به کارگیری مدل آمیخته خطی چندسطحی در مقایسه آزمایشگاهی انبساط آبی سه نوع کامپوزیت

نسیم وهابی: کارشناس ارشد آمارزیستی، گروه آمار وریاضی، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
***دکتر مسعود صالحی:** استادیار و متخصص آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم مدیریت و اقتصاد سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران (*نویسنده مسئول). salehi74@yahoo.com
دکتر فرید زایری: دانشیار و متخصص آمار زیستی، مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشکده پیرا پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
دکتر حسن تراب زاده: دانشیار و متخصص دندانپزشکی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: تخریب دندان یکی از علل شایع مراجعه بیماران به مراکز دندانپزشکی است. امروزه استفاده از کامپوزیت ها به علت هم رنگ بودن آن‌ها با دندان و سازگاری بیشتر با بافت دندان مورد استقبال و توجه زیادی قرار گرفته اند. انبساط آبی کامپوزیت‌ها یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باعث کاهش کارایی آن‌ها می‌شود. هدف این مطالعه مقایسه انبساط آبی سه نوع کامپوزیت رایج است.

روش کار: در این مطالعه طولی داده‌های آزمایشگاهی مربوط به سه نوع کامپوزیت (Z250، P90 و Kalore) که به مدت ۳ ماه در دو محیط آب و بزاق دهان قرار گرفتند، استفاده شد. حجم کامپوزیت ها ۱۸ بار بر روی ۵۴۰ نمونه مورد اندازه گیری قرار گرفت و میزان انبساط آبی آن ها با استفاده از مدل آمیخته خطی چندسطحی و نرم افزار SAS نسخه ۹.۱.۳ با یکدیگر مقایسه گردید.

یافته ها: نتایج بررسی نشان دهنده موثر بودن زمان ($p <$ ۰/۰۰۱) و نوع کامپوزیت ($p=$۰/۰۳۲) برمیزان انبساط کامپوزیت‌ها بود و محیط نگهداری تاثیر معناداری بر روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها نداشت. از بین کامپوزیت های مورد مطالعه، Z250 کمترین میزان افزایش حجم را داشت. به علاوه اثر تصادفی مربوط به هر نمونه نیز که نشان دهنده موثر بودن سایر عوامل محیطی بررسی نشده بر روی انبساط آبی است، معنادار شد ($p <$ ۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دهنده آن است که علاوه بر زمان و نوع کامپوزیت، عوامل محیطی دیگری نیز اثر معناداری بر انبساط آبی دارند. ولی با این وجود بهتر است که از کامپوزیت های مناسب‌تر که در طول زمان افزایش حجم کمتری می یابند (مانند Z250) برای ترمیم دندان‌ها استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: رگرسیون آمیخته خطی چندسطحی، انبساط آبی، کامپوزیت.

مقدمه

یکی از علل شایع مراجعه بیماران به مراکز دندانپزشکی تخریب دندان است که علت آن می‌تواند پوسیدگی دندان، ضربه، نقایص مادر زادی و یا عوامل دیگر باشد. در صورت عدم پیشگیری و درمان به موقع، مینا و عاج دندان تخریب شده و در نتیجه کارآیی و زیبایی دندان به خطر می‌افتد و در نهایت احتمال از دست رفتن دندان وجود دارد (۳-۱). از این رو ترمیم دندان و پرکردن ناحیه تخریب شده به وسیله مواد خاصی از جمله آمالگام (Amalgam) و کامپوزیت (Composite) تدبیری است که دندانپزشکان برای محافظت و جلوگیری از ورود باکتری و افزایش ناحیه تخریب انجام می‌دهند (۶-۴). با توجه به تحقیقات انجام شده در این زمینه، کامپوزیت ها علاوه بر زیبایی می توانند بدون حذف بافت سالم با ساختار دندان باند شوند و به این دلیل امروزه کاربرد فراوانی در زمینه های درمانی مختلف مانند پوسیدگی ها، ترمیم های غیر مستقیم و استفاده از براکت های ارتودنسی دارند (۹-۷).

