

Effect of Whitening and Conventional Toothpastes on the Surface Roughness of Nanofilled and Nanofiber-Reinforced Composite Resins: An *In Vitro* Study

Mahdi Mardi¹, Elham Zajkani^{2*}, Kamyar Mansori³

¹Dentist, Zanjan, Iran

²Associate Professor; Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

³Associate Professor; Social Determinants of Health Research Center, Health and Metabolic Diseases Research Institute, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

Received: 1 June 2026, Accepted: 9 September 2026

Background: The surface roughness of resin composites plays an important role in discoloration, and reduced longevity of restorations. The purpose of this study was to evaluate the effect of conventional and whitening toothpaste on the surface roughness of two resin composites after simulated toothbrushing.

Methods and Materials: In this *in vitro* experimental study, 60 cylindrical composite resin specimens (3 mm in diameter and 5 mm in height) were prepared using either the nanofilled composite Estelite Asteria (Tokuyama Dental, Tokyo, Japan) or the nanofiber-reinforced composite Novapro Fill (Nanova Inc., Columbia, MO, USA). The samples were randomly divided into four groups (n = 15): (1) Asteria specimens brushed with whitening toothpaste (Signal White System, Unilever, London, UK); (2) Novapro Fill specimens (Nanova Inc., Columbia, MO, USA) brushed with whitening toothpaste; (3) Asteria specimens brushed with conventional toothpaste (Signal Cavity Fighter, Unilever, London, UK); and (4) Novapro Fill specimens brushed with conventional toothpaste. Baseline surface roughness was measured using a contact profilometer (TR-200, TIME Group Inc., Beijing, China). The samples were then subjected to simulated toothbrushing cycles equivalent to approximately one month of toothbrushing, and surface roughness was remeasured. Data were analyzed with independent t-tests and Two-way ANCOVA (P value < 0.05).

Results: Surface roughness increased after toothbrushing in all groups. The final roughness in the whitening toothpaste groups were significantly higher than in the conventional toothpaste groups (P=0.003). The difference in final roughness between the two composites was not statistically significant (P=0.072). The difference in final roughness between whitening and conventional toothpaste was not significant for Asteria (P=0.122), whereas in Novapro Fill the whitening toothpaste produced a significantly higher final roughness than the conventional toothpaste (P=0.009).

Conclusion: Whitening toothpastes increased the surface roughness of composite resins compared with conventional toothpaste.

Keywords: Resin composite, surface roughness, whitening toothpaste

***Corresponding Author:** e.zajkani@zums.ac.ir

➤ Please cite this paper as: Mardi M, Zajkani E, Mansori K. Effect of whitening and conventional toothpastes on the surface roughness of nanofilled and nanofiber-reinforced composite resins: an *in vitro* study. *J Mashhad Dent Sch* 2026; 50(3):237-249.

➤ DOI: [10.22038/jmds.2026.28347](https://doi.org/10.22038/jmds.2026.28347)



تأثیر خمیر دندان‌های معمولی و سفیدکننده بر خشونت سطحی دو نوع رزین کامپوزیت نانوفیلر و نانوفایبر در محیط آزمایشگاهی

مهدی مردی^۱، الهام زاجکانی^{۲*}، کامیار منصوری^۳

^۱دندانپزشک، زنجان، ایران

^۲دانشیار، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

^۳دانشیار، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، پژوهشکده سلامت و بیماری‌های متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۵/۰۳/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۸

چکیده

مقدمه: خشونت سطح رزین کامپوزیت‌ها نقش مهمی در تغییر رنگ و کاهش طول عمر ترمیم‌ها دارد. هدف این مطالعه، ارزیابی اثر خمیر دندان‌های معمولی و سفیدکننده بر خشونت سطحی دو رزین کامپوزیت پس از مسواک زدن شبیه‌سازی شده بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی، ۶۰ نمونه استوانه‌ای کامپوزیتی با استفاده از کامپوزیت نانوفیلر Estelite Asteria (Tokuyama Dental, Tokyo, Japan) و یا کامپوزیت نانوفایبر Novapro Fill (Nanova Inc., Columbia, MO, USA) با ابعاد (۵×۳ میلی‌متر) تهیه شد. از خمیر دندان سفیدکننده (Signal White System, Unilever, London, UK) و یا خمیر دندان معمولی (Signal Cavity Fighter, Unilever, London, UK) به همراه مسواک نرم استفاده شد. نمونه‌ها به صورت رندوم به چهار گروه تقسیم شدند (n=۱۵): گروه اول، نمونه‌های کامپوزیت Asteria با خمیر دندان سفیدکننده، گروه دوم، نمونه‌های کامپوزیت Novapro Fill با خمیر دندان سفیدکننده، گروه سوم، نمونه‌های کامپوزیت Asteria با خمیر دندان معمولی، گروه چهارم، نمونه‌های کامپوزیت Novapro Fill با خمیر دندان معمولی. خشونت سطحی در ابتدا با استفاده از پروفیلومتر تماسی (TR-200, TIME Group Inc., Beijing, China) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها تحت مسواک زدن شبیه‌سازی شده با چرخه‌های معادل تقریباً یک ماه مسواک زدن قرار گرفتند و خشونت سطحی دوباره اندازه‌گیری شد. داده‌ها با آزمون t مستقل و آنالیز کوواریانس دوطرفه (Two-way ANCOVA) تجزیه و تحلیل شدند (p<۰/۰۵).

یافته‌ها: خشونت سطحی پس از مسواک زدن در همه گروه‌ها افزایش یافت. خشونت نهایی در گروه خمیر دندان سفیدکننده به طور قابل توجهی بیشتر از گروه خمیر دندان معمولی بود (p=۰/۳۰۰). تفاوت در خشونت نهایی بین دو کامپوزیت از نظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۰۷۲). در تجزیه و تحلیل متقابل، تفاوت در خشونت نهایی بین خمیر دندان سفیدکننده و معمولی برای Asteria معنی‌دار نبود (p=۰/۱۲۲)، در حالی که در Novapro Fill، خمیر دندان سفیدکننده خشونت نهایی به طور قابل توجهی بالاتر نسبت به خمیر دندان معمولی ایجاد کرد (p=۰/۰۰۹).

