

بررسی آزمایشگاهی جذب آب، انحلال، انبساط و سختی ناشی از جذب آب در سمان‌های رزینی و گلاس آینومری

۱. دستیار تخصصی، گروه ترمیمی، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
 ۲. نویسنده مسؤول: مرکز تحقیقات مواد دندان، گروه ترمیمی، پژوهشکده تحقیقات دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
 Email: arthurcanondoi1974@gmail.com
 ۳. گروه ترمیمی، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

اعظم حکمت^۱
 سید مصطفی موسوی نسب^۲
 پروین میرزا کوچکی^۳

چکیده

مقدمه: موفقیت طولانی مدت ترمیم‌های غیرمستقیم، به رفتارهای کلینیکی سمان‌های لوتینگ بستگی دارد. در محیط دهان، افت خصوصیات مکانیکی، با گذشت زمان، اثرات منفی بر روی کارایی کلینیکی سمان‌ها و بقای ترمیم می‌گذارد. هدف از این مطالعه، ارزیابی و مقایسه‌ی میزان جذب آب، انحلال، انبساط و تغییرات هاردنس پس از جذب آب یک سمان رزینی خودچسبنده با سمان‌های رزینی مرسوم و گلاس آینومری بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه‌ی تجربی-آزمایشگاهی، ۱۵ دیسک (۶×۲ mm) از هر ماده یک سمان رزینی خودچسبنده (Bifix SE) و یک سمان رزینی مرسوم (Bifix QM) یک سمان گلاس آینومری (Mercon)، یک سمان گلاس آینومری اصلاح شده با رزین (Mercon plus) با استفاده از قالب سیلیکونی ساخته شد. نمونه‌ها در یک محفظه‌ی سیل شده بر روی محلول سولفات سدیم اشباع، قرار گرفتند و جذب آب در مدت ۳ هفته ارزیابی شد. به دنبال آن، میزان انحلال با استفاده از فرمول ($m1-m3/v$) محاسبه شد و میزان انبساط مواد از فرمول ($He = v1-v2$) به دست آمد که $v1$ و $v2$ با روش پیکنومتری محاسبه شدند و سپس از تست ویکرز برای محاسبه‌ی سختی نمونه‌ها قبل و بعد از جذب آب استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۲ و آزمون‌های آماری ANOVA و توکی تجزیه و تحلیل شدند ($\alpha = 0.05$).

یافته‌ها: جذب آب بین چهار ماده و در زمان‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار داشت ($p \text{ value} < 0.001$). در بررسی انحلال و انبساط ناشی از جذب آب، بین ۴ گروه، تفاوت معنی‌دار بود ($p \text{ value} < 0.001$) و تغییرات هاردنس بین چهار ماده، نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌دار نیست ($p \text{ value} = 0.099$).

نتیجه‌گیری: هر دو گروه سمان گلاس آینومری در مقایسه با سمان‌های رزینی، به جذب آب و انحلال مستعدتر بودند و سمان رزینی سلف ادهزیو Bifix SE، انحلال نداشت، ولی بیشترین میزان انبساط را داشت. از بین این چهار سمان، Bifix QM بهترین رفتار را از نظر کم‌ترین میزان جذب آب و انحلال و انبساط ناشی از جذب آب نشان داد. سختی بعد از جذب آب مواد در مقایسه با قبل جذب آب، از نظر آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت.

کلید واژه‌ها: سمان گلاس آینومر، سمان رزینی، سختی، جذب آب، انحلال، انبساط.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۲/۲۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۹/۲۰

استناد به مقاله: حکمت اعظم، موسوی نسب سید مصطفی، میرزا کوچکی پروین. بررسی آزمایشگاهی جذب آب، انحلال، انبساط و سختی ناشی از جذب آب در سمان‌های رزینی و گلاس آینومری. مجله دانشکده دندان پزشکی اصفهان. ۱۳۹۹؛ ۱۶ (۳): ۱۶۲-۱۷۴.

مقدمه

سمان کردن، یکی از مراحل نهایی در زنجیره‌ی فرایند کلینیکی برای ترمیم‌های غیرمستقیم است. هر ترمیم دندانی نیازمند گیر به وسیله‌ی تعدادی از سیستم‌های اتصال دهنده یا نگهدارنده می‌باشد. موفقیت کلینیکی سمان‌های لوتینگ به عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های مکانیکی، اثرات بیولوژیکی روی بافت نرم و پالپ دندان، باند شیمیایی به ساختار دندان و حلالیت و جذب آب سمان‌ها بستگی دارد (۱).

از انواع سمان‌ها می‌توان به سمان‌های قدیمی مثل زینک فسفات، گلاس آینومر و رزین کامپوزیت و سمان‌های ترکیبی مثل گلاس آینومر اصلاح شده با رزین اشاره نمود (۲). پیشرفت در سمان‌های دندانی با ساختار پلی‌اسیدی، به دنبال سمان‌های پلی‌آلکانات که عبارتند از: سمان‌های زینک پلی کربوکسیلات (۳) و گلاس آینومر (۴) (که هر دوی این سمان‌ها در نتیجه‌ی واکنش اسید- باز در یک محیط آبی ساخته می‌شوند) ایجاد شد. به دنبال آن‌ها، سمان‌های گلاس آینومری اصلاح شده با رزین (RMGI) (۵-۸) بر اساس تشکیل شبکه‌ای با بیس متاکریلات و افزودن سمایی با ساختار یونی از طریق ایجاد باند دوگانه با ساختار پلی‌آلکانات‌ها یا با تشکیل رادیکال‌های آزاد از مونومرهای متاکریلاتی با قابلیت پلیمریزاسیون، معرفی شدند.

جذب آب و حلالیت (Solubility) از ویژگی‌های منفی مواد دندانی است که منجر به از دست رفتن ساختار سمان‌ها و کاهش دوام رستوریشن می‌گردد (۹). حلالیت یک ماده، کاهش وزن در واحد سطح یا حجم، در اثر حل شدن یا تجزیه‌ی ماده در طول دوره‌ای از زمان و در درجه حرارتی مشخص در مایعات دهان است (۱۰). همچنین با جذب آب، می‌توان شاهد افزایش حجم ماده بود که انقباض ناشی از سخت شدن را جبران می‌کند، اما با افت ویژگی مکانیکی و تضعیف باند سمان به دندان همراه است که سبب نفوذ بزاق و میکروارگانیسم‌های پوسیدگی‌زا به حدفواصل سمان و دندان می‌شود. اسید حاصل از فعالیت متابولیکی آن‌ها pH محیط را پایین آورده و موجب حساسیت دندانی، تغییر رنگ، عود

پوسیدگی و آسیب پالپ می‌گردد (۱۱-۱۴).

جذب آب و انحلال سمان‌های مرسوم و رزینی خودچسبنده از خصوصیات است که به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. سمان‌های رزینی، میکرولیکچ کم‌تری نسبت به انواع مرسوم دارند که این امر باعث افزایش عمر کلینیکی آن‌ها می‌شود. با این حال نتیجه‌ی جذب آب در سمان‌های رزینی که عوامل اسیدی یا گروه‌های هیدروفلیک به مونومرها اضافه شده‌اند، تخریب Interface (سطح) بین ماتریکس-فیلر، تورم شبکه‌ی پلیمری، ایجاد فرم لاستیکی و تضعیف شبکه‌ی پلیمری، کاهش استحکام کششی و کاهش مقاومت به سایش می‌باشد. همچنین جذب آب و انحلال، باعث ایجاد استرس و در نهایت تخریب سمان‌های لوتینگ و جدا شدن و شکست رستوریشن، ریزش مارژینال و افزایش پتانسیل عود پوسیدگی می‌شود. تمامی این فاکتورها در موفقیت طولانی‌مدت و میزان بقای رستوریشن‌ها مؤثر هستند (۱۵). یکی از خصوصیات موجود سمان‌های رزینی و گلاس آینومری، کم بودن جذب آب و انبساط و حلالیت ناشی از جذب آب در آن‌ها نسبت به سمان‌های کانونشال می‌باشد.