کامپوزیت‌های Z250، P90 و Kalore سه کامپوزیت رایج در دندانپزشکی جهت ترمیم و پرکردن دندان تخریب شده هستند که هم‌رنگ دندان و از جنس پلیمر می باشند. با توجه به ساختار و جنس این کامپوزیت ها امکان جذب آب و در نتیجه وقوع انبساط آبی در آن‌ها بسیار بالا است که این امر در اکثر مواقع باعث تغییر خواص کامپوزیت و از بین رفتن کارایی آن به عنوان ماده ترمیمی می شود (۱۲-۱۰). به علاوه بروز افزایش حجم بیش از مورد انتظار کامپوزیت، تطابق ماده

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

ترمیمی با دندان را به‌خطر انداخته و در مواردی که میزان آن بسیار زیاد باشد منجر به ایجاد تنش بسیار زیاد در دیواره دندان و در نهایت ترک در نسج دندان می‌گردد، که این پدیده به همراه استرس‌های ناشی از جویدن می‌تواند باعث شکسته شدن دیواره‌های دندان شود (۱۳و۱۴).

گرچه مطالعات فراوانی در رابطه با مقایسه خواص کامپوزیت ها به چاپ رسیده است ولی همچنان تعداد پژوهش هایی که به مقایسه میزان انبساط آبی این کامپوزیت ها پرداخته باشند بسیار اندک است. به عنوان مثال می توان از مقاله مارتین و همکاران (۱۵)، زایری و همکاران (۱۶)، و همچنین روترمن و همکاران (۳) نام برد که در پژوهش خود به مقایسه انبساط و انقباض آبی چند نوع کامپوزیت پرداخته اند که نتایج مطالعه آن ها نشان دهنده انقباض و انبساط آبی متفاوت در کامپوزیت های مختلف بود.

نکته قابل توجه در مطالعات انجام شده این است که در تمامی آن‌ها مطالعات مقطعی بوده و از تحلیل واریانس و آزمون‌های آماری یک متغیره برای دستیابی به هدف استفاده شده است. با توجه به موارد مذکور، هدف اصلی این مقاله مقایسه انبساط آبی سه کامپوزیت مختلف در دو محیط نگهداری و در طول زمان می باشد که برای این منظور، از مدل آمیخته خطی چندسطحی برای تحلیل داده های طولی استفاده شده است.

روش کار

داده‌های پژوهش: داده‌های مطالعه طولی حاضر، برگرفته از پژوهش انجام شده در مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی است. بدین منظور با استفاده از سه کامپوزیت (Z250، P90 و Kalore) ۱۰ نمونه استوانه‌ای شکل با ابعاد ۶×۴ میلی متر (قطر ۴ میلی متر و طول ۶ میلی متر) از هر یک از کامپوزیت‌های ساخته شده در دو محیط آب مقطر و بزاق طبیعی دهان به مدت ۳ ماه قرار گرفت و طول این استوانه‌ها ۱۸ بار پس از آماده سازی- یک روز - دو روز – پنج روز - هفت روز – نه روز- ۱۱ روز - ۱۴ روز - ۱۸ روز - ۲۰ روز - ۲۵ روز - ۳۰ روز - ۴۲ روز - ۶۰ روز- ۷۰ روز - ۷۸ روز - ۸۰ روز و ۹۰ روز پس از آماده سازی اندازه‌گیری شده‌اند. برای هر حالت (محیط- کامپوزیت) ۵ نمونه در نظر گرفته شده است (در کل ۵۴۰ نمونه) و برای افزایش دقت در هر مرحله اندازه‌گیری، دو بار از هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد.

مدل آمیخته خطی چندسطحی: در مطالعات طولی داده ها دارای ساختار سلسله مراتبی با دو سطح هستند به طوری که زمان های تکرار اندازه گیری، واحدهای سطح اول و افراد، واحدهای سطح دوم را تشکیل می دهند. در این گونه داده‌ها شرط استقلال بین مشاهدات برقرار نیست و از این رو باید از مدل های مناسبی استفاده شود که وابستگی بین مشاهدات را در نظر بگیرند. مدل آمیخته خطی چندسطحی که با نام مدل سلسله مراتبی یا مدل تعمیم یافته نیز خوانده می شود یکی از کاراترین روش های تحلیل داده‌های طولی است که طی چند دهه اخیر مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است (۱۹-۱۷).