نتیجه‌گیری: خمیر دندان سفیدکننده می‌تواند باعث خشونت سطحی بیشتری روی کامپوزیت‌ها در مقایسه با خمیر دندان معمولی شود.

کلمات کلیدی: کامپوزیت رزین، خشونت سطحی، خمیر دندان سفیدکننده

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۵ / دوره ۵۰ / شماره ۳: ۲۳۷-۲۴۹

* مؤلف مسئول، نشانی: دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

E-mail: e.zajkani@zums.ac.ir

مقدمه

در دندانپزشکی ترمیمی معاصر، رزین کامپوزیت‌ها به دلیل زیبایی، تطابق رنگی و قابلیت باندینگ مناسب به ساختار دندان، یکی از پرکاربردترین مواد برای ترمیم‌های قدامی و خلفی هستند. با این حال، موفقیت طولانی مدت ترمیم‌های کامپوزیتی تنها به استحکام و زیبایی اولیه محدود نمی‌شود و کیفیت سطحی ترمیم نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ زیبایی و سلامت بافت‌های اطراف دارد. یکی از شاخص‌های کلیدی کیفیت سطح، خشونت سطحی (surface roughness) است که معمولاً با پارامتر Ra بیان می‌شود. افزایش خشونت سطحی می‌تواند با افزایش تجمع پلاک میکروبی، مستعد شدن سطح به تغییر رنگ، کاهش براق بودن و در نهایت افت دوام بالینی ترمیم همراه باشد.^(۱-۳) از منظر بالینی نیز گزارش شده است که مقادیر بالاتر خشونت می‌تواند شرایط مناسب‌تری برای تجمع پلاک فراهم کند و ناهمواری سطح در مقادیر مشخصی برای بیمار قابل درک می‌باشد.^(۱،۴)

خشونت سطحی کامپوزیت‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله نوع ماتریکس رزینی، میزان و ویژگی‌های فیلر (اندازه، شکل و توزیع)، کیفیت پلیمریزاسیون و نیز نحوه فینیشینگ و پولیش قرار دارد.^(۵-۷) شواهد نشان می‌دهد کامپوزیت‌هایی با فیلرهای ریزتر-به‌ویژه در دسته نانو-پس از پولیش می‌توانند سطح صاف‌تر و براق پایدارتری ایجاد کنند و در بسیاری از شرایط نسبت به سایش، رفتار سطحی مطلوب‌تری نشان دهند.^(۸،۹) در سال‌های اخیر، به دنبال پیشرفت فناوری نانو، نسل‌های جدیدی از مواد شامل نانوفیلرها و نیز کامپوزیت‌های تقویت‌شده با نانوفایر معرفی شده‌اند. نانوفیلرها معمولاً با هدف بهبود پولیش‌پذیری و پایداری سطحی توسعه یافته‌اند.^(۹) در حالی که کامپوزیت‌های نانوفایر با افزودن ساختارهای فیبری در مقیاس نانو به دنبال ارتقای برخی خواص مکانیکی و تغییر الگوی توزیع تنش هستند.^(۱۰-۱۲) با وجود این نوآوری‌ها،

عملکرد سطحی این مواد در مواجهه با سایش روزمره همچنان نیازمند ارزیابی دقیق‌تر است.

از میان عوامل کلینیکی مؤثر بر تغییرات سطحی، مسواک‌زدن روزانه همراه با خمیردندان یکی از مهم‌ترین منابع سایش مکانیکی برای ترمیم‌های کامپوزیتی محسوب می‌شود. ترکیب و ساینده‌ی خمیردندان می‌تواند موجب برداشت تدریجی ماتریکس رزینی و یا بیرون‌زدگی و جداشدگی فیلرها شده و در نتیجه خشونت سطحی را افزایش دهد.^(۱۳،۱۴) در این میان، گرایش روزافزون بیماران به استفاده از محصولات سفیدکننده -به‌ویژه خمیردندان‌های سفیدکننده- باعث شده است اثرات این محصولات بر مواد ترمیمی اهمیت بیشتری پیدا کند.^(۱۵،۱۶) خمیردندان‌های سفیدکننده غالباً با سازوکار لکه‌زدایی مکانیکی و یا ترکیبات فعال، می‌توانند نسبت به خمیردندان‌های معمولی پتانسیل ساینده‌ی بیشتری داشته باشند و بنابراین احتمال ایجاد تغییرات سطحی در کامپوزیت‌ها مطرح است.^(۱۷،۱۸)

مطالعات آزمایشگاهی متعدد نشان داده‌اند که مسواک‌زدن شبیه‌سازی‌شده می‌تواند خشونت سطحی کامپوزیت‌ها را افزایش دهد، اما نتایج درباره شدت اثر و نقش سفیدکننده خمیردندان همواره یکسان نیست و به نوع ماده، نوع فیلر و شرایط شبیه‌سازی وابسته است. افزون بر این، بخش قابل توجهی از شواهد موجود بر کامپوزیت‌های نانوهایبرید و میکروهایبرید تمرکز داشته و داده‌های مستقیم درباره کامپوزیت‌های نانوفایر -به‌عنوان دسته‌ای نوظهور- محدودتر است.^(۱۰،۱۲) بنابراین، هنوز یک خلأ علمی در زمینه مقایسه مستقیم پاسخ سطحی کامپوزیت‌های نانوفیلر و نانوفایر در برابر مسواک‌زدن با خمیردندان‌های معمولی و سفیدکننده وجود دارد؛ خلأیی که پاسخ به آن می‌تواند در انتخاب ماده ترمیمی و توصیه بهداشتی مناسب برای بیماران دارای ترمیم‌های کامپوزیتی مؤثر باشد.^(۱۳،۱۴)