امروزه استفاده از سمان‌های رزینی سلف اده‌زیو و سلف اچ، به دلیل سهولت کاربرد جهت چسباندن فریم‌های سرامیکی و پست‌های همرنگ رایج شده است، عدم آماده‌سازی داخل کانال ریشه به میزان کافی، اغلب منجر به خارج شدن پست همرنگ و سمان رزینی از داخل کانال می‌شود. از طرفی با توجه به این که باند این مواد به عاج داخل کانال میکرومکانیکال بوده و سؤال برانگیز می‌باشد، شدیداً تحت تأثیر جذب آب قرار می‌گیرد.

هدف این بررسی آزمایشگاهی، این بود که در صورت حلالیت و انبساط مناسب سمان گلاس آینومری و مزیت آن‌ها در چسبندگی به نسج، آیا می‌تواند جایگزین مناسبی به حساب آید، همچنین از آنجایی که هاردنس، یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی در مطالعات مقایسه‌ای مواد دندانی است، یکی از اهداف مطالعه‌ی حاضر، تأثیرات جذب شده بر سختی سمان‌های رزینی جدید بوده است.

بیشترین مطالعاتی که در آن خصوصیات مکانیکی سمان‌های رزینی سلف ادهزیو با انواع سمان‌ها مقایسه شده، توسط پیووارزیک و لوتر (۱۶) انجام شد و نتیجه‌ی به دست آمده این بود که استحکام فشاری و کششی در انواع رزینی سلف ادهزیو، کم‌تر از رزینی مرسوم بوده ولی هر دو گروه، بسیار قوی‌تر از زینک فسفات و گروه‌های گلاس آینومری بودند.

در بررسی یک روزه‌ی سمان دوال کیور به میزان کم، قوی‌تر از انواع سلف بود ولی بعد از ۱۵۰ روز نگهداری نمونه‌ها در آب، تفاوتی بین دو ماده نبود.

در مطالعه‌ی بر و همکاران (۱۷)، یکی از نتایج به دست آمده این بود که سختی سمان رزینی سلف ادهزیو در هر دو نوع کیورینگ (نوری و دوال) از یک سمان رزینی مرسوم، کم‌تر است. در یک بررسی جدید که توسط هان و همکاران (۱۸) انجام شد، در آن چهار سمان رزینی خودچسبنده از نظر سایش سطحی، مورد بررسی قرار گرفت، نتیجه این بود، زمانی که مواد در یک محیط اسیدی قرار گرفتند، نسبت به سایش شیمیایی، بسیار مستعد هستند.

طی مطالعه‌ای که در آن جذب آب در سمان‌ها توسط پتروپالو و همکاران (۱۵) مورد بررسی قرار گرفته بود به این نتیجه رسیدند که Calibra که یک سمان رزینی کانونشنال است، جذب آب و انحلال کم‌تری نسبت به دو سمان رزینی خودچسبنده‌ی Automix G-Cem و SA Clearfill و یک سمان رزینی سلف‌اچ دارد. و این مؤید این مطلب است که تفاوت حاصل، ناشی از گروه‌های اسیدی هیدروفلیک فانکشنال اضافه شده به این سه سمان رزینی سلف‌اچ و سلف ادهزیو می‌باشد. همچنین سمان‌های Panavia-F و SA clearfill میانگین جذب آب بالاتری نسبت به Automix G-Cem که گروه‌های فانکشنال اسیدی آن مونومرهای استری اسید فسفریک است، داشت.

در مطالعه‌ی دیگری که توسط زو و مینگ (۱۹) انجام شد، در آن چهار سمان گلاس آینومری، گلاس آینومر تقویت شده با رزین، یک سمان رزینی خودچسبنده و یک سمان رزینی Etch & Rinse مورد بررسی قرار گرفتند و

جذب آب و انحلال در آب آن‌ها در زمان‌های ذخیره‌سازی متفاوت (۱ هفته و ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه) اندازه‌گیری و به دنبال آن میکروهاردنس آن‌ها محاسبه شد، نتایج اینگونه اعلام شد که نمونه‌ی رزینی کانونشنال، کم‌ترین جذب آب را نسبت به نمونه‌های دیگر در تمامی زمان‌های ذخیره‌سازی نشان داد و نمونه‌ی گلاس آینومری، بیشترین میزان جذب آب را در تمامی زمان‌ها داشت. بیشترین میزان جذب آب مشاهده شده در نمونه‌ی رزینی، بعد از یک ماه ذخیره‌سازی در نمونه‌ی گلاس آینومر تقویت شده با رزین، بعد از سه ماه ذخیره‌سازی و در نمونه‌ی رزینی خودچسبنده، بعد از ۱۲ ماه ذخیره‌سازی دیده شد. در این چهار نوع سمان، رزینی کانونشنال، بهترین ثبات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی را در ذخیره‌سازی طولانی مدت در آب داشت.

واکنش‌های جذب آب و انحلال در سمان‌های لوتینگ رزینی توسط چاوز و همکاران (۲۰) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج اینگونه اعلام شد، سمان‌های رزینی خود چسبنده نسبت به جذب آب، مستعدتر هستند و اثر مهارکنندگی آن‌ها بر روی تخریب ناشی از انحلال کم‌تر است.

در مطالعه‌ی نیکلسون و چارنیکا (۲۱)، میزان جذب آب و از دست دادن آب در سمان‌های گلاس آینومری با استفاده از محاسبه‌ی ضریب انتشار آب در مواد به دست آمد، در ۳ ماده‌ی مورد مطالعه، بیشترین میزان آب از دست رفته در مرحله‌ی اولیه رخ داد و میزان ضریب انتشار به دست آمده در آن، برابر با میزان جذب آب در سمان‌های گلاس آینومری اصلاح شده با رزین بود.

حشمت و همکاران (۲۲) در ارزیابی میزان انحلال و جذب آب G-Cem و FujiCEM در آب و اسید، عنوان کردند که FujiCEM که یک سمان RmGI است، جذب آب بیشتری نسبت به G-Cem داشته، ولی انحلال در آب این دو گروه باهم، تفاوتی نداشت. در مطالعه‌ی حاضر با محاسبه‌ی میزان ضریب انتشار آب به عنوان معیار تعیین‌کننده‌ی میزان واقعی جذب آب (بدون از دست رفتن آب داخل ساختار مولکولی در برخی از سمان‌ها) در

هر ماده ۳ عدد و جمعاً تعداد ۱۲ نمونه برای ارزیابی هاردنس اولیه قرار داده شد و به مدت ۶ ساعت برای تکمیل واکنش اسید- باز گروه‌های گلاس آینومری در محیط آزمایشگاه با دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد قرار گرفتند و مجدداً وزن‌گیری شده و ۱۲ نمونه‌ی مجزا برای ارزیابی تست ویکرز میکروهندنس اولیه به آزمایشگاه متالورژی انتقال داده شد.

