

تأثیر مایعات شبه غذایی بر جذب آب و حلالیت دو نوع کامپوزیت رزین کامپوزیت با بیس سیلوران و نانوفیل

دکتر پروین میرزا کوچکی بروجنی^۱ دکتر لعلیا زهرایی^۲ دکتر لیلا پیشه ور^۳

۱- استادیار گروه آموزشی ترمیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان

۲- متخصص ترمیمی و زیبایی

خلاصه:

سابقه و هدف: کامپوزیت رزین ها با ساختار شیمیایی متفاوت در محیط دهان تحت تاثیر تحریکات زیادی قرار گرفته و دچار اضمحلال می گردند و خصوصیات آنها تغییر می کند. هدف از این مطالعه ارزیابی اثر ۵ محلول شبه غذایی بر حلالیت و جذب آب کامپوزیت رزین ها با بیس متاکریلات و سیلوران می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی- آزمایشگاهی ۲۵ نمونه دیسک به قطر ۶ و ضخامت ۱ میلی متر در مولد آلومینیومی از دو نوع کامپوزیت P90 Filtek Z350 تهیه شد. نمونه ها نوردی و سپس در فالکن های کدبندی شده دارای ژل سیلیکا جهت آب گیری به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. پس از این مدت نمونه ها خارج و توسط ترازوی دیجیتال وزن کشی و M1 هر نمونه بدست آمد. سپس نمونه ها به مدت ۱ هفته در ۵ محلول شبه غذایی (اسیدسیتریک ۰/۰۲ نرمال، آب مقطر، اتانول آبی ۷۵ درصد، هپتان، بزاق مصنوعی) نگهداری شدند. پس از این مدت نمونه ها خارج و وزن کشی شده، M2 بدست آمد. بعد از آخرین آب گیری قطر و ضخامت دیسک ها محاسبه و V (حجم نمونه ها) بدست آمد و میزان جذب آب و حلالیت گروهها بدست آمد و در نهایت با استفاده از آزمون ANOVA و Tukey اعداد بررسی و آنالیز شدند.

یافته ها: در این مطالعه حلالیت کامپوزیت Z350 در هپتان بالاترین مقدار را نشان داد (۰/۴۰ میکرو گرم بر میلی متر مکعب) و در آب مقطر کمترین مقدار بود (۰/۰۰۹ میکرو گرم بر میلی متر مکعب). این تفاوت ها بین آب مقطر، الکل و هپتان معنی دار بود. ($P < 0/05$) در حالی که اختلاف معنی داری در جذب آب این کامپوزیت در محلول های مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$) مقادیر حلالیت P90 در محلول های مختلف اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. ($P > 0/05$) اما جذب آب آن در بزاق مصنوعی بطور معنی داری بالاتر از بقیه محلول ها بود. ($P < 0/05$)

نتیجه گیری: به نظر می رسد که حلالیت P90 پایین تر از Z350 می باشد ولی جذب آب آن ها تفاوتی ندارند.

واژگان کلیدی: کامپوزیت رزین، کامپوزیت رزین سیلوران، جذب آب، حلالیت

وصول مقاله: ۹۴/۱/۱ اصلاح نهایی: ۹۴/۱۲/۲۷ پذیرش مقاله: ۹۵/۲/۱۸

مقدمه:

ذرات پرکننده با یک عامل Silane Coupling حاصل می گردد که نه تنها باعث افزایش استحکام کامپوزیت، بلکه موجب کاهش حلالیت و جذب آب آن نیز می شود.^(۱-۳) کامپوزیت های نانوفیل بدلیل داشتن ذرات فیلر بسیار کوچک و توانایی بهم چسبیدن فیلرها می توانند اثر این عامل مخرب را کمتر کنند. بعضی اسیدهای آلی و مواد غذایی و بزاق می توانند باعث نرم شدن ماتریکس رزینی کامپوزیت شوند. بدین ترتیب که به داخل ماتریس جذب شده و موجب تجزیه و جدا شدن قسمت های مختلف تشکیل دهنده کامپوزیت می شوند^(۱)

ماده ترمیمی کامپوزیت رزین شامل ماتریسی از رزین یا پلیمری پیوسته است که پرکننده ای غیرآلی در آن پراکنده شده است. فاز غیرآلی پرکننده به شکل چشمگیری خواص فیزیکی چون استحکام، ضریب انبساط حرارتی، جذب و حلالیت در محلول های مختلف و محیط دهان را بهبود می بخشد.^(۱) برای این که کامپوزیت خواص مکانیکی خوبی داشته باشد استحکام پیوند نیرومندی بین ماتریکس رزینی آلی و پرکننده غیرآلی آن باید وجود داشته باشد. این پیوند از طریق پوشش