کامپوزیت‌ها در جدول ۱ و خمیردندان‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. از هر کامپوزیت ۳۰ دیسک با قطر ۵ میلی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر به کمک قالب استوانه‌ای تهیه شد. برای استانداردسازی سطح، دو طرف قالب با نوار ماتریکس شفاف پوشانده شد و یک اسلب شیشه‌ای (ضخامت ۱ میلی‌متر) روی سطح قرار گرفت؛ سپس وزنه ۳ کیلوگرمی به مدت ۳۰ ثانیه اعمال شد تا حباب‌ها حذف شوند. کامپوزیت‌ها مطابق دستور کاتالوگ به مدت ۲۰ ثانیه با زاویه ۹۰ درجه و فاصله ۱ میلی‌متری از سطح کامپوزیت‌ها با شدت 1200 mW/cm^2 توسط لایت کیور (Radii-Cal CX (SDI Limited, Bayswater, Victoria, Australia) کیور شدند. پس از کیور، اضافات با تیغ جراحی شماره ۱۵ برداشته شد و پرداخت با دیسک‌های پرداخت کامپوزیت (Tor VM, Russia) در سه مرحله coarse, medium و soft هر کدام به مدت ۳۰ ثانیه انجام شد و بین مراحل شست‌وشو صورت گرفت. نمونه‌ها کدگذاری شده و به ظروف اختصاصی هر گروه منتقل شدند. سپس همه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد داخل انکوباتور نگهداری شدند.

خشونت سطحی اولیه با پروفیلومتر تماسی TR-200 (TIME Group Inc., Beijing, China) اندازه‌گیری شد. برای هر نمونه، اندازه‌گیری در سه خط موازی با فاصله ۲ میلی‌متر انجام و میانگین مقادیر Ra به عنوان خشونت سطحی آن نمونه ثبت گردید.

مسواک‌زدن با ماشین مسواک‌زنی شبیه‌سازی شده (مدل تک ساخت، ساخت شرکت درسا، ایران) پس از کالیبراسیون انجام شد؛ دستگاه امکان مسواک‌زدن همزمان ۸ نمونه را داشت. مسواک‌های Allwhite Healthy Clean (Koodak Toos soft Co., Mashhad, Iran) در دستگاه با استفاده از چسب به گونه‌ای فیکس شدند که در طی انجام یک سیکل کامل، موهای مسواک بر روی سطح فوقانی نمونه‌ها تماس داشته باشد. حرکت مسواک‌ها به صورت رفت و برگشتی بود. هر نمونه به صورت جداگانه بر روی صفحه شیشه‌ای مخصوص محفظه

بر این اساس، هدف مطالعه حاضر بررسی و مقایسه اثر مسواک‌زدن شبیه‌سازی شده با خمیردندان معمولی و خمیردندان سفیدکننده بر خشونت سطحی (Ra) دو نوع کامپوزیت رزینی شامل یک کامپوزیت نانوفیلر (asteria) و یک کامپوزیت نانوفایبر، نانوهیبرید (خ novapro) در شرایط آزمایشگاهی بود. فرضیه صفر این مطالعه این بود که مسواک‌زدن با خمیردندان سفیدکننده نسبت به خمیردندان معمولی افزایش بیشتری در خشونت سطحی کامپوزیت ایجاد نمی‌کند؛ همچنین پاسخ سطحی این تغییرات به نوع کامپوزیت (نانوفیلر در برابر نانوفایبر) وابسته نیست.

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی (in vitro) با طراحی عاملی دوطرفه بود که در آن اثر نوع کامپوزیت (نانوفیلر/نانوفایبر) و نوع خمیردندان (معمولی/سفیدکننده) بر خشونت سطحی (Ra) به عنوان متغیر وابسته بررسی شد. (کد اخلاق: IRZUMSBLC.1404.025)

حجم نمونه بر اساس مطالعه Charamba و همکاران^(۲۴) و با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵٪ و توان ۸۰٪، ۱۵ نمونه ($n=15$) برای هر گروه برآورد شد (در مجموع ۶۰ دیسک). نمونه‌ها به چهار گروه تقسیم شدند:

گروه اول: خمیردندان سفیدکننده + Estelite Asteria

گروه دوم: خمیردندان سفیدکننده + Novapro Fill

گروه سوم: خمیردندان معمولی + Estelite Asteria

گروه چهارم: خمیردندان معمولی + Novapro Fill

دو رزین کامپوزیت مورد استفاده شامل Estelite Asteria (Tokuyama Dental, Tokyo, Japan) به عنوان نانوفیلر و Novapro Fill (Novapro Inc., Columbia, MO, USA) به عنوان نانوفایبر بود. همچنین دو خمیردندان شامل Signal White (Unilever, London, UK) System کننده و Signal Cavity Fighter (Unilever, London, UK) به عنوان خمیر دندان معمولی به کار رفتند. مشخصات و ترکیبات

جدول ۱. کامپوزیت‌های مورد استفاده در مطالعه

نام کامپوزیت	شرکت سازنده	نوع ماده	ترکیبات سازنده	ماتریکس
Estelite Asteria	Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japan	نانوفیلر	Filler load: 82% by weight: Supra-nano spherical filler (200 nm silica-zirconia), composite filler (200 nm silica-zirconia)	Bis-GM, Bis-MPEPP, UDMA, and TEGDMA
Novapro fill	Nanova, MO, USA	نانوفایبر	Filler load: 77% by weight: nanohybride, Barium silicate glass, amorphous fumed silica, hydroxyapatite fiber (diameter in nanometer scale (50–200 nm) and length in range between 100 and 150 μ m)	Bis-EMA, UDMA, TEGDMA

جدول ۲. خمیردندان‌های مورد استفاده در مطالعه

نام خمیردندان	شرکت سازنده	نوع ماده	ترکیبات سازنده
White System Signal	Unilever	خمیردندان سفیدکننده	سوربیتول، آب، سیلیکای هیدراته، کلسیم کربنات، سدیم منوفلورو فسفات، سدیم لوریل سولفات، سدیم ساخارین، تری سدیم فسفات، صمغ سلولز، بنزیل الکل، طعم دهنده
Cavity Fighter Signal	Unilever	خمیردندان معمولی	کلسیم کربنات، سوربیتول، سیلیکای هیدراته، سدیم لوریل سولفات، سدیم منوفلورو فسفات، پتاسیم نترات، صمغ سلولز، تری سدیم فسفات، بنزیل الکل، سدیم ساخارین، لیمون، طعم دهنده، آب