در مدل آمیخته خطی چندسطحی فرض بر این است که i فرد یکسان در طول زمان (t) و به تعداد n_i بار ($t = 1,2, \dots, n_i$) مورد اندازه گیری قرار گرفته اند. بنابراین y_{ti} نشان دهنده مقدار اندازه گیری شده به ازای فرد i در زمان t بوده و مدل آمیخته خطی چندسطحی به صورت زیر می باشد:

$$y_{ti} = [\gamma_{00} + \gamma_{01}\, x_i + \gamma_{10}\, z_{ti} + \gamma_{20}\, t_i + \gamma_{11}\, x_i\, z_{ti} + \gamma_{21}\, x_i\, t_i] + [u_{0i} + u_{1i}\, z_{ti} + u_{2i}\, t_i + e_{ti}]$$

که در آن γ_{00}، γ_{01}، γ_{20}، γ_{11} و γ_{11} ضرایب رگرسیونی و u_{0i}، u_{1i} و u_{2i} بخش تصادفی مدل هستند و همان طور که مشاهده می شود مدل آمیخته فوق شامل دو بخش ثابت و تصادفی است (۲۰و۲۱).

برای توصیف داده ها، مدل بندی چندسطحی و مقایسه انبساط آبی کامپوزیت ها از نرم افزار SAS نسخه ۹.۱.۳ استفاده شده است. مقادیر احتمال کمتر از ۰/۰۵ به عنوان معنادار آماری در نظر گرفته شده اند.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار (برحسب میلی متر) انبساط کامپوزیت‌ها به تفکیک دو محیط آب مقطر و بزاق طبیعی

		محیط نگهداری	
		بزاق طبیعی	آب مقطر
نوع کامپوزیت	Z250	± ۵/۹۵	± ۵/۹۷
		۰/۰۱۳۰	۰/۰۰۹۴
	P90	± ۵/۹۸	± ۵/۹۹
		۰/۰۲۱۴	۰/۰۲۶۹
	Karole	± ۵/۹۸	± ۵/۹۷
		۰/۰۲۱۱	۰/۰۱۴۰

یافته‌ها

در این مطالعه طولی میانگین (± انحراف معیار) انبساط آبی برابر با ۵/۹۷ (± ۰/۰۲۳) بود. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار انبساط آبی هر کامپوزیت به تفکیک محیط نگهداری (آب مقطر و بزاق دهان) گزارش شده است.

گرچه در جدول ۱ تفاوت چندانی بین کامپوزیت‌ها دیده نمی‌شود ولی کامپوزیت Z250 دارای کمترین و کامپوزیت P90 دارای بیشترین مقدار انبساط آبی بود. بنابراین بدون در نظر گرفتن اثر زمان، میانگین انبساط آبی رخداده در این دو نوع کامپوزیت در هر یک از محیط های نگهداری به طور جداگانه و با استفاده از آزمون t استودنت بررسی شد. در هر دو محیط، اختلاف میانگین های محاسبه شده از نظر آماری معنادار بود ($p < ۰/۰۰۱$). در داده های طولی که مشاهدات دارای همبستگی درونی هستند، در نظر نگرفتن اثر زمان و همبستگی بین مشاهدات باعث می شود که یافته ها از اعتبار بالایی برخوردار نباشند و دقیقاً به همین دلیل، از مدل های سلسله مراتبی و تعمیم یافته مانند مدل آمیخته خطی چندسطحی برای تحلیل این نوع داده ها استفاده شد.

نتایج برازش مدل آمیخته خطی چندسطحی در جدول ۲ نشان داده شده است. در جدول ۲، مدل (۱) تنها شامل عرض از مبدا بوده و مدل عرض از مبدا (Intercept Only Model) نامیده می‌شود، مدل (۲) علاوه بر عرض از مبدا شامل اثر زمان به عنوان یک متغیر کمکی است که ضریب آن برای هر واحد نمونه متفاوت می باشد. در نهایت مدل (۳)، مدل کامل است که شامل عرض از مبدا، اثر زمان به عنوان یک متغیر کمکی با اثر تصادفی و اثر کامپوزیت ها با ضرایب ثابت می باشد. برآورد ضرایب رگرسیونی و بخش های تصادفی مدل به ازای عرض از مبدا و زمان در جدول (۲) گزارش شده است.