گرفتند. گروه کنترل در بزاق مصنوعی نگهداری شد. بالاترین میزان جذب آب را کامپوزیت نانوفیل در لیسترتین نشان داد و بالاترین حلالیت را هر دو نوع کامپوزیت در لیسترتین به خود اختصاص دادند^(۹)

Christensen و همکاران در سال ۲۰۱۲ تاثیر ۴ نوع محلول نوشیدنی (آب مقطر، Whiskey Coca-Cola Nimbooz را بر تغییر رنگ و خشونت سطحی یک نوع کامپوزیت نانوفیلد با بیس متاکریلات و کامپوزیت میکروهیبرید سیلوران بیس مورد بررسی قرار دادند. نتیجه نشان داد کامپوزیت با بیس سیلوران در برابر نوشیدنی‌های مختلف نسبت به کامپوزیت با بیس متاکریلات پایدارتر است.^(۱۰)

در مطالعه‌ای، ۸ نوع کامپوزیت به منظور تحقیق روی حلالیت و جذب آب و انقباض و خصوصیات مکانیکی انتخاب شد. ۶ کامپوزیت با بیس Bis-GMA، یک کامپوزیت با بیس سیلوران و یک کامپوزیت با بیس دیمردی کربامات دی‌متاکریلات مورد مطالعه قرار گرفتند. نتیجه نشان داد Filtek LS دارای کمترین میزان حلالیت بود و Aelite LS Posterior بیشترین میزان حلالیت را داشت. جذب آب در Point 4 بیشترین و در Aelite LS Posterior کمترین میزان را بخود اختصاص دادند.^(۱۱)

Ito و همکاران، حلالیت و جذب آب دو نوع کامپوزیت سیلوران بیس و یونیورسال را مقایسه کردند. نتایج نشان داد Filtek Silorane کمترین میزان حلالیت و جذب آب را دارد و Grandio در رتبه دوم رده‌بندی قرار می‌گیرد^(۱۲)

Martin و همکاران، اثر مدت زمان غوطه‌وری در آب را روی پایداری هیدرولیتیک دو نوع کامپوزیت با بیس متاکریلات (Filtek Z250, Z100) و یک نوع کامپوزیت آزمایشی اکسیران (OXI) و سیلوران بیس (SIL) بررسی کرد. به طور معنی‌داری کمترین جذب آب و حلالیت را در هر دو دوره زمانی نشان داد.^(۱۳)

در مطالعه‌ای دیگر مقاومت به تخریب کامپوزیت‌های دندانی با بیس متاکریلات، سیلوران و اورموسر مورد بررسی قرار گرفت. مواد انتخاب شده شامل کامپوزیت با بیس سیلوران (SIL)،

کامپوزیت‌های با بیس سیلوران بدلیل کاهش در میزان انقباض پلی‌مریزاسیون، بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی را نشان می‌دهند. این کاهش به این دلیل است که در این مواد هنگام پلی‌مریزاسیون، حلقه‌های منومر اکسی‌ران باز می‌شوند. رزین سیلوران بدلیل کاهش در انقباض پلی‌مریزاسیون و پایداری بیشتر در برابر هیدرولیز، جایگزین خوبی برای رزین کامپوزیت‌های متاکریلاتی می‌باشد^(۳،۲)

جذب آب بوسیله مواد کامپوزیتی یک پروسه انتشاری کنترل شده می‌باشد و نفوذ آب، بیشتر در ماتریکس رزین اتفاق می‌افتد.^(۴) ضمناً کینتیک جذب آب در بعضی از رزین‌ها آهسته‌تر است و حتی بعد از چندین روز با بقیه برابر نمی‌شود.^(۵) جذب آب بوسیله ماتریکس پلیمری می‌تواند باعث جاداشدن فیلرها و تخریب هیدرولیتیک آنها شود.^(۶) مطالعات زیادی در زمینه حلالیت و جذب آب کامپوزیتها در محیطهای مختلف انجام شده است.^(۵-۲)

در مطالعه‌ای حلالیت و جذب آب ۳ نوع کامپوزیت با سایز فیلر متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه نشان داد میزان حلالیت و جذب آب Filtek Supreme پایین‌ترین مقدار را نسبت به بقیه داشته است^(۷)