هوا خشک شدند. خشونت سطحی ثانویه مجدداً با همان پروتکل (سه خط موازی با فاصله ۲ میلی‌متر و میانگین Ra) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با آزمون Kolmogorov-Smirnov بررسی و تأیید شد. برای مقایسه‌های دوجانه بین گروه‌ها (شامل مقایسه دو نوع خمیردندان، دو نوع کامپوزیت، و مقایسه‌های متقاطع در زیرگروه‌ها) از آزمون t مستقل استفاده گردید. برای بررسی اثر هم‌زمان نوع خمیردندان و نوع کامپوزیت بر خشونت سطحی پس از مسواک‌زدن، با کنترل اثر خشونت سطحی اولیه به‌عنوان کوواریت، از آنالیز کوواریانس دوطرفه (Two-way ANCOVA) استفاده شد. ضرایب رگرسیونی (B) مربوط به متغیرهای پیش‌بین، از مدل رگرسیون خطی چندگانه به روش Enter در چارچوب آنالیز کوواریانس استخراج گردید. پیش از اجرای آزمون‌ها، مفروضه‌های همگنی

سایش دستگاه با استفاده از پوتی با ویسکوزیته بالا Hydro detax addition (DETAX GmbH & Co. KG, Ettlingen, Germany) فیکس شد و هر صفحه در یک محفظه سایش استوانه‌ای قرار گرفت. جهت تهیه سوسپانسیون، خمیردندان و آب مقطر با نسبت جرمی ۱ به ۳ مخلوط و با همزن مغناطیسی (VELP Scientifica Srl, Usmate Velate, Italy) یکنواخت شد. محلول خمیردندان در مجاورت نمونه‌ها و مسواک قرار گرفت. دستگاه را بر روی سیکل ۱۱۲۰ (هر دقیقه ۸۳ سیکل هر ساعت ۵۰۰۰ سیکل) تنظیم کردیم که معادل ۱ ماه استفاده از خمیردندان است.^(۸،۱۳،۱۵) برای هر ۸ نمونه محلول تعویض شد و پس از مسواک‌زدن ۳۰ نمونه اول، مسواک‌ها تعویض گردیدند.

پس از پایان مسواک‌زنی، دیسک‌ها زیر آب جاری شسته شدند، ۱۰ دقیقه در آب مقطر غوطه‌ور گردیدند و سپس با پوآر

نداشت ($p=0/751$). اما پس از مسواک زدن میانگین خشونت سطحی در گروه خمیردندان سفیدکننده به طور معنی داری بیشتر از خمیردندان معمولی بود ($p=0/003$).

مقایسه بر اساس نوع کامپوزیت (صرف نظر از نوع خمیردندان):

بر اساس نتایج جدول ۵، در مرحله قبل از مسواک زدن اختلاف معنی داری بین دو کامپوزیت مشاهده نشد ($p=0/111$). در مرحله بعد از مسواک زدن نیز اختلاف بین دو کامپوزیت از لحاظ آماری معنی دار نبود؛ هر چند Novapro Fill میانگین بالاتری داشت ($p=0/072$).

اثر نوع خمیردندان در هر کامپوزیت:

در جداول ۵ تا ۷ مقایسه ها به تفکیک نوع خمیر دندان و نوع کامپوزیت آمده است.

بر اساس نتایج جدول ۶، در کامپوزیت Asteria قبل از مسواک زدن تفاوتی بین خمیردندان معمولی و سفیدکننده وجود نداشت ($p=0/365$). بعد از مسواک زدن نیز اگرچه میانگین گروه سفیدکننده بالاتر بود، اما اختلاف معنی دار نبود ($p=0/122$). در کامپوزیت Novapro Fill قبل از مسواک زدن تفاوت معنی داری بین دو خمیردندان مشاهده نشد ($p=0/352$). اما بعد از مسواک زدن خمیردندان سفیدکننده به طور معنی داری خشونت سطحی بیشتری نسبت به خمیردندان معمولی ایجاد کرد ($p=0/009$).

اثر نوع کامپوزیت در هر خمیردندان:

بر اساس نتایج جدول ۷، در خمیردندان سفیدکننده، قبل از مسواک زدن اختلاف معنی داری بین دو کامپوزیت مشاهده نشد ($p=0/102$) و بعد از مسواک زدن نیز اختلاف در حد مرزی و غیرمعنی دار بود ($p=0/064$)؛ با این حال Novapro Fill میانگین بالاتری نشان داد. در خمیردندان معمولی قبل از مسواک زدن ($p=0/751$) و بعد از مسواک زدن ($p=0/552$) اختلاف معنی داری بین دو کامپوزیت مشاهده نشد.

واریانس ها با آزمون Levene و همگنی شیب های رگرسیون بررسی و تأیید شدند. سطح معنی داری برای تمامی آزمون ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

نتایج حاصل از آنالیز کوواریانس دوطرفه با هدف بررسی تأثیر نوع خمیردندان و نوع کامپوزیت بر خشونت سطحی پس از کنترل اثر خشونت سطحی اولیه (به عنوان کوواریت) انجام شد و نتایج بطور کلی نشان داد، نوع خمیر دندان با خشونت سطحی مرتبط بود ($F=16/784$, $P<0/001$) ولی نوع کامپوزیت ($F=1/351$, $P=0/250$) و اثر متقابل ($F=0/482$, $P=0/502$) معنی دار نبود.

همچنین در جدول ۳ (برآورد پارامترهای مدل)، خمیردندان سفید کننده به طور معنی داری خشونت سطحی بیشتری نسبت به خمیردندان نوع ۲ ایجاد کرد ($B=84/102$, $P=0/001$)، در حالی که نوع کامپوزیت تأثیر معنی داری بر خشونت سطحی نداشت ($P=0/741$).