مدل (۱) که تنها شامل عرض از مبدا است به عنوان مدل پایه و یا مدل صفر در نظر گرفته می شود تا بتوان در مقایسه با آن، تغییرات حاصل در پاسخ را با وارد کردن متغیرهای دیگر به مدل مشاهده و اندازه گیری کرد. با توجه به مدل (۱) و نتایج ستون اول جدول ۲، واریانس اندازه گیری های تکراری برابر با ۰/۰۰۸۷۱۲ و واریانس مربوط به سطح کامپوزیت ها برابر با ۰/۰۲۱۶۳ شده است. بنابراین همبستگی درون خوشه‌ای(Intra-Class Correlation) (نسبت واریانس توضیح داده شده در سطح کامپوزیت ها) برابر با ۰/۷۱۲۹۲

$$(0/02163)/(0/02163 + 0/008721))$$

می‌شود. یعنی به طور متوسط ۷۰٪ کل واریانس اندازه گیری شده مربوط به واریانس بین کامپوزیت‌ها و ۳۰٪ باقیمانده، واریانس در طول زمان است.

در مدل (۲) مقادیر برآورد شده عرض از مبدا و زمان به ترتیب برابر ۵/۹۶۵۹ و ۰/۰۰۱۱۷ است، یعنی مقدار انبساط آبی در اولین اندازه گیری برابر با ۵/۹۶۵۹ بوده و در هربار اندازه گیری در آینده به مقدار ۰/۰۰۱۱۷ افزایش می یابد. در این مدل مولفه‌های واریانس (بخش تصادفی) مربوط به عرض از مبدا و زمان هردو معنادار شده اند. معنادار بودن بخش تصادفی مربوط به عرض از مبدا نشان دهنده آن است که کامپوزیت های مورد بررسی مقادیر اولیه متفاوتی داشته اند و همچنین عوامل دیگری مانند مواد اولیه کامپوزیت و یا برخی شرایط محیطی دیگر که اثر آن‌ها به صورت مستقیم وارد مدل نشده است، روی انبساط آبی کامپوزیت ها موثر است. معنادار بودن بخش تصادفی مربوط به زمان یا شیب مدل نیز نشان دهنده آن است که نرخ افزایش (کاهش) انبساط آبی کامپوزیت های مختلف در طول زمان متفاوت است.

در مدل (۳) که متغیرهای کمکی نوع کامپوزیت و محیط نگهداری کامپوزیت ها نیز با اثرات ثابت وارد

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۲- نتایج مدل آمیخته خطی چندسطحی برای مقایسه انبساط آبی سه نوع کامپوزیت

مولفه های مدل		مدل (۱)	مدل (۲)	مدل (۳)
عرض از مبدا	برآورد	۵/۹۷۷۰	۵/۹۶۵۹	۵/۹۶۲۵
	خطای معیار	۰/۰۰۳۹۶	۰/۰۰۳۹۹	۰/۰۱۵۶۹
	مقدار احتمال	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
زمان	برآورد	–	۰/۰۰۱۱۷	۰/۰۰۱۱۷۶
	خطای معیار	–	۰/۰۰۰۰۶۰۱	۰/۰۰۰۰۵۸۹
	مقدار احتمال	–	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
کامپوزیت	برآورد	–	–	۰/۰۰۶۰۷۷
	خطای معیار	–	–	۰/۰۰۲۸۳
	مقدار احتمال	–	–	۰/۰۳۲
محیط نگهداری	برآورد	–	–	۰/۰۰۵۸۴۸
	خطای معیار	–	–	۰/۰۰۷۸۴۳
	مقدار احتمال	–	–	۰/۴۵۶
خطای مدل	برآورد	۰/۰۰۸۷۱۲	۰/۰۰۵۹۶۹	۰/۰۰۵۹۷۷
	خطای معیار	۰/۰۰۰۲۷۲	۰/۰۰۰۱۹۲۲	۰/۰۰۰۱۹۲۹
	مقدار احتمال	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اثر تصادفی عرض از مبدا	برآورد	۰/۰۲۱۶۳۱	۰/۰۲۱۴۲۴	۰/۰۲۱۳۸۸
	خطای معیار	۰/۰۰۲۸۶۵	۰/۰۰۲۸۴۱	۰/۰۰۲۹۳۵
	مقدار احتمال	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
اثر تصادفی زمان	برآورد	–	۰/۰۰۰۱۸۶۷	۰/۰۰۰۱۷۴۲
	خطای معیار	–	۰/۰۰۰۰۷۶۵	۰/۰۰۰۰۷۹۳
	مقدار احتمال	–	۰/۰۱۴	۰/۰۲۷

