گیری

استحکام باند ریز کشی در نمونه‌های اچ شده با EGCG بیشتر از نمونه‌های اچ شده با دیگر مواد کراس لینک است اگرچه اختلاف معنی‌داری در استفاده کردن و یا استفاده نکردن (کنترل) از کراس لینک‌های کلاژنی گلوترآلدئید، هسپردین و EGCG وجود نداشت.

سپاسگزاری

از تمامی عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند سپاسگزاریم.

در مطالعه‌ی مروری و متاآنالیز Chen و همکاران در ارزیابی نقش کراس لینک کلاژن در عملکرد باندینگ به این نتیجه رسیدند که روش‌های مختلف استفاده از کراس لینک‌ها در نتایج بلندمدت تنها در صورت استفاده برای مدت زمان طولانی مؤثر بودند، در حالی که در نتایج فوری از نظر آماری تفاوتی وجود نداشت (۱۵). بر اساس نتایج فوری و بلندمدت، چسب‌های اچ-و-شستشو (Etch-and-Rinse, ER) عملکرد اتصال بهتری نسبت به گروه‌های کنترل نشان دادند، در حالی که چسب‌های خود اچ‌کننده (Self-Etching, SE) مقادیر استحکام باند مشابهی نشان دادند. همچنین ترکیبات مشابه Dope عملکرد اتصال بلندمدت بالاتری نسبت به سایر کراس لینک‌ها دارند.

Hardan و همکاران نیز در مطالعه‌ی مروری و متاآنالیز خود نشان دادند که استفاده از عوامل کراس لینک‌کننده مانند کاربودیامید، EDTA، گلوترآلدئید، ربیوفلاوین و EGCG موجب بهبود استحکام باند بلندمدت سیستم‌های باندینگ به دنتین می‌شود. این اثر هم در صورت استفاده به‌عنوان یک مرحله مجزا و هم در صورت افزودن به فرمولاسیون ادهزیو مشاهده شد (۲۴).

عدم همخوانی موجود در نتایج بدست آمده در تحقیقات گذشته و نتایج حاصل در مطالعه‌ی حاضر و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در گروه کنترل و نمونه‌های اچ شده با مواد مختلف کراس لینک می‌تواند به دلیل مدت زمان اعمال مواد مصرفی و غلظت‌های آنها باشد.

در مطالعه‌ی Yang همکاران نشان داده شد که استفاده از 2% EGCG در ترکیب با اتانول استحکام باند بیشتری نسبت به EGCG چه در غلظت‌های مختلف و یا ترکیب با آب دارد

References

1. Al-Ammar A, Drummond JL, Bedran-Russo AK. The use of collagen cross-linking agents to enhance dentin bond strength. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009; 91(1): 419-24.
2. Islam S, Hiraishi N, Nassar M, Yiu C, Otsuki M, Tagami J. Effect of natural cross-linkers incorporation in a self-etching primer on dentine bond strength. J Dent 2012; 40(12): 1052-9.
3. Zhang SC, Kern M. The role of host-derived dentinal matrix metalloproteinases in reducing dentin bonding of resin adhesives. Int J Oral Sci 2009; 1(4): 163-76

4. Monticelli F, Toledano M, Silva AS, Osorio E, Osorio R. Sealing effectiveness of etch-and-rinse vs self-etching adhesives after water aging: influence of acid etching and NaOCl dentin pretreatment. *J Adhes Dent* 2008; 10(3): 183-8.
5. Hashimoto M, Fujita S, Endo K, Ohno H. In vitro degradation of resin-dentin bonds with one-bottle self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci* 2009; 117(5): 611-7.
6. van Dijken JWV, Sunnegårdh-Grönberg K, Lindberg A. Clinical long-term retention of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions. A 13 years evaluation. *Dent Mater* 2007; 23(9): 1101-7.
7. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30(7-8): 371-82.
8. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials* 2003; 24(21): 3795-803.
9. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 2006; 22(10): 973-80.
10. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004; 83(3): 216-21.
11. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79(6): 1385-91.
12. Marshall GW Jr, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997; 25(6): 441-58.
13. Yamauchi M, Shiiba M. Lysine hydroxylation and crosslinking of collagen. *Methods Mol Biol* 2002; 194: 277-90.
14. Yang H, Guo J, Deng D, Chen Z, Huang C. Effect of adjunctive application of epigallocatechin-3-gallate and ethanol-wet bonding on adhesive-dentin bonds. *J Dent* 2016; 44: 44-9.
15. Chen H, Sun G, Wang H, Yu S, Tian Z, Zhu S. Effect of collagen cross-linkers on dentin bond strength: A systematic review and network meta-analysis. *Front Bioeng Biotechnol* 2023; 10: 1100894.
16. Bedran-Russo AKB, Pereira PNR, Duarte WR, Drummond JL, Yamauchi M. Application of crosslinkers to dentin collagen enhances the ultimate tensile strength. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007; 80(1): 268-72.
17. De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Vivan Cardoso M, Van Landuyt KL, et al. Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res* 2012; 91(4): 351-7.
18. Montagner AF, Sarkis-Onofre R, Pereira-Cenci T, Cenci MS. MMP Inhibitors on Dentin Stability: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93(8): 733-43.
19. Epasinghe DJ, Yiu CK, Burrow MF, Tsoi JK, Tay FR. Effect of flavonoids on the mechanical properties of demineralised dentine. *J Dent* 2014; 42(9): 1178-84.
20. Srinivasulu S, Vidhya S, Sujatha M, Mahalaxmi S. Shear bond strength of composite to deep dentin after treatment with two different collagen cross-linking agents at varying time intervals. *Oper Dent* 2012; 37(5): 485-91.
21. Mapar M, Zakavi F, Farkhondeh Aghideh N, Rahmani Shahriari F, Siahposh A. The comparison of effect of chlorhexidine and proanthocyanidin and grape seed extract on composite-dentin micro tensile bond strength: an in vitro experimental study [in Persian]. *Jundishapur Sci Med J* 2016; 15(3): 283-92.
22. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004; 83(3): 216-21.
23. Kim J, Gu L, Breschi L, Tjäderhane L, Choi KK, Pashley DH, et al. Implication of ethanol wet-bonding in hybrid layer remineralization. *J Dent Res* 2010; 89(6): 575-80.
24. Hardan L, Daood U, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Devoto W, Zarow M, et al. Effect of collagen crosslinkers on dentin bond strength of adhesive systems: a systematic review and meta-analysis. *Cells* 2022; 11(15): 2417.