در کل بر اساس نتایج این مطالعه، پس از تعدیل اثر خشونت سطحی اولیه، نوع خمیردندان تأثیر معنی داری بر میزان خشونت ایجاد شده بر روی سطح کامپوزیت دارد، در حالی که نوع کامپوزیت تأثیر معنی داری در این زمینه ندارد. همچنین عدم وجود اثر تعاملی بین دو عامل نشان می دهد که تأثیر خمیردندان بر خشونت سطحی در هر دو نوع کامپوزیت به یک اندازه است. بنابراین، در انتخاب خمیردندان برای استفاده بر روی سطوح کامپوزیتی، توجه به نوع خمیردندان از اهمیت بیشتری برخوردار است و استفاده از خمیردندان معمولی (که خشونت کمتری ایجاد می کند) می تواند به حفظ کیفیت سطح کامپوزیت کمک نماید. مقایسه بر اساس نوع خمیردندان (صرف نظر از نوع کامپوزیت):

بر اساس نتایج جدول ۴، در مرحله قبل از مسواک زدن میانگین خشونت سطحی بین دو گروه خمیردندان تفاوت معنی داری

جدول ۳. برآورد ضرایب رگرسیونی (B) و سطح معنی‌داری متغیرهای مؤثر بر خشونت سطحی

پارامتر	B	خطای استاندارد	t	سطح معنی‌داری
خشونت سطحی قبل	۱/۶۰۷	۰/۲۲۵	۷/۱۵۶	
خمیر دندان سفید کننده	۸۴/۱۰۲	۲۴/۹۶۲	۳/۳۶۹	۰/۰۰۰
خمیر دندان معمولی	گروه مرجع	-	-	۰/۰۰۱
کامپوزیت Asteria	-۸/۲۰۱	۲۴/۶۸۹	-۰/۳۳۲	-
کامپوزیت Novapro Fill	گروه مرجع	-	-	۰/۷۴۱

جدول ۴. تعیین و مقایسه میانگین خشونت سطحی ($\mu\text{m} \times 10^{-3}$) قبل و بعد از مسواک زدن در دو گروه خمیردندان معمولی و سفید کننده

مسواک زدن	خمیر دندان معمولی	خمیر دندان سفید کننده	p-value
قبل	۱۲۲/۵۰	۱۱۵/۸۵	۰/۷۵۱
بعد	۲۳۵/۴۳	۳۱۲/۴۰	۰/۰۰۳
تفاوت	۱۲۲/۹۳	۱۹۶/۵۵	
p-value	۰/۵۵۲	۰/۰۶۴	

جدول ۵. تعیین و مقایسه میانگین خشونت سطحی ($\mu\text{m} \times 10^{-3}$) قبل و بعد از مسواک زدن در دو نوع کامپوزیت

مسواک زدن	کامپوزیت Asteria	کامپوزیت Novapro Fill	p-value
قبل	۱۰۵/۸۰	۱۲۲/۵۶	۰/۱۱۱
بعد	۲۵۰/۰۶	۲۷۹/۷۶	۰/۰۷۲
تفاوت	۱۴۴/۲۶	۱۷۵/۲	
p-value	۰/۱۲۲	۰/۰۰۹	

جدول ۶. مقایسه میانگین خشونت سطحی ($\mu\text{m} \times 10^{-3}$) قبل و بعد از مسواک زدن بین دو خمیردندان معمولی و سفیدکننده در هر یک از کامپوزیت‌ها

کامپوزیت	مرحله	خمیردندان	تعداد	میانگین	انحراف معیار	p-value
Asteria	قبل از مسواک زدن	سفیدکننده	۱۵	۱۰۰/۸۰	۲۹/۸۰	۰/۳۶۵
		معمولی	۱۵	۱۱۰/۸۰	۲۹/۷۲	
	بعد از مسواک زدن	سفیدکننده	۱۵	۲۷۱/۵۳	۸۵/۳۶	۰/۱۲۲
		معمولی	۱۵	۲۲۶/۶۰	۵۹/۸۱	
Novapro Fill	قبل از مسواک زدن	سفیدکننده	۱۵	۱۳۰/۹۳	۶۲/۳۱	۰/۳۵۲
		معمولی	۱۵	۱۱۴/۲۰	۲۸/۴۹	
	بعد از مسواک زدن	سفیدکننده	۱۵	۳۵۳/۲۷	۱۴۰/۰۴	۰/۰۰۹
		معمولی	۱۵	۲۴۲/۲۷	۶۴/۵۸	

جدول ۷. مقایسه میانگین خشونت سطحی ($3-10 \mu m$) قبل و بعد از مسواک زدن بین دو کامپوزیت در هر یک از خمیردندان‌های معمولی و سفیدکننده

خمیردندان	مرحله	کامپوزیت	تعداد	میانگین	انحراف معیار	p-value
سفیدکننده	قبل از مسواک زدن	Asteria	۱۵	۱۰۰/۸۰	۲۹/۸۰	۰/۱۰۲
		Novapro Fill	۱۵	۱۳۰/۹۳	۶۲/۳۱	
	بعد از مسواک زدن	Asteria	۱۵	۲۷۱/۵۳	۸۵/۳۶	۰/۰۶۴
		Novapro Fill	۱۵	۳۵۳/۲۷	۱۴۰/۰۴	
معمولی	قبل از مسواک زدن	Asteria	۱۵	۱۱۰/۸۰	۲۹/۷۲	۰/۷۵۱
		Novapro Fill	۱۵	۱۱۴/۲۰	۲۸/۴۹	
	بعد از مسواک زدن	Asteria	۱۵	۲۲۸/۶۰	۵۹/۸۱	۰/۵۵۲
		Novapro Fill	۱۵	۲۴۲/۲۷	۶۴/۵۸	

بحث

هدف این مطالعه، مقایسه اثر خمیردندان معمولی و سفیدکننده بر خشونت سطحی دو کامپوزیت نانوفیلر (Estelite Asteria) و نانوفایبر (Novapro Fill) پس از مسواک زدن شبیه‌سازی شده بود.

در پژوهش حاضر، همگن بودن شرایط آماده‌سازی و پالیش نمونه‌ها باعث شد در وضعیت پایه تفاوت قابل توجهی بین گروه‌ها مشاهده نشود؛ بنابراین تغییرات پس از مسواک زدن را می‌توان عمدتاً به اثر سایش ناشی از خمیردندان و برهم‌کنش آن با ساختار کامپوزیت نسبت داد.