برای بررسی هاردنس اولیه‌ی ۱۲ نمونه (از هر گروه ۳ عدد)، جهت مانع شدن در مولد قرار داده شدند و اطراف آن با پلیمر شفاف پر گردید و سپس سطح نمونه‌ها پالیش شده و در ۳ نقطه با نیروی ۹/۸N به مدت ۱۳ ثانیه توسط دستگاه ویکرز (GT120Shimadzu, Japan) اعمال نیرو شده و عدد میانگین آن برای هر نمونه محاسبه شد.

برای بررسی جذب آب، بلافاصله پس از اتمام ۶ ساعت زمان اولیه برای تکمیل واکنش اسید- باز، وزن و حجم اولیه‌ی نمونه‌ها محاسبه گردید. سپس ۴۸ نمونه با ظروف حامل توری بر روی سربوش منفذدار در یک محفظه‌ی سیل شده‌ی رطوبت‌سازی قرار گرفتند و جهت ایجاد دمای ثابت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، درون انکوباتور (Iran 01154, Behdad) قرار داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۴ روز، روزانه وزن‌گیری شدند و به مدت سه هفته، هفته‌ای یک‌بار وزن‌گیری انجام گردید. بعد از هفته‌ی سوم، وزن نمونه‌ها ثابت ماند و نمونه‌ها به تعادل جذب آب رسیدند.

با استفاده از قانون فیک (۲۲)

$$\exp[1 - M^2 D / 4] 2 (2n + 1) T] (\text{ficks Law}) M_t / M_\infty = 1 - (8 / ML^2) \sum [(2n + 1) \times$$

و با داشتن نموداری که محور y آن $\frac{mt}{m_\infty}$ و محور x آن جذر زمان است و با استفاده از فرمول $(\frac{Dt}{ML^2})^{1/2}$ و با ثبت نقاطی در این نمودار درون‌یابی خطی کرده (نزدیک ترین خط عبوری از نقاط را ترسیم کرده) و یک معادله‌ی خطی را به دست آوردیم که شیب آن S است و برابر با $\frac{mt}{m_\infty}$ با به دست آوردن شیب خطوط، ضریب انتشار آب در مواد به دست آمد و با مقایسه‌ی ضرایب انتشار در مواد، آن‌ها را

سمان‌های گلاس آینومری و رزینی روش جدیدی ارائه شده و بر این اساس، مقایسه‌ی میزان جذب آب، انحلال، انبساط و تغییرات هاردنس پس از جذب آب یک سمان رزینی خود چسبنده با سمان‌های رزینی مرسوم و گلاس آینومری انجام شد. با این فرض که میزان جذب آب، انحلال، انبساط و تغییرات هاردنس پس از جذب آب یک سمان رزینی خودچسبنده با سمان‌های رزینی مرسوم و گلاس آینومری متفاوت نیست.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به روش تجربی- آزمایشگاهی و بر طبق استانداردهای ISO 4049 به منظور بررسی حلالیت و جذب آب انجام شد. ۴ نوع سمان به ۴ گروه ۱۲ تایی تقسیم شدند: گروه اول، سمان گلاس آینومری (Meron, voco, GMBH Germany)، گروه دوم، سمان گلاس آینومری اصلاح شده با رزین (Meron Plus, voco, GMBH Germany)، گروه سوم، سمان رزینی کانونشنال دوال کیور (BifixQm, voco, GMBH, Germany) گروه چهارم، سمان رزینی سلف ادهزیو، دوال کیور (BifixSE, voco, GMBH, Germany).

نمونه‌گیری به روش آسان انجام شد. برای ساخت نمونه‌ها، ابتدا مولدهای پلاستیکی با قطر ۶ میلی‌متر و ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه شدند. گروه‌های سمان مورد مطالعه طبق دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده مخلوط و داخل مولدها قرار داده شدند. برای گروه‌های رزینی، نوردی از بالای نمونه توسط دستگاه لایت کیور (Litex 695L, Dent America, Tiwan)، با خروجی ۶۰۰ میلی‌وات بر سانتی‌متر انجام شد و برای گروه‌های گلاس آینومری، طبق دستورالعمل شرکت سازنده، ۵-۷ دقیقه زمان برای سخت شدن آن‌ها داده شد. بعد از ۱۰ دقیقه، نمونه‌ها از مولد خارج شدند و اضافات لبه‌ای آن‌ها گرفته شد و وزن‌گیری انجام گرفت و وزن اولیه‌ی آن‌ها ثبت شد و در ۱۲ ردیف و ۲ ستون مجزا که گروه‌های گلاس آینومری و رزینی آن‌ها جداگانه بودند، قرار داده شدند. از

برای اندازه‌گیری هاردنس اولیه‌ی نمونه‌ها (h_1) در ۱۲ نمونه‌ی اولیه که صرفاً به منظور ارزیابی هاردنس قبل از جذب آب نمونه‌ها تهیه شده بودند، ابتدا نمونه‌ی مانت شده روی دستگاه ویکرز قرار گرفته و نیرویی معادل ۹/۸ نیوتن به مدت ۱۵ ثانیه به سطح ماده اعمال شد و عدد سختی آن روی مانیتور نشان داده شد. این اندازه‌گیری در ۳ نقطه از سطح دیسک انجام شد و عدد میانگین برای هر نمونه محاسبه گردید و این کار بعد از قرار دادن نمونه‌ها در انکوباتور و رسیدن به تعادل جذب برای تعیین سختی نهایی تکرار شد و هاردنس نهایی h_2 به دست آمد.

$$\Delta h = h_1 - h_2 \text{ kg/cm}^2$$

در انتها، از هر گروه، یک نمونه به طور تصادفی انتخاب شده و برای گرفتن تصویر الکترونی اثر نفوذ Indentor بر سطح دیسک، نمونه‌ها به آزمایشگاه متالورژی منتقل گردیدند. داده‌های به دست آمده با آزمون‌های آماری ANOVA، کروسکال-والیس و ویلکاکسون در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (IBM Corporation, Armonk, NY) تجزیه و تحلیل شدند و سطح معنی‌داری $\alpha = 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد که میانگین افزایش جرم در meron نسبت به سایر سمان‌ها در هفته‌ی سوم، بیشترین میزان (۰/۴۴۵) و Bifix Qm در کم‌ترین میزان (۰/۰۱۱۵) بوده است (نمودار ۱) و میزان درصد تقریبی این تغییرات جرم نسبت به جرم اولیه بعد از رسیدن به تعادل جذب آب برای Meron (۴/۳) درصد، Bifix SE (۱/۴) درصد، Meron Plus (۲/۵) درصد، Bifix QM (۰/۸) درصد بود (نمودار ۱).

میزان جذب آب در زمان‌های مختلف (منظور ۷ زمان از روز اول تا هفته‌ی سوم) بین ۴ سمان، تفاوت معنی‌دار داشت ($p \text{ value} < 0.001$) و در مقایسه‌ی دو به دوی گروه‌ها بین هر ۲ سمان، تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p \text{ value} < 0.001$) و فقط بین سمان Bifix SE و Bifix QM تفاوت معنی‌دار نبود (نمودار ۲، ۳).