مدل می شوند، اثر نوع کامپوزیت بر روی انبساط آبی معنادار شده است (p=۰/۰۳۲) و این در حالی است که محیط نگهداری کامپوزیت تاثیر معناداری روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها ندارد (p=۰/۴۵۶). به علاوه با مقایسه مدل (۲) و (۳) می توان دید که تغییرات ضرایب عرض از مبدا و زمان با ورود این دو متغیر به مدل کاهش یافته است و می توان نتیجه گرفت که بخشی از تغییرات کل مدل توسط متغیرهای نوع کامپوزیت و محیط نگهداری توضیح داده می شود.

بحث و نتیجه گیری

یکی از مزایا و تفاوت های این مطالعه نسبت به پژوهش‌های مشابه استفاده از نمونه هایی با اندازه‌های یکسان است. در اکثر مطالعات انجام شده از کامپوزیت هایی با اندازه های مختلف استفاده شده است و این کامپوزیت ها پس از غوطه وری در آب به زمان نسبتاً طولانی برای رسیدن به سطح تعادل نیاز دارند (۲۲و۲۳). علاوه بر یکسان بودن اندازه کامپوزیت ها، در این مقاله نمونه‌ها هم‌اندازه با نمونه‌های واقعی و کاربردی در کلینیک‌ها انتخاب شده اند و کاملاً قابل مقایسه با نمونه‌های کاربردی در کلینیک ها می باشند.

در رابطه با زمان لازم برای رسیدن به تعادل، پیرسون در مطالعه خود نشان داد که میزان جذب آب و انبساط آبی کامپوزیت ها طی دو هفته اول اتفاق می افتد و پس از آن هشت هفته زمان صرف می‌شود تا نمونه ها به تعادل برسند (۲۴). به علاوه روترمن و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که با افزایش زمان غوطه وری کامپوزیت در آب، انبساط آبی کامپوزیت کاهش می یابد (۳).

نتایج این مقاله بیانگر معنادار بودن نوع کامپوزیت بر روی انبساط آبی بود و هر سه نوع کامپوزیت مورد مطالعه در طول زمان تغییرات ابعادی داشتند در حالی که محیط نگهداری کامپوزیت ها (آب و بزاق دهان) تاثیر معنادری بر روی انبساط آبی کامپوزیت ها نداشت. این یافته با نتایج مطالعه زایری و همکاران مطابقت داشت (۲۴). گرچه مطالعاتی نیز به چاپ رسیده است که نشان دهنده معنادار بودن اثر محیط نگهداری بر روی انبساط آبی کامپوزیت هستند. به عنوان مثال

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

موزانج و همکاران با بررسی دو ماهه کامپوزیت‌ها در دو محیط آب مقطر و بزاق مصنوعی به این نتیجه رسیدند که میزان افزایش وزن کامپوزیت ها در محیط بزاق مصنوعی به طور معناداری بالاتر از آب مقطر است (۲۵). در این مطالعه کامپوزیت Z250 دارای کمترین انبساط آبی و کامپوزیت P90 دارای بیشترین انبساط آبی بود و می توان نتیجه گرفت که کامپوزیت Z250 مرغوب تر و مناسب تر از کامپوزیت های دیگر است. برخی مطالعات روی کامپوزیت P90 نتایج مشابهی را گزارش کرده اند. به عنوان مثال در مطالعه زایری و همکاران نیز نتایج مشابهی در رابطه با هر دو کامپوزیت Z250 و P90 به دست آمده است (۱۶).