یافته‌های مطالعه نشان داد که مسواک زدن شبیه‌سازی شده (معادل حدود یک ماه) در تمام گروه‌ها باعث افزایش خشونت سطحی شد. همچنین، خشونت نهایی در گروه خمیردندان سفیدکننده به‌طور معنی‌داری بیشتر از خمیردندان معمولی بود. از نظر نوع کامپوزیت، اختلاف خشونت نهایی بین Asteria و Novapro Fill به‌تنهایی معنی‌دار نبود، هرچند میانگین خشونت در Novapro Fill بیشتر بود. نکته مهم‌تر آن بود که در مقایسه‌ی متقاطع، در

خمیردندان سفیدکننده نسبت به خمیردندان معمولی در کامپوزیت Novapro Fill خشونت نهایی به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. در حالی که در کامپوزیت Asteria این تفاوت معنی‌دار نبود.

در راستای توضیح اثر ساینده‌ی قوی‌تر خمیردندان سفیدکننده نسبت به معمولی باید توجه داشت که بسیاری از خمیردندان‌های سفیدکننده (حتی زمانی که مبتنی بر کلسیم کربنات و سیلیکا هستند) به منظور افزایش توان لکه زدایی، از درصد بیشتر ذرات ساینده و تفاوت در اندازه و یا سختی ذرات استفاده می‌کنند؛ بنابراین معمولاً با مقادیر بالاتر شاخص‌هایی مانند RDA (Relative Dentin Abrasivity) و Ra همراهند.^(۲۵،۳۶) الگوی کلی افزایش خشونت سطحی پس از مواجهه با خمیردندان‌های سفیدکننده در برخی پژوهش‌های آزمایشگاهی نیز گزارش شده است. Ferreira و همکاران^(۲۱)، نتیجه گرفتند که اگرچه همه خمیردندان‌ها خشونت سطح کامپوزیت را افزایش می‌دهند، خمیردندان سفیدکننده می‌تواند اثر سایشی شدیدتری بر جای گذارد. این طیف نتایج نشان می‌دهد که فرمولاسیون خمیردندان و مشخصات ساینده‌ی آن می‌تواند

عامل تعیین‌کننده‌تری از نوع رزین (در بسیاری از شرایط) باشد. در مقابل Meseli و همکاران^(۲۲)، در ارزیابی خود تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌های خمیردندان (سفیدکننده و معمولی) از نظر خشونت سطحی گزارش نکردند و تنها عامل زمان مسواک‌زدن را مؤثر دانستند. این اختلاف می‌تواند به تفاوت در نوع و ریزساختار کامپوزیت‌های بررسی‌شده، تفاوت در ترکیب و اندازه ذرات ساینده خمیردندان‌ها، رقیق‌سازی خمیردندان، شرایط شبیه‌سازی مسواک‌زدن و تفاوت در روش اندازه‌گیری خشونت سطحی مربوط باشد.

از سوی دیگر، تعمیم‌پذیری نتایج به سایر خمیردندان‌ها و برندها باید با احتیاط انجام شود؛ زیرا در مطالعه حاضر تنها دو خمیردندان از یک برند بررسی شد. در این چارچوب، Deger و همکاران^(۲۷)، با بررسی خشونت سطحی رزین کامپوزیت بالک فیل بعد از مسواک زدن با خمیر دندانهای سفید کننده حاوی مواد پراکسید و بلوکوارین و ساینده به این نتیجه رسیدند که خشونت سطحی کامپوزیت ها بعد از مسواک زدن افزایش پیدا کرد. همچنین Yilmaz و همکاران^(۲۸)، در بررسی اثر چند خمیردندان سفیدکننده و معمولی بر کامپوزیت نانوهیبرید افزایش معنی‌دار خشونت سطحی و اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها را گزارش نکردند و در نتیجه‌گیری خود اشاره کردند که خمیردندان‌های سفیدکننده الزاماً تأثیر منفی مشخصی بر خشونت سطحی این کامپوزیت نشان نداده‌اند. Rosa و همکاران^(۲۹)، نیز هنگام ارزیابی کامپوزیت نانوهیبرید در برابر خمیردندان معمولی و چند نوع خمیردندان سفیدکننده، گرچه افزایش خشونت سطحی را مشاهده کردند، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود و بین گروه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری گزارش نشد. در مقابل، Monteiro و Spohr^(۳۰)، در مطالعه‌ای که چند نوع خمیردندان را مقایسه کرده بود،

گزارش کردند که خمیردندان سفیدکننده بیشترین میزان خشونت سطحی را ایجاد کرد و اختلاف آن نسبت به خمیردندان معمولی معنی‌دار بود.

در بررسی اثر نوع کامپوزیت، گرچه اختلاف خشونت نهایی Asteria (نانوفیلر) و Novapro Fill (نانوفایبر) به‌تنهایی معنی‌دار نبود، اما Novapro Fill میانگین بالاتری نشان داد و به‌ویژه در تعامل با خمیردندان سفیدکننده، افزایش خشونت سطحی بیشتری بروز کرد. این الگو را می‌توان با تفاوت‌های ریزساختاری دو ماده توضیح داد. کامپوزیت نانوفیلر Asteria به‌طور کلی به واسطه حضور نانوذرات کروی سیلیکا-زیرکونیا با توزیع یکنواخت و قابلیت پالیش‌پذیری مطلوب، می‌تواند سطحی هموارتر ایجاد کند و در برابر سایش ناشی از مسواک‌زدن رفتار پایداری بیشتری دهد.^(۳۰) در همین زمینه، Hazar و همکاران^(۳۰)، در ارزیابی چند کامپوزیت قدیمی گزارش کردند که خشونت سطحی پس از چرخه‌های مسواک‌زدن افزایش می‌یابد، اما Asteria در مقایسه با برخی مواد دیگر، خشونت سطحی پایین‌تری نشان داده است. Yu و همکاران^(۸)، نیز پس از ۸۰۰۰ سیکل مسواک‌زدن، گزارش کردند که کامپوزیت نانوفیلر کمترین میزان خشونت سطحی را در مقایسه با سایر انواع پرکننده‌ها نشان داد. با این حال، Da Silva و همکاران^(۳۱)، در شرایطی دیگر گزارش کردند که در کامپوزیت نانوفیلر Filtek Z350 پس از سیکل‌های مسواک‌زدن افزایش خشونت سطحی بیشتر از کامپوزیت میکروفیل Durafill بوده است؛ بنابراین نوع و نسبت پرکننده، ویژگی‌های ماتریکس و شرایط آزمون می‌تواند الگوی سایش را تغییر دهد. همچنین Velo و همکاران^(۳۲) در مقایسه سه کامپوزیت (از جمله NanovaPro Fill به‌عنوان نانوفایبر فلو) گزارش کردند که پس از سایش شبیه‌سازی‌شده با مسواک، NanovaPro Fill میانگین