باهم مقایسه کردیم. ضریب انتشار نمونه از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$D = S^2 ML^2/4 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$$

بعد از رسیدن نمونه‌ها به تعادل جذب و تعیین جرم و حجم نهایی آن‌ها، از هر گروه ۳ نمونه و کلاً ۱۲ نمونه برای محاسبات هاردنس نهایی به آزمایشگاه متالورژی انتقال داده شد. برای بررسی انبساط ناشی از جذب آب، حجم اولیه‌ی نمونه‌ها (قبل از جذب آب) V_1 ، با استفاده از پیکنومتر (PG302, 10ml, Germany) محاسبه شد. بلافاصله پس از اینکه نمونه‌ها به تعادل جذب رسیدند، حجم (v_2) از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$V_s = \frac{(W_{pf} - W_p) - (W_{pfs} - W_{ps})}{P_f}$$

و برای محاسبه‌ی انبساط ناشی از جذب آب از فرمول زیر استفاده شد:

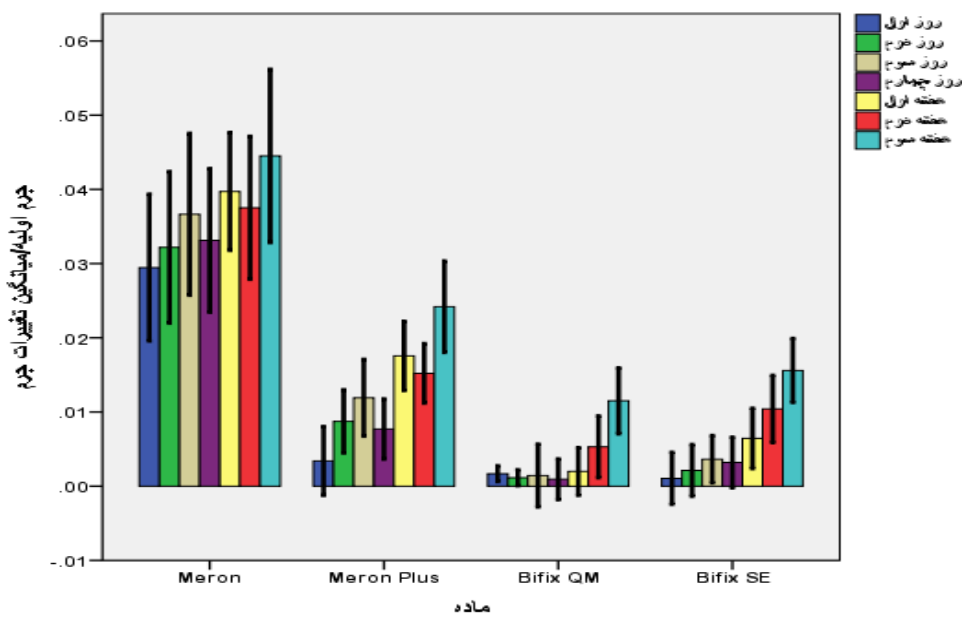
$$H.E = v_2 - v_1 \text{ cm}^3$$

برای بررسی میزان انحلال، بعد از اینکه نمونه‌ها به تعادل جذب رسیده و وزن‌گیری شدند و حجم نهایی آن‌ها محاسبه شد، از هر گروه، ۳ نمونه برای بررسی تست هاردنس به آزمایشگاه متالورژی منتقل شدند. ۹ نمونه‌ی باقی‌مانده در هر گروه را به دسیکیتوری که درون آن سیلکاژل‌هایی که از قبل در محفظه‌ی (oven 2000cc, Parsazma, Iran) با حرارت ۱۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت مانده و خشک شده بودند منتقل شده به مدت ۲۴ ساعت ماندند تا خشک شوند. بعد از خروج از دسیکیتور، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و به عنوان m_3 ثبت گردید و مجدداً به آزمایشگاه فیزیک جهت تعیین حجم پس از خشک شدن نمونه‌ها (v_3) منتقل شدند. پس از تعیین حجم آن‌ها از فرمول زیر، میزان انحلال آن‌ها محاسبه شد.

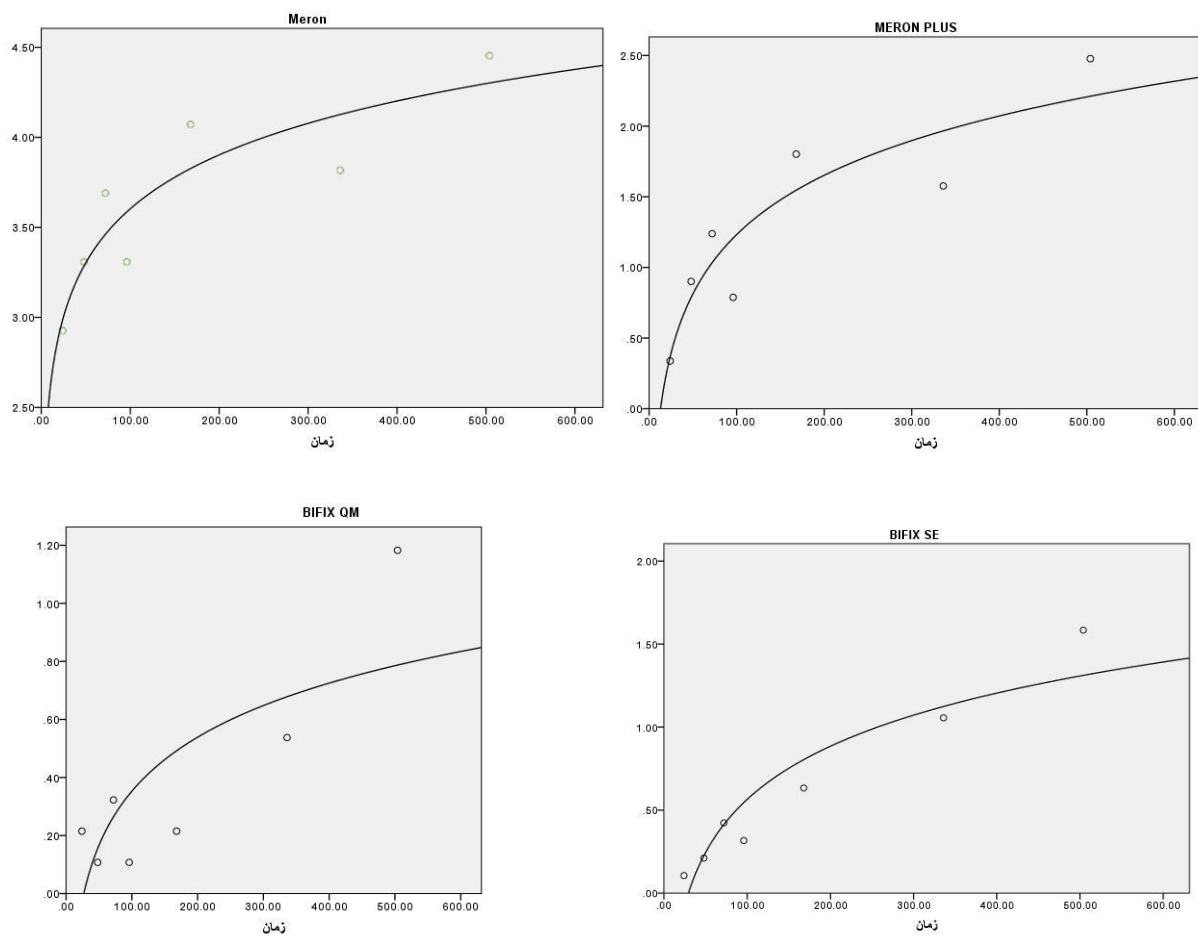
$$\text{water solubility} = \frac{(m_1 - m_3)}{v_3} \text{ gr. cm}^3$$

برای بررسی هاردنس، با استفاده از دستگاه ویکرز و جدول‌هایی که مستقیماً قطر اثر را به عدد سختی هرم ویکرز تبدیل می‌کند و با استفاده از رابطه‌ی زیر این مقدار به دست آمد.