گروهی از محققین تأثیر سه نوع ماده شبه غذایی اسیدسیتریک ۰/۰۲ N هپتان و محلول آبی اتانول ۷۵٪ را روی سختی و استحکام خمشی ۴ ماده کامپوزیتی با بیس سیلوران و متاکریلات مورد تحقیق و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد سختی کامپوزیت‌های با بیس متاکریلات بعد از قرارگیری در آب و الکل به طور چشمگیری کاهش می‌یابد و سختی سطح کامپوزیت Filtek Silorane پایداری بیشتری را نشان می‌دهد. میزان استحکام خمشی مواد با بیس متاکریلات بعد از قرارگیری در الکل کاهش یافت.^(۸)

در سال ۲۰۱۰ اثر دهان‌شویه‌های لیسترتین، Plax Mint و Plax روی حلالیت و جذب آب کامپوزیت (Z350 نانوفیلد) و (P60 هیبرید) بررسی شد. نمونه‌ها به مدت ۷ روز در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در بزاق مصنوعی غوطه‌ور شدند. نمونه‌ها در ۲۰ سی سی از دهانشویه‌های نامبرده ۲ بار در روز قرار

و وزن‌کشی شدند (M_2). دیسک‌ها مجدداً در فالکن‌های حاوی دانه‌های سیلیکاژل جهت آبیگری بازگردانده شده و روزانه وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد تا تفاوت وزن نمونه‌ها بین دو روز متوالی توده به ± 0.1 میلی گرم برسد (M_3).

محاسبه میزان حلالیت و جذب آب

پس از خشک کردن نهایی، ضخامت و قطر دیسک‌ها در چهار نقطه با میکرومتر اندازه‌گیری و حجم در ۳ میلی متر محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان جذب آب و حلالیت از فرمول‌های زیر استفاده شد. میانگین نمونه‌ها محاسبه و آنالیز آماری واریانس دو طرفه جهت مقایسه میانگین‌ها بکار رفت.

$$SP = (m_1 - m_3) / V$$

$$SL = (m_1 - m_3) / V$$

این تحقیق با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ماده و محلول در ۵ تکرار انجام گرفت و آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها (آزمون Tukey) با استفاده از نرم‌افزار SPSS بررسی شد. P در سطح ۰/۰۵ محاسبه شده است.

یافته‌ها:

با مقایسه میزان حلالیت Z350 در آب مقطر و اسید سیتریک و بزاق مصنوعی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$) در حالی که این عدد در هپتان بیشتر بود و عبارتی میزان حلالیت در هپتان بطور معنی‌داری بیش از حلالیت کامپوزیت در آب مقطر بود. ($P < 0.05$)

میزان حلالیت در الکل و اسیدسیتریک و هپتان اختلاف معنی‌داری نداشت. ($P > 0.05$). اما با مقایسه میانگین میزان حلالیت در الکل و حلالیت کامپوزیت Z350 در بزاق مصنوعی می‌توان دریافت حلالیت در الکل بطور معنی‌داری بیش از حلالیت در بزاق مصنوعی است. ($P < 0.05$) یافته‌های جذب آب کامپوزیت P90 در جدول (۱) نشان داده شده است.

Pure-Ormocer (ORM) دی متاکریلات (ELS, GRD) بودند. با اندازه‌گیری حلالیت و جذب آب این مواد مشخص شد که GRD و SIL جذب آب کمتری نسبت به ORM, ELS دارند و SIL پایین‌ترین میزان حلالیت را نشان می‌دهد. (۱۴)

مواد و روش‌ها:

در این مطالعه تجربی - آزمایشگاهی دو نوع رزین کامپوزیت با پلیمریزاسیون متفاوت، نانوفیل (St. Paul, MN, USA, 3M Filtek P90, 3M) و سیلوران بیس (Filtek Z350, ESPE) مورد بررسی قرار گرفتند. ۵ محلول بعنوان محلول‌های شبه‌غذایی در این مطالعه استفاده شد: آب مقطر (گروه کنترل)، هپتان، بزاق مصنوعی، اسید سیتریک $N 0.02$ و محلول آبی الکل ۷۵٪، ۲۵ دیسک از هر نوع کامپوزیت با یک میلی متر ضخامت و قطر ۶ میلی‌متر در مولدهای آلومینیومی ساخته شدند. روی سطح کامپوزیت رزین یک اسلب شیشه‌ای گذاشته شد. برای حذف تخلخل روی اسلب شیشه‌ای یک وزنه ۵۰۰ گرمی به مدت ۲۰ ثانیه قرار گرفت و سپس با دستگاه لایت میلی وات بر سانتی متر مربع از بالا به مدت ۴۰ ثانیه نور تابانده شد.