در مطالعه حاضر، از پروفایلومتری جهت بررسی خشونت سطحی استفاده شد که خشونت سطحی را به صورت دو بعدی بررسی می‌کند. همچنین خشونت سطحی تنها در سه نقطه اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه گردید که دقت اندازه‌گیری خشونت سطحی را کاهش می‌دهد. بنابراین ممکن است مقادیر خشونت سطحی به دست آمده، نشان‌دهنده میزان خشونت سطحی واقعی این کامپوزیت‌ها در شرایط کلینیکی نباشد. همچنین مدت زمان مسواک‌زدن در این مطالعه معادل یک ماه بود که افزایش مدت زمان مسواک‌زدن، می‌تواند نتایج متفاوتی در پی داشته باشد.

خشونت سطحی رزین کامپوزیت‌ها، یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی کیفیت سطح ترمیم‌های زیبایی است و افزایش آن می‌تواند پیامدهایی مانند تجمع پلاک، تغییر رنگ و کاهش دوام ترمیم را به دنبال داشته باشد.^(۱،۴) بر این اساس، با در نظر گرفتن نتایج این مطالعه و سایر مطالعات، هرچند نمی‌توان نتیجه‌گیری قطعی داشت، در بیماران دارای ترمیم‌های کامپوزیتی-به‌ویژه کامپوزیت‌های تقویت شده با نانوفایبر-توصیه و تجویز خمیردندان‌های سفیدکننده باید با توجه به احتمال افزایش سایش و ناهمواری سطح با احتیاط بیشتری صورت گیرد و انتخاب خمیردندان‌های با ساینده‌گی کمتر، می‌تواند در کاهش این پیامدها مفید باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، مسواک‌زدن شبیه‌سازی شده با هر دو خمیردندان باعث افزایش خشونت سطحی کامپوزیت‌ها شد، اما خمیردندان سفیدکننده افزایش بیشتری ایجاد کرد. تفاوت خشونت نهایی بین Novapro و Novapro Fill به‌تنهایی معنی‌دار نبود، با این حال در Novapro Fill خمیردندان سفیدکننده نسبت به خمیردندان معمولی افزایش معنی‌دار خشونت سطحی ایجاد کرد، در حالی که در

خشونت سطحی و سایش بیشتری نسبت به Filtek Z350XT (نانوفیلد) و SDR (بالک‌فیل) نشان داده است.

در مورد Novapro Fill به‌عنوان کامپوزیت تقویت شده با الیاف نانوفایبر، حضور الیاف (از جمله الیاف هیدروکسی‌آپاتیت) با وجود بهبود برخی ویژگی‌های مکانیکی^(۱۰،۱۲)، می‌تواند در سایش سطحی الگوی متفاوتی ایجاد کند به طوری که در حین سایش مکانیکی ممکن است الیاف تا حدی در سطح نمایان شده یا از ماتریکس جدا شوند و به صورت برجستگی یا حفرات میکروسکوپی منجر به افزایش خشونت سطح شوند.^(۳۳) Sfondrini و همکاران^(۳۴)، نیز در بررسی ریتینرهای کامپوزیتی تقویت‌شده با فیبر گزارش کردند که پس از مسواک‌زدن، در تصاویر SEM تغییرات سطحی و نمایان شدن ساختاری در گروه‌های فیبری دیده می‌شود. Jafarnia و همکاران^(۳۵)، در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که در کامپوزیت‌های تقویت‌شده با فیبر کوتاه پس از فرآیندهای پالیش، خشونت سطحی افزایش می‌یابد که به فرسایش ماتریکس و فیبرها نسبت داده شده است. با این حال، Lassila و همکاران^(۳۶)، در آزمون سایش شبیه‌ساز جویدن گزارش کردند که برخی کامپوزیت‌های تقویت‌شده با فیبر کوتاه می‌توانند عمق سایش کمتری داشته باشند و سطح نسبتاً صاف‌تری نشان دهند؛ بنابراین رفتار سطحی مواد تقویت‌شده با فیبر می‌تواند وابسته به نوع فیبر، نسبت فازها و شرایط آزمون باشد.

در مطالعه‌ای که توسط Mohaghegh و همکاران^(۳۷)، در بررسی خشونت سطحی آکريل ها انجام شد، مشاهده گردید که خشونت سطحی و جذب آب در دنچر بیس‌های آکريلي که به روش CAD/CAM ساخته شده‌اند، نسبت به روش معمولی، کمتر است. این مطالعه نشان می‌دهد که تقویت ساخت بر روی خشونت سطحی اثر گذار است.

Asteria این اختلاف معنی‌دار نبود. در مجموع، خمیردندان‌های سفیدکننده می‌توانند خشونت سطحی ترمیم‌های کامپوزیتی را بیشتر افزایش دهند و این اثر بسته به نوع کامپوزیت متفاوت است.

تضاد منافع

نویسندگان هیچگونه تضاد منافی را اعلام نمی‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان نامه آقای مهدی مردی با کد اخلاق (IRZUMSBLC.1404.025) در دانشگاه زنجان است.