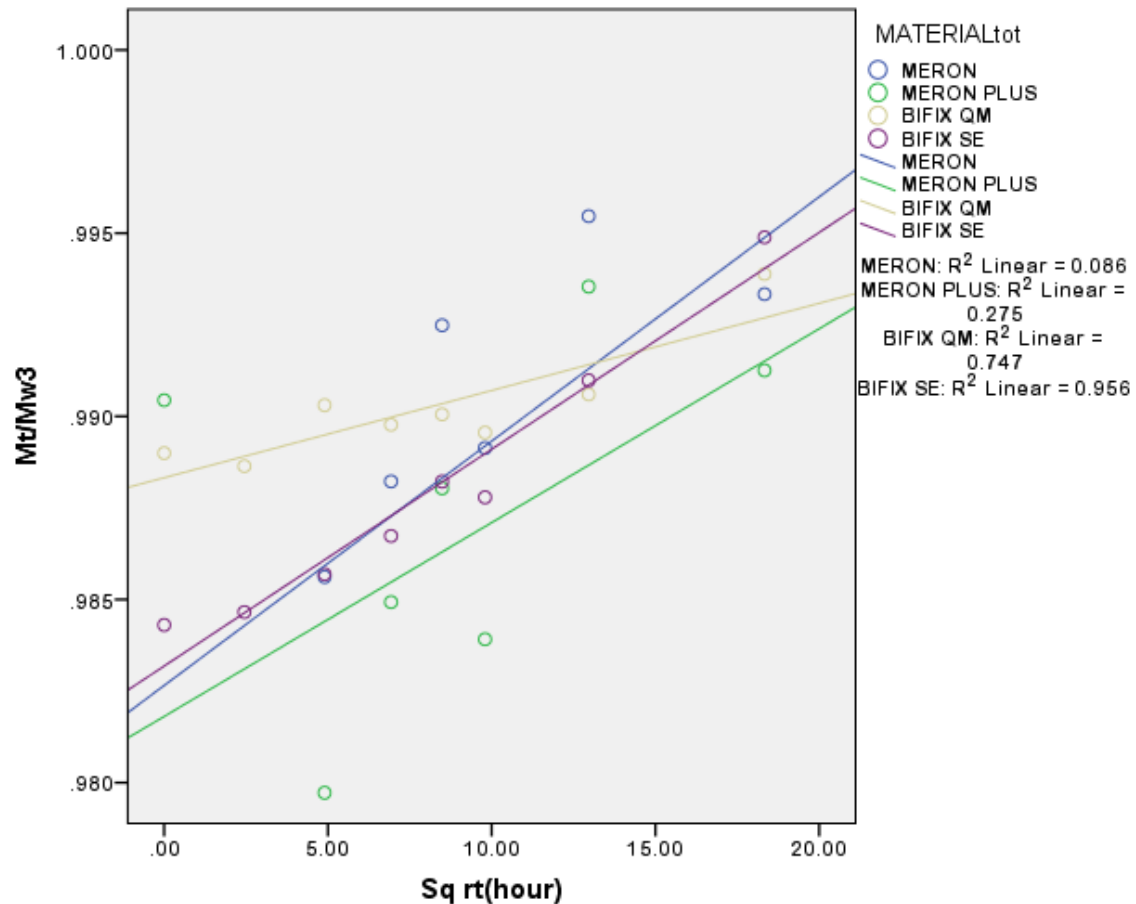
$$HV = \frac{1.854 \times L}{d^2} \text{ Kg/mm}^2$$



نمودار ۱. میانگین تغییرات جرم نسبت به جرم اولیه به تفکیک نوع ماده



نمودار ۲. درصد تغییرات جرم ۴ سمان در لگاریتم زمان



نمودار ۳. مقایسه‌ی بین منحنی‌های مربوط به نسبت جرم در زمان t به جرم در زمان بی‌نهایت در مقابل جذر زمان چهار سمان

Meron و Meron Plus تفاوت معنی‌داری وجود نداشت
(p value = ۰/۴۳) (نمودار ۵).

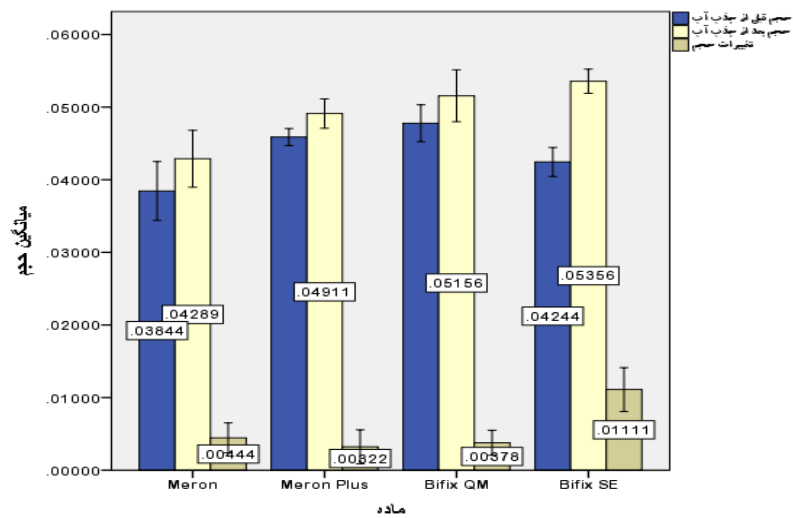
میانگین تغییرات هاردنس بین چهار ماده، تفاوت معنی‌دار
وجود نداشت (p value = ۰/۰۹) (نمودار ۶).

میانگین هاردنس قبل از جذب آب و بعد از جذب آب
به تفکیک در چهار سمان، تفاوت معنی‌داری نداشت.
حداکثر میانگین اختلاف در هاردنس قبل و بعد از جذب آب
در Meron plus با 20 kg/mm^3 و کم‌ترین این میزان به
Bifix QM با میزان 2 kg/mm^3 - تعلق داشت.

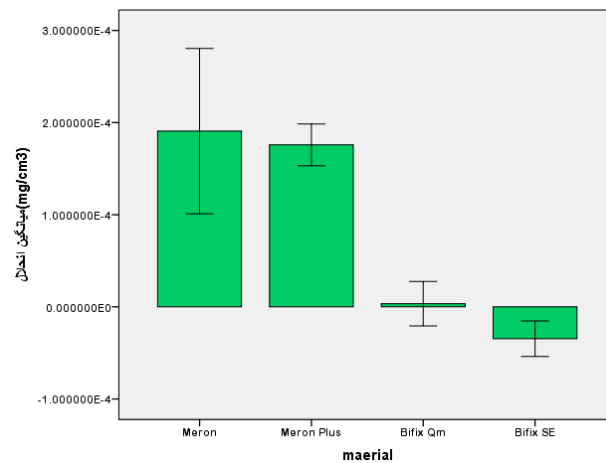
بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، بین میزان جذب آب
و انبساط ناشی از جذب آب، ارتباط معنی‌دار وجود داشت
($r = ۰/۳۵$ و p value = ۰/۰۳۴) و بین میزان جذب آب و
میزان انحلال ناشی از جذب آب، ارتباط معنی‌داری وجود
داشت ($r = ۰/۳۵$ و p value = ۰/۰۳۵).

در میانگین انبساط ناشی از جذب آب ۴ گروه سمان،
بیشترین مقدار مربوط به گروه چهارم (Bifix SE) و کم
ترین مقدار مربوط به گروه دوم Meron plus بود. بین
چهار گروه از نظر انبساط، تفاوت معنی‌دار وجود داشت
(p value < ۰/۰۰۱) و در مقایسه‌ی دوبه‌دویی گروه‌ها بین
همه‌ی گروه‌ها، تفاوت معنی‌دار بود و فقط بین Meron و
Meron Plus (p value = ۰/۱۹) و بین Meron و Bifix
SE (p value = ۰/۴۳) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت
(نمودار ۴).