دیسک‌ها به طور تصادفی به ۵ گروه ۵ تایی برای هر کامپوزیت تقسیم شدند. هر نمونه با الاستیک رنگی ارتودنسی کدگذاری شده و داخل فالکن‌های حاوی دانه‌های سیلیکاژل جهت آبی‌گیری قرار گرفتند و به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه انکوباتور (Memmert, made in Germany) با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

بعد از ۲۴ ساعت وزن دیسک‌ها بوسیله ترازوی دیجیتال (METTLER, AE 200, Made in Germany) اندازه‌گیری شد (M_1). نمونه‌ها در محلول‌های آب مقطر، اسید سیتریک ۰/۰۲ نرمال، هپتان، الکل و بزاق مصنوعی غوطه‌ور شده و به مدت ۷ روز در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور گذاشته شدند. پس از ۷ روز نمونه‌ها با جریان آب معمولی شسته شده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق، خشک

مصنوعی اختلاف معنی‌داری دارد. ($P < 0.05$) و مقدار جذب آب در کامپوزیت P90 بیشتر بوده است.

جدول ۲- مقادیر حلالیت در گروه‌های مورد مطالعه بر حسب میکروگرم بر میلی متر مکعب

خطای استاندارد	انحراف معیار ± میانگین	حداقل	حداکثر	گروه‌ها
0.002	0.009 ± 0.005	0.003	0.016	Z350 در آب مقطر
0.002	0.039 ± 0.005	0.032	0.047	Z350 در الکل
0.004	0.024 ± 0.009	0.011	0.030	Z350 در اسیدسیتریک
0.013	0.040 ± 0.030	0.019	0.093	Z350 در هپتان
0.006	0.014 ± 0.010	0.003	0.020	Z350 در بزاق مصنوعی
0.001	0.009 ± 0.001	0.007	0.010	P90 در آب مقطر
0.001	0.009 ± 0.003	0.005	0.012	P90 در الکل
0.002	0.013 ± 0.004	0.010	0.021	P90 در اسیدسیتریک
0.001	0.014 ± 0.003	0.010	0.015	P90 در هپتان
0.002	0.009 ± 0.004	0.005	0.013	P90 در بزاق مصنوعی

* میانگین‌های دارای حروف بالانویس متفاوت با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

بحث:

کامپوزیت‌های نانوفیل بدلیل داشتن ذرات فیلر بسیار کوچک و توانایی بهم چسبیدن فیلرها می‌توانند اثر مخرب حلالیت را کمتر کنند. بعضی اسیدهای آلی و مواد غذایی و بزاق می‌توانند باعث نرم شدن ماتریکس رزینی کامپوزیت شوند. بدین ترتیب که به داخل ماتریس جذب شده و موجب تجزیه و جداسازی قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده کامپوزیت شوند.^(۱)

کامپوزیت‌های با بیس سایلوران بدلیل کاهش در میزان انقباض پلی‌مریزاسیون، بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی را نشان می‌دهند. این کاهش بدین دلیل است که در این مواد هنگام پلی‌مریزاسیون، حلقه‌های منومر اکسی‌ران باز می‌شوند. رزین سایلوران بدلیل کاهش در انقباض پلی‌مریزاسیون و پایداری بیشتر در برابر هیدرولیز جایگزین خوبی برای رزین کامپوزیت‌های متاکریلاتی می‌باشد.^(۲،۳)

مقدار آبی که کامپوزیت رزین می‌تواند جذب کند به مقدار خاصیت هیدروفیلی ماتریکس و ترکیب فیلر بستگی آن دارد. بیشتر رزین کامپوزیت‌ها بیس Bis-GMA دارند و فرمول