منابع

1. Karatas O, Gul P, Gündoğdu M, Iskenderoglu DT. An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. *Microsc Res Tech* 2020;83(10):1251-76.
2. Biçer Z, Yaman BC, Çeliksöz Ö, Tepe H. Surface roughness of different types of resin composites after artificial aging procedures: an in vitro study. *BMC Oral Health* 2024;24(1):87-96.
3. Yadav RD, Raisingani D, Jindal D, Mathur R. A comparative analysis of different finishing and polishing devices on nanofilled, microfilled, and hybrid composite: a scanning electron microscopy and profilometric study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2016;9(3):201-28.
4. Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater J* 1997;13(4):258-69.
5. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dent Clin N Am* 2007;51(2):379-97.
6. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater J* 2011;27(1):29-38.
7. Ereifej N, Oweis Y, Eliades G. The effect of polishing technique on 3-D surface roughness and gloss of dental restorative resin composites. *Oper Dent* 2012;38(1):9-20.
8. Yu P, Yang SM, Xu YX, Wang XY. Surface roughness and gloss alteration of polished resin composites with various filler types after simulated toothbrush abrasion. *J Dent Sci* 2023;18(3):1016-32.
9. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003;134(10):1382-97.
10. Yancey EM, Lien W, Nuttall C, Brewster J, Roberts H, Vandewalle K. Properties of a new nanofiber restorative composite. *Oper Dent* 2019;44(1):34-47.
11. Ozlen Rhe, Ozduman Zc, Ozkoc Bo, Balkilic Ee. Comparison of microhardness and surface roughness of new nanofiber filled flowable composite. *Bezmialem Sci* 2024;11(4):101-17.
12. Özdoğan ZC, Oglakci B, Halacoglu Bagis DM, Aydoğan Temel B, Eliguzeloglu Dalkilic E. Comparison of a nanofiber-reinforced composite with different types of composite resins. *Polymers* 2023;15(17):36-48.

13. Monteiro B, Spohr AM. Surface roughness of composite resins after simulated toothbrushing with different dentifrices. *Int J Oral Health Sci* 2015;7(7):12-33.
14. AlAli M, Silikas N, Satterthwaite J. The effects of toothbrush wear on the surface roughness and gloss of resin composites with various types of matrices. *Dent J* 2021;9(1):8-20.
15. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. *J Dent* 2010; 38:17-24.
16. Alkhatib M, Ho-lt R, Bedi R. Prevalence of self-assessed tooth discoloration in the United Kingdom. *J Dent* 2004;32(7):561-6.
17. Gömleksiz S, Okumuş ÖF. The effect of whitening toothpastes on the color stability and surface roughness of stained resin composite. *BMC Oral Health* 2024;24(1):860-88.
18. Barbieri GM, Mota EG, Burnett Jr LH. Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of commercial composites. *J Esthet Restor Dent* 2011;23(5):338-45.
19. Colak G, Katirci G. In Vitro evaluation of the effects of whitening toothpastes on the color and surface roughness of different composite resin materials. *BMC Oral Health* 2023;23(1):580-600.
20. Hazar A, Akgül S, Koçak S, KOÇAK M. Effect of brushing time with a whitening dentifrice on surface roughness of anterior composite resins. *J Dent Indones* 2022;29(1):212-33.
21. Ferreira NMR, Lippert VF, Heck ABdS, Spohr AM, Kunrath MF, Feldens CA, et al. Surface roughness of composite resins subjected to brushing with whitening toothpastes: an in vitro study. *Braz Oral Res* 2025;39(2):6-20.
22. Meseli S, Alkan E, Korkut B, Kanar O, Tagtekin D. Abrasiveness and bleaching level of toothpastes on composite resins: a quantitative analysis using a novel brushing simulator. *Appl Sci* 2025;15(5):23-47.
23. Dayi B, Ocal F. The effect of whitening toothpastes on colour change and surface roughness of restorative materials. *Odovtos-Int J Dent Sci* 2023;25(2):40-52.
24. Charamba CdF, Costa MMA, Duarte RM, Montes MAJR, Batista AUD, Andrade AKM. Color and surface roughness alterations of bulk-fill resin composites submitted to simulated toothbrushing with whitening dentifrices. *Braz J Oral Sci* 2024; 23:241-70.
25. Hamza B, Attin T, Cucuzza C, Gubler A, Wegehaupt FJ. RDA and REA values of commercially available toothpastes utilising diamond powder and traditional abrasives. *Oral Heal Prev Dent* 2020;18(4):451-77.
26. Dobler L, Hamza B, Attin T, Wegehaupt FJ. Abrasive enamel and dentin wear resulting from brushing with toothpastes with highly discrepant relative enamel abrasivity (REA) and relative dentin abrasivity (RDA) values. *Oral Heal Prev Dent* 2023; 21:385-401.
27. Deger C, Mujdeci A. Surface roughness changes in bulk-fill resin composites after simulated toothbrushing with whitening toothpastes. *BMC Oral Health* 2026;26(981):366-402.
28. Yılmaz C, Kanık Ö. Investigation of surface roughness values of various restorative materials after brushing with blue covarine containing whitening toothpaste by two different methods: AFM and profilometer. *Microsc Res Tech* 2022;85(2):521-32.
29. da Rosa GM, da Silva LM, de Menezes M, do Vale HF, Regalado DF, Pontes DG. Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of a nanohybrid composite resin. *Eur J Dent* 2016;10(02):170-85.
30. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent* 2007;19(5):265-73.

31. Da Silva E, De Sá Rodrigues C, Dias D, Da Silva S, Amaral C, Guimarães J. Effect of toothbrushing-mouthrinse-cycling on surface roughness and topography of nanofilled, microfilled, and microhybrid resin composites. *Oper Dent* 2014;39(5):521-9.
32. Velo MMdAC, Bitencourt NAB, Santin DC, Obeid AT, Mondelli RFL, Bombonatti JFS. Physical-mechanical properties of a flowable nanofiber-reinforced resin composite. *Res Soc* 2023;12(4):112-29.
33. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. *Mater Sci Eng* 2015;47(4):26-39.
34. Sfondrini MF, Vallittu PK, Lassila LVJ, Viola A, Gandini P, Scribante A. Glass fiber reinforced composite orthodontic retainer: In vitro effect of tooth brushing on the surface wear and mechanical properties. *Mater* 2020;13(5):1028-41.
35. Jafarnia S, Valanezhad A, Shahabi S, Abe S, Watanabe I. Physical and mechanical characteristics of short fiber-reinforced resin composite in comparison with bulk-fill composites. *J Oral Sci* 2021;63(2):148-59.
36. Lassila L, Säilynoja E, Prinssi R, Vallittu P, Garoushi S. Characterization of a new fiber-reinforced flowable composite. *Odontology* 2019;107(3):342-52.
37. Mohaghegh M, Ansarifard E, Erfani Zade F, Taghva M, Pouladi Z. Comparative evaluation of water sorption and surface roughness in acrylic denture bases fabricated by conventical and CAD/CAM techniques. *J Mashhad Dent Sch* 2024;48(4):973-840. (Persian)