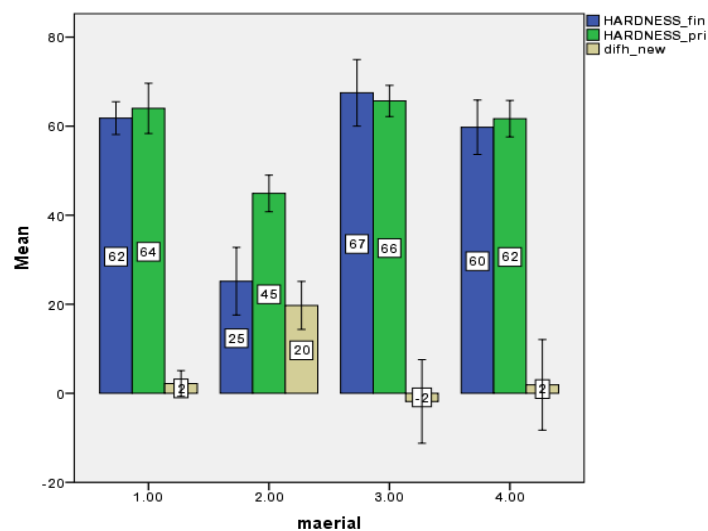
در بررسی میانگین انحلال، بیشترین مقدار مربوط به سمان
گلاس آینومر Meron و کم‌ترین مقدار مربوط به گروه
چهارم Bifix SE بود. بین چهار گروه، تفاوت معنی‌دار
وجود داشت (p value < ۰/۰۰۱) و در مقایسه‌ی دوبه‌دویی
گروه‌ها، بین همه‌ی گروه‌ها تفاوت معنی‌دار بود و فقط بین



نمودار ۴: میانگین انبساط ناشی از جذب آب ۴ گروه سمان بر حسب سانتی‌متر مکعب



نمودار ۵: میانگین انحلال بین ۴ گروه سمان بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب



نمودار ۶: میانگین تغییرات هاردنس چهار سمان بر حسب کیلوگرم بر میلی‌متر

بحث

با توجه به کاربرد وسیع سمان‌های رزینی سلف ادهزیو، مطالعه‌ی آزمایشگاهی حاضر امکان مقایسه‌ی میزان جذب آب این سمان را بر اساس تعیین ضریب انتشار با استفاده از قانون فیک با سمان‌های رزینی کانونشال، گلاس آینومری و گلاس آینومر اصلاح شده با رزین فراهم کرد و نشان داد که این میزان جذب آب، چه تأثیری بر انبساط ناشی از جذب آب و میزان انحلال و هاردنس این ۴ گروه از سمان‌ها دارد. بر اساس نتایج مطالعه‌ی حاضر، ضریب انتشار آب تا رسیدن به تعادل جذب در سمان‌های مورد مطالعه، ۳ هفته زمان برد. مسی و همکاران (۱۲) نیز در بررسی میزان جذب آب و انحلال سمان‌های لوتینگ نشان دادند که سمان GC fuji برای رسیدن به تعادل جذب، به ۳-۴ هفته زمان نیاز دارد. نیکلسون و چارنیکا (۲۱) نیز مدت زمان مورد نیاز برای رسیدن مواد به تعادل جذب آب را ۳ هفته بیان کردند که با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت داشت.

در مطالعه‌ی حاضر، ۲ گروه سمان گلاس آینومری (Merlon plus و meron) در ۶ ساعت اول به دلیل تکمیل فرایند اسید-باز، کاهش جرم داشتند ولی در سمان‌های رزینی، این کاهش جرم دیده نشد. به طور کلی، گلاس آینومرها، موادی حساس به آب هستند و حتی قبل از رسیدن به تعادل جذب آب، مستعد به از دست دادن آب می‌باشند. به همین دلیل، برای حفاظت از آن در مقابل از دست دادن آب و ایجاد نمای گچی وابسته به خشک شدن، استفاده از وارنیش توصیه می‌شود (۲۳). از طرفی چون گروه‌های سمان رزینی در ساعات اولیه، تغییرات جرم نداشتند، جرم اولیه برای تمامی گروه‌ها، جرم بعد از ۶ ساعت در نظر گرفته شد.

در مطالعه‌ی حاضر، از نسبت تغییرات جرم اولیه‌ی هر ماده در روزهای اول، دوم، سوم و چهارم و هفته‌های اول، دوم و سوم (که نمونه‌ها به تعادل جذب رسیدند) استنباط می‌شود که میانگین تغییرات جرم در هفته‌ی سوم در Meron بیشترین و به ترتیب در Meron Plus، Bifix SE و Bifix QM

کاهش داشت که این تغییرات در گروه‌های سمان گلاس آینومری Meron plus و Meron در روزهای اول بیشتر بود ولی در گروه‌های سمان رزینی Bifix QM و Bifix SE از روز چهارم به بعد این تغییرات بیشتر بودند. همچنین میزان درصد تغییرات جرم در بازه‌ی زمانی ۳ هفته مربوط به Meron Plus، Meron، Bifix SE و Bifix QM به ترتیب کاهش آن‌ها بوده است.

تغییرات وزنی سمان‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت‌های سمان‌ها از لحاظ سایز ذرات سازنده، نسبت پودر به مایع، روش مخلوط نمودن آن‌ها و به صورت کلی، ترکیبات سازنده‌ی متفاوت آن‌ها می‌باشد. غوطه‌وری سمان‌ها در داخل آب منجر به جذب آب (افزایش وزن) و یا انحلال و تغییرات وزنی محاسبه می‌گردد، چرا که این تغییرات رابطه‌ی مستقیم با تغییرات ساختار سمان و میزان اتصال آن‌ها به مینا و سایر خصوصیات فیزیکی از جمله پلیمریزاسیون و استحکام و شرینجیج، آزادسازی فلوراید، ثبات ساختاری و سازگاری زیستی خواهد داشت.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد، بیشترین میزان جذب آب در Meron و سپس به ترتیب Meron Plus، Bifix SE و Bifix QM می‌باشد. بنابراین جذب آب در گروه‌های سمان گلاس آینومری نسبت به سمان‌های رزینی، بیشتر است.

در بررسی حلالیت، طبق استاندارد ISO 4049، بیشترین میزان انحلال مربوط به Meron و Meron plus بود و میزان انحلال Bifix QM بسیار کم‌تر از دو گروه قبلی و میزان انحلال Bifix SE منفی بود.

در مطالعه‌ی چاوز و همکاران (۲۰)، بیشترین میزان جذب آب را سمان گلاس آینومری و به دنبال آن سمان‌های خودچسبنده داشتند و کم‌ترین مقدار، مربوط به سمان‌های رزینی مرسوم بود که همسو با نتایج مطالعه‌ی حاضر بود و در انحلال، تمامی گروه‌های رزینی مشابه بودند ولی Meron، انحلال کم‌تری داشت که مغایر با نتایج مطالعه‌ی حاضر بود.

در مطالعه‌ی حشمت و همکاران (۲۲)، در مقایسه‌ی میزان جذب آب و انحلال دو سمان G Cem و FujiCem، جذب آب در FujiCem که یک سمان گلاس آینومری، اصلاح شده با رزین است، بیشتر بود ولی انحلال در آب و اسید این دو سمان، تفاوت آماری معنی‌داری نداشت.