جدول ۱- مقادیر جذب آب در گروه‌های مورد مطالعه بر حسب میکروگرم بر میلی متر مکعب

خطای استاندارد	انحراف معیار ± میانگین	حداقل	حداکثر	گروه‌ها
0.003	0.051 ± 0.007	0.042	0.062	Z350 در آب مقطر
0.002	0.076 ± 0.004	0.070	0.081	Z350 در الکل
0.012	0.051 ± 0.024	0.017	0.070	Z350 در اسیدسیتریک
0.006	0.051 ± 0.014	0.039	0.073	Z350 در هپتان
0.073	0.100 ± 0.126	0.025	0.254	Z350 در بزاق مصنوعی
0.002	0.040 ± 0.004	0.036	0.045	P90 در آب مقطر
0.002	0.004 ± 0.040	0.036	0.046	P90 در الکل
0.002	0.046 ± 0.005	0.041	0.053	P90 در اسیدسیتریک
0.006	0.041 ± 0.012	0.023	0.050	P90 در هپتان
0.003	0.166 ± 0.005	0.162	0.171	P90 در بزاق مصنوعی

* میانگین‌های دارای حروف بالانویس متفاوت با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

میزان جذب آب این ماده در آب مقطر، الکل، اسیدسیتریک و الکل اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. ($P > 0.05$) اما همه این گروه‌ها با بزاق مصنوعی اختلاف معنی‌دار داشتند. ($P < 0.05$) عبارتی میزان جذب آب در بزاق مصنوعی بالاتر بود. با توجه به جدول (۲) که مقادیر حلالیت در گروه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد می‌توان عنوان کرد که میزان حلالیت P90 در محلول مورد استفاده در آزمایش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند ($P > 0.05$) هر چند این عدد در محلول اسید سیتریک و هپتان بیشتر بود.

با مقایسه میزان جذب آب کامپوزیت‌های Z350 و P90 در محلول‌های مختلف می‌توان گفت که بین میزان جذب آب کامپوزیت Z350 و P90 در آب مقطر، الکل، اسیدسیتریک و هپتان اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. ($P > 0.05$) اما میزان جذب آب Z350 در بزاق مصنوعی در مقایسه با P90 در بزاق

گروه‌هایی هیدروفیلیک سایلن تجمع بیشتری دارند، نفوذ کند.^(۱۱) دوم این که بزاق می‌تواند در ماتریکس با فیلرهای خوشه‌ای سیلیکا-زیرکونیا نفوذ کند چون مسیرهایی به اندازه ۲۰-۵ نانومتر بدلیل عدم پرشدن با ماتریکس پلیمری در آن تشکیل می‌شود که راهی است برای نفوذ بزاق.^(۱۹)

نتیجه گیری:

به نظر می‌رسد حلالیت کامپوزیت Z350 با بیس متاکریلات در محلول‌های شبه غذایی به طور معنی داری از کامپوزیت P90 که بیس سیلوران دارد بیشتر است. در نتیجه با توجه به وجود ترکیبات آلی مختلف در محیط دهان و اینکه مقاومت در برابر حلالیت یکی از شاخصه‌های اصلی تعیین کننده استحکام طولانی مدت کامپوزیت می باشد، همچنین با در نظر گرفتن نتایج حاصل از مطالعات متعدد آزمایشگاهی مبنی بر خصوصیات مکانیکی و فیزیکی برتر P90، بنظر میرسد در موارد کاربرد مشابه، کامپوزیت مذکور ماده ترمیمی قابل قبول تری نسبت به Z350 می باشد.

شیمیایی منومرهای حاضر در ماتریکس، یک عامل کلیدی برای طبیعت آبدوستی کامپوزیت است.^(۱۲) ویسکوزیته بالای پلیمر نیاز به یک منومر رقیق کننده مانند TEGDMA دارد. این منومرهای رقیق کننده، با گروه‌های هیدروکسیل در مولکول Bis-GMA جفت شده و باعث افزایش جذب آب می‌شود. جذب آب می‌تواند باعث انبساط ترمیم شده و دوام آن را کاهش دهد.^(۱۳)

گزارش شده فیلرهای گلاس زیرکونیا نسبت به محلول‌های آبی، مستعد تخریب و اضمحلال می‌باشند.^(۱۵) فیلر موجود در کامپوزیت Z350 شامل خوشه‌های سیلیکا/ زیرکونیاست که می‌تواند باعث استعداد بیشتر این کامپوزیت به تخریب شود.^(۱۶) Yesilgurt و همکاران در سال ۲۰۰۹، اثر مواد شبه‌غذایی بر خصوصیات مکانیکی کامپوزیت با بیس متاکریلات (Suprene XT, Z250, P60) و سیلوران بیس (Filtek Silorane) را بررسی کردند. نمونه‌های کامپوزیتی در آب مقطر، اسید سیتریک ۰/۰۲ نرمال، هیپتان و محلول آبی اتانول ۷۵٪ غوطه‌ور شدند. سختی و استحکام خمشی Filtek Silorane به طور معنی‌داری تحت تأثیر این محلول‌ها قرار نگرفتند. ولی خصوصیات مکانیکی کامپوزیت‌های با بیس متاکریلات کاهش یافته بود. ضمناً اتانول و آب بیشترین تأثیر را در این کاهش داشتند.^(۸)