تفاوت جذب آب در گروه‌های گلاس آینومری نسبت به رزینی، به دلیل شکل‌گیری هیدروژل در ساختار آن‌ها می‌باشد و این خصوصیت، سمان گلاس آینومری را نسبت به مواد با بیس رزینی قویاً مستعد به جذب آب با مقادیر بالاتر می‌سازد (۲۳). همچنین ترکیب سائز ذرات و نوع فیلر در انحلال سمان‌ها مؤثر می‌باشند (۱). مطابق استاندارد ایزو در ارزیابی اولیه‌ی انحلال مواد با جذب آب، سرعت پلیمریزاسیون در انحلال ماده، تأثیرگذار است. همچنین حباب‌هایی که درون ماده هنگام مخلوط کردن، محبوس می‌شوند از پلیمریزاسیون آن جلوگیری کرده و انحلال را در سمان افزایش می‌دهند (۴). بر اساس این استاندارد مطالعات دیگر، جذب آب و انحلال در گروه‌های گلاس آینومری بیشتر است.

در بررسی حلالیت در مقایسه‌ی گروه‌های رزینی بر اساس نتایج مطالعه‌ی حاضر، سمان رزینی مرسوم Bifix QM، انحلال بسیار ناچیز و Bifix SE انحلال منفی داشت. بر اساس مطالعات قبلی، میزان جذب آب سمان‌های رزینی خودچسبنده قویاً در ارتباط با اسیدیته و مواد هیدروفیلیک موجود مورد نیاز برای ایجاد فرایند خوداچ شونده‌ی ماده است که آن را حتی بعد از تکمیل کیورینگ، مستعد جذب آب می‌سازد (۲۴-۲۷).

در مطالعه‌ی کردی و همکاران (۲۸)، سمان رزینی خودچسبنده، حلالیت در آب بیشتری نسبت به سمان رزینی مرسوم داشت که این موضوع طبیعت آب دوست بودن Total cem را تأیید می‌کند.

در مطالعه‌ی پتروپالو و همکاران (۱۵)، جذب آب در سمان‌های رزینی خودچسبنده بیشتر از Calibra بود و بین F Panavia و Clearfil SA تفاوت آماری در میزان جذب آب

و انحلال دیده نشد ولی هر دو، میزان جذب آب را به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به G Cem داشتند که دارای انحلال منفی بود، هر چند ترکیب شیمیایی دقیق مواد توسط سازندگان مخفی می‌ماند، G Cem دارای مونومر استری اسید فسفریک است، ولی Panavia F و Clearfil SA دارای مونومرهای فانکشنال 10-MDP هستند هر چند این مونومر هم هیدروفوب است، اما آب دوستی عامل بکار رفته در Cem G کم‌تر از 10-MDP است. نوع ماتریکس و ترکیب جزء فیلری، قویاً در جذب آب و انحلال سمان‌های رزینی مؤثر است. با افزایش درصد فیلر، نفوذ آب در ماتریکس کاهش پیدا کرده و متعاقب آن جذب آب و انحلال نیز کم‌تر می‌شود (۲۲، ۲۹، ۳۰).

در مطالعات دیگر، بیشترین مونومرهایی که در مواد با بیس رزینی استفاده می‌شوند، Bis GMA، TEGDMA و UDMA هستند که کم‌ترین میزان جذب آب در مونومر Bis GMA دیده شده است (۳۱، ۳۲). در مطالعه‌ی حاضر بیشترین مونومر بکار رفته در سمان رزینی خودچسبنده Bis GMA و UDMA بود که میزان فیلر به کار رفته در این سمان، ۷۰ درصد وزنی با میانگین ۲ میکرومتر می‌باشد. که این گویای این مطلب است که ترکیب شیمیایی سمان Bifix SE به نحوی ارتقاء یافته که تفاوت میزان جذب آب در آن با Bifix QM قابل ملاحظه نیست و انحلال این ماده را منفی کرده است. نتایج متفاوت به دست آمده در مورد انحلال در مطالعات ممکن است تحت تأثیر ارتقاء ترکیب سمان‌های رزینی خودچسبنده قرار گرفته باشد که با گذشت زمان، مونومرهای کانونشنال اسیدی و فرمولاسیون رزینی‌شان ثبات اسیدی بیشتری یافته‌اند.

در بررسی انبساط ناشی از جذب آب، مطابق با استاندارد ISO 4049 نتایج نشان داد، با وجود اینکه میزان جذب آب و انحلال در گروه سمان‌های گلاس آینومری بیش از سمان‌های رزینی بود، ولی انبساط ناشی از جذب آب در گلاس آینومری کمی بیشتر و یا در حد رزینی کانونشنال و در گلاس آینومر اصلاح شده با رزین، کم‌تر از نوع رزینی

از محدودیت‌های مطالعه می‌توان به هزینه‌ی بسیار بالای آزمایشات و زمان‌بر بودن تعیین حجم به روش پیکنومتری اشاره نمود و در انتها پیشنهاد می‌شود در مورد میزان جذب آب در سمان‌های خودچسبنده با گروه‌های فانکشنال اسیدی متفاوت با هدف ارتقا در خصوصیات مکانیکی و تأثیر میزان آب جذب شده بر روی میزان انحلال و انبساط وابسته به مونومرهای اسیدی متفاوت در بازه‌های زمانی طولانی‌تر، بررسی‌های بیشتری انجام شود.

نتیجه‌گیری

هر دو گروه سمان گلاس آینومری در مقایسه با سمان‌های رزینی، به جذب آب و انحلال مستعدتر بودند و سمان رزینی سلف ادهزیو Bifix SE با توجه به اینکه دارای انحلال منفی بود، اما بیشترین میزان انبساط را داشت و از بین این چهار سمان Bifix QM (سمان رزینی کانونشنال) بهترین رفتار را از نظر کم‌ترین میزان جذب آب و انحلال و انبساط ناشی از جذب آب نشان داد. سختی بعد از جذب آب مواد در مقایسه با قبل جذب آب، از نظر آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت.

کانونشنال بود و رزینی سلف‌اچ، انبساط بیشتری نسبت به گروه‌های گلاس آینومری و رزینی کانونشنال دارد، در واقع همراهی گروه‌های اسیدی و عوامل هیدروفیلیک به همراه گروه‌های مونومری، سمان را مستعد به انبساط کرده است. افزایش خصوصیات هیدروفیلیک در سمان‌های رزینی خودچسبنده به دلیل اضافه کردن گروه‌های اسیدی به مونومرها، می‌تواند باعث تورم ماده شود که استحکام مکانیکی را به اندازه‌ی ثبات ابعادی آن تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در بررسی تأثیر میزان جذب آب بر هاردنس سمان‌های رزینی و گلاس آینومری مشخص شد که جذب آب، باعث کاهش هاردنس کلیه‌ی مواد می‌شود. مطالعه‌ی زو و مینگ (۱۹)، نشان دادند که در تمامی بازه‌های زمانی بعد از ذخیره‌سازی آب، در کلیه‌ی نمونه‌ها، هاردنس نسبت به هاردنس اولیه کاهش داشته است.

همچنین مندوسا و همکاران (۳۳) نشان دادند که میکروهاردنس سمان بعد از ذخیره‌سازی در آب، بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده است که با نتایج مطالعه‌ی حاضر همخوانی داشت.

References

1. Eisenburger M, Addy M, Rossbach A. Acidic solubility of luting cements. J Dent 2003; 31(2): 137-42.
2. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent 2008; 10(4): 251-8.
3. Smith DC. A new dental cement. Br Dent J 1968; 124(9): 381-4.
4. Wilson AD, Kent BE. The glass ionomer cement: a new translucent dental Filling material. Journal of Chemical Technology & Biotechnology 1971; 21: 313-20.
5. Antonucci JM, McKinney JE, Stansbury JW. Formulation and evaluation of resin modified glass ionomer cements. Trans Soc Biomater, 1987; 13:225.
6. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. Dent Mater 1989; 5(5): 355-8.
7. Wilson AD. Resin-modified glass-ionomer cements. Int J Prosthodont 1990; 3(5): 425-9.
8. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res 1991; 70(10): 72-4.
9. Ritter AV, Boushell LW, Walter R. Sturdevant's art and science of operative dentistry. 17th ed. St. Louis: Elsevier; 2019. p. 140, 174-82, 196-205, 310-12.
10. Sakaguchi RL, Ferracane JL, Powers JM. Craig's restorative dental materials. 14th ed. St. Louis: Elsevier; 2019. p. 46-7, 484-504.

11. Gerdolle DA, Mortier E, Jacquot B, Panighi MM. Water sorption and water solubility of current luting cements: An in vitro study. *Quintessence Int* 2008; 39(3): 107-14.
12. Meşe A, Burrow MF, Tyas MJ. Sorption and solubility of luting cements in different solutions. *Dent Material J* 2008; 27(5): 702-9.
13. Archegas LR, Caldas DB, Rached RN, Vieira S, Souza EM. Sorption and solubility of composites cured with quartz-tungsten halogen and light emitting diode light-curing units. *J Contemp Dent Pract* 2008; 9(2): 73-80.
14. Zhang Y, Xu J. Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions. *J Mater Sci Mater Med* 2008; 19(6): 2477-83.
15. Petropoulou A, Vrochari AD, Hellwig E, Stampf S, Polydorou O. Water sorption and water solubility of self-etching and self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent* 2015; 114(5): 674-9.
16. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent* 2003; 28(5): 535-42.
17. Behr M, Rosentritt M, Loher H, Kolbeck C, Trempler C, Stemplinger B, et al. Changes of cement properties caused by mixing errors: the therapeutic range of different cement types. *Dent Mater* 2008; 24(9): 1187-93.
18. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J* 2007; 26(6): 906-14.
19. Xu X, Meng X. [Influence of long-term water storage on the physical and chemical properties of four different dental cements]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2014; 49(11): 677-81. [In Chinese].
20. Chaves LP, Graciano FM, BimJúnior O, Pedreira AP. water interaction with dental luting cements by means of sorption and solubility. *Braz Dent Sci* 2012; 15(4): 29-35.
21. Nicholson JW, Czarnecka B. Kinetic studies of water uptake and loss in glass-ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2008; 19(4): 1723-7.
22. Heshmat H, BanavaS, Zarandi P, Faraji F. In-vitro evaluation of water sorption and solubility of G-Cem and fujicem in water and acid. *J Islam Dent Assoc Iran* 2013; 25(4): 249-54. [In Persian].
23. Chutinan S, Platt JA, Cochran MA, Moore BK. Volumetric dimensional change of six direct core materials. *Dent Mater* 2004; 20(4): 345-51.
24. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption /solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 2006; 22(10): 973-80.
25. de Munck J, van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A Critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2): 118-32.
26. Huang C, Kei LH, Wei SH, Cheung GS, Tay FR, Pashley DH. The influence of hygroscopic expansion of resin-based restorative materials on artificial gap reduction. *J Adhes Dent* 2002; 4(1): 61-71.
27. Fabianelli A, Goracci C, Bertelli E, Monticelli F, Grandn S, Ferrari M. In vitro evaluation of wall-to-wall adaptation of a self-adhesive resin cement used for luting gold and ceramic inlays. *J Adhes Dent* 2005; 7(1): 33-40.
28. Kurdi R, Sarkis E, Sarkis N. A comparative study of solubility between resin cement and self-adhesive resin cement. *International Arab Journal Dentistry* 2013; 4(2): 74-6.
29. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Water sorption and solubility of four self-etching, self-adhesive resin luting agents. *J Adhes Dent* 2010; 12(1): 39-43.
30. Janda R, Roulet JF, Latta M, Rüttermann S. Water sorption and solubility of contemporary resin-based filling materials. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007; 82(2): 545-51.
31. Nalçacı A, Ulusoy N, Atakol O. Time-based elution of TEGDMA and BisGMA from resin composite cured with LED, QTH and high-intensity QTH lights. *Oper Dent* 2006; 31(2): 197-203.
32. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. *Eur J Oral Sci* 2001; 109(4): 282-5.
33. Mendonça LM, Pegoraro LF, Lanza MD, Pegoraro TA, Carvalho RM. Effects of coronal substrates and water storage on the microhardness of a resin cement used for luting ceramic crowns. *J Appl Oral Sci* 2014; 22(4): 287-93.

An in Vitro Evaluation of the Solubility, Water Sorption, Hygroscope Expansion and Hardness of Resin and Glass-Ionomer Cements

Azam Hekmat¹

Seyed Mostafa Mousavinasab²

Parvin Mirzakochaki³

1. Postgraduate Student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2. **Corresponding Author:** Department of Operative Dentistry, Dental Research Institute, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Email: arthurcanondoi1974@gmail.com

3. Postgraduate Student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Abstract

Introduction: The long-term success of indirect restorations depends on the clinical behavior of luting cements. In the oral environment, properties such as water sorption and solubility negatively affect the cements' clinical performance over time, jeopardizing the restoration's longevity. This study aimed to compare a self-adhesive resin luting cement with conventional resin-based and glass-ionomer luting materials in terms of water sorption (WS), solubility (WSB), hygroscopic expansion (HE), and hardness (H).

Materials & Methods: In this experimental study, 15 discs (6×2 mm) were prepared for each group from a self-adhesive luting cement (Bifix SE), a conventional dual-cured resin cement (Bifix Q), a glass-ionomer luting cement (Meron), and a resin-modified glass-ionomer (Meron Plus) using a silicone mold. The specimens were placed on an oversaturated sodium sulfate solution in a sealed chamber. Water sorption was evaluated after three weeks. Water solubility was calculated using the formula $WSB = (M1-M3/V)$. Hygroscopic expansion was calculated using the formula $He = v1-v2$ in which the volume values were determined by pycnometry; Then, Vickers hardness test determined the hardness of the material before and after water sorption. The data were analyzed with ANOVA and Tukey HSD tests using SPSS 22 ($\alpha = 0.05$).

Results: Water sorption was significantly different between the four materials at different time intervals (p value < 0.001). Water solubility and hygroscopic expansion were significantly different between the four groups (p value < 0.001). Changes in hardness were not significantly different between the groups (p value = 0.099).

Conclusion: Both glass-ionomer cements were more prone to WS and WSB than resin cements. Bifix SE exhibited no water solubility; however, it was the most susceptible to hygroscopic expansion. Bifix QM exhibited the best behavior in terms of water sorption, solubility, and expansion due to water sorption. There was no statistically significant difference in hardness between all the materials before and after water sorption.

Key words: Expansion, Glass-ionomer cement, Hardness, Resin cement, Solubility, Water sorption.

Received: 11.12.2019

Revised: 11.3.2020

Accepted: 26.4.2020

How to cite: Hekmat A, Mousavinasab SM, Mirzakochaki P. An in Vitro Evaluation of the Solubility, Water Sorption, Hygroscope Expansion and Hardness of Resin and Glass-Ionomer Cements. J Isfahan Dent Sch 2020; 16(1): 162-174.