Silva و همکاران روی اثر ۳ دهان‌شویه لیسترین، پلاکس، پلاکس مینت بر جذب، حلالیت و تخریب سطحی دو نوع کامپوزیت نانوفیلد (Z350) و هیبرید (P60) تحقیق کردند. نتایج نشان‌دهنده بالاتر بودن میزان جذب آب و حلالیت کامپوزیت نانوفیلد بود. بعبارتی کامپوزیت نانوفیلد نسبت به نوع هیبرید به جذب و حلالیت مستعدتر است.^(۱۷)

این نتیجه مشابه تحقیق Curtis و همکاران می‌باشد که عنوان کردند، کامپوزیت Supreme (نحوه ساختن آن مشابه Z250 است) نسبت به Z250 که یک کامپوزیت رزین هیبرید مشابه P60 است جذب آب بیشتری دارد.^(۱۸) دو احتمال برای توضیح این مطلب وجود دارد. مساحت سطحی بیشتر نسبت به حجم فیلر سیلیکای non-agglomerated با ابعاد ۲۰ نانومتر اجازه می‌دهد بزاق در حد فاصل ماتریکس پلی‌مریک و فیلر، جایی که

References:

1. Roberson Tm, Heymem Ho, Swift EJ. Sturdevant's Art and Science of operative dentistry. 5nd ed. St. Louis:ELSEVIER; 2006.P:500, 504, 211.
2. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorene dental monomers in aqueous System. J Dent 2006; 34(6): 405-10.
3. Ilie N, Hickel R. Macro-Micro- and nano-Mechanical investigations on sibrane and methacrylate-based composites. Dent Mater 2009; 25(6): 810-9
4. Braden M, Clarke RL. Water absorption characteristic of dental microfine composite filling materials. Biomaterials 1984; 5(6):369-72.
5. Fan PL, Edahl A, Leung RL, Stanford JW. Alternative interpretations of water sorption values of composite resins. J Dent Res 1985;64(1): 78-80.
6. Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. J Dent Res 1984; 63(10): 1248-54.
7. Berger SB1, Paliolol AR, Cavalli V, Giannini M. Characterization of water sorption, Solubility and filler particles of light-cured composite resins. Braz Dent J 2009;20(4):314-8..
8. Yesilyurt C, Yoldas O, Altintas SH, Kusgoz A. Effects of food-stimulating liquids on the mechanical properties of a Silorane- based dental composite. Dent Mater J 2009;28(3):362-7.
9. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG, da Silva EM. The effect of Mouth rinses on Salivary Sorption, Solvibility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. Oper Dent 2010; 35(1): 105-11.
10. Christensen GJ. Longevity of posterior tooth dental restorations. J Am Dent Assoc 2005;136(2):201-3.
11. McKinney JE: Environmental damage and wear of dental composite restorations. Vanherie G, Smith DC (eds), Peter Szulc Publishing Co. The Netherland, 1985, pp.331-374.
12. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. Biomaterials 2005;26(33):6449-59.
13. Martin N, Jedyakiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restorations. Dent Mater 2003;19(2):77-86.
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 composition. J Mater Sci Mater Med 2008;19(6):2477-83
15. Yap AU, Teoh SH, Tan KB. Influence of water exposure on three-body wear of composite restoratives. J Biomed Mater Res 2000; 53(5): 547-53.
16. Sakaguchi RL, Powers J M. Craig's Restorative dental material. 13nd ed. Philadelphia:ELSEVIER; 2012.P.164-173,175,177.
17. da Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG. Relationship between the degree of conversion, Solubility and salivary sorption of a hybrid and a nonfilled resin composite: Influence of the light-activation mode. J Appl Oral Sci 2008;16(2):161-6.
18. Curtis AR, Shortall AC, Marquis PM, Palin WM. water uptake and Strenght characteristics of a nanofilled resin-based composite. J Dent 2008; 36(3): 186-93.
19. Söderholm Kj. Leaking of fillers in dental composites. J Dent Res 1983; 62(2): 126-30.
20. Plain WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM: The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel Low-shrink dental Composites. Dent Mater 2005; 21(9): 852-63.