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی تحت عنوان: «تحلیل پاسخ‌های طولی پیوسته با استفاده از مدل آمیخته خطی چند سطحی» مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۱ با کد ۹۱-۰۲-۱۳۶-۱۷۶۹۶ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

منابع

1. Huang C, Kei L, Wei S, Cheung G, Tay F, Pashley D. The influence of hygroscopic expansion of resin based restorative materials on artificial gap reduction. J Adhes Dent. 2002;4(1):61-71.

2. Razm Avar S. Determining the expansion of Low shrinkage composites in water environment [PhD thesis]. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. 2010.

3. Ruttermann S, Kruger S, Raab W, Janda R. Polymerization shrinkage and hygroscopic expansion of contemporary posterior resin-based filling materials-a comparative study. J Dent. 2007; 35(10):806-13.

4. Mc Cullock A, Smith B. In vitro studies of cuspal movement produced by adhesive restorative materials. Br Dent J. 1986;161(11):405-9.

5. Meredith N, Setchell D. In vitro measurement of cuspal strain and displacement in composite restored teeth. J Dent. 1997;25(3-4):331-7.

6. Pearson G, Hegarty S. Cusp movement in molar teeth using dentine adhesives and composite filling materials. Biomaterials. 1987;8(6):473-6.

7. Bowen R. Use of epoxy resins in restorative materials. J Dent Res. 1956 Jun; 35(3):360-9.

8. Silikas N, Eliades G, Watts D. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. Dent Mater. 2000;16(4):292-6.

9. Causton B, Millet B, Sefton J. The deformation of cusps by bonded posterior composite restorations: An in vitro study. Br Dent J. 1985;159(12):397-400.

10. Douglas A, Terry Karl F, Leinfelder Markus B. A comparison of advanced resin monomer technologies. Dent Today. 2009; 28(7):122-3.

11. Kaga S, Fusejima F, Kumagai T. Polymerization shrinkage ratio of various resin composites. International Association for Dental Research 2009.

12. Schneider L, Cavalcante L, Silikas N. Shrinkage stresses generated during resin composite applications: A Review. J Dent Biomech. 2010;(1):1-14.

13. Oyasaed H, Ruyter I. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. J Dent Res. 1986;65(11):1315-18.

14. Bowen R, Rapson J, Dickson G. Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. J Dent Res. 1982;61(5):654-58.

15. Martin N, Jedynakiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. Dent Mater. 2003;19(2):77-86.

16. Zayeri F, Razmavar S, Naserinejad K, Akbarzade Baghban A, Torabzade H, Salehi M. Laboratory comparison of hygroscopic expansion between three resin-

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

based composites. J Islami Dent Assoc Iran Journal of Islamic Dental Association of Iran. 2012; 24(1):47-55.

17. Lindsey JK. Models for repeated measurements. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1999.

18. Fitzmaurice GM, Laird NM, Ware JH. Applied longitudinal analysis. New York: John Wiley & Sons;. 2004.

19. Diggle PJ, Liang KY, Zeger SL. Analysis of longitudinal data. London: Oxford University Press; 2000.

20. Verbeke G, Molenberghs G. Linear mixed models for longitudinal data. Springer. 2000.

21. Steele F. Multilevel models for longitudinal data. J R Stat Soc Series A. 2008; 17:5-19.

22. Santerre J, Shajii L, Leung B. Relation of dental composite formulations to their degradation and release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. Crit Rev Oral Biol M. 2001; 12(2): 136-51.

23. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. J Dent. 2003; 31(1):43-50.

24. Pearson G. Long term water sorption and solubility of composite filling materials. J Dent 1979; 7(1): 64-8.

25. Musanje L, Shu M, Darvel BW. Water sorption and mechanical behavior of cosmetic direct restorative materials in artificial saliva. Dent Mater. 2001; 17(5):394-401.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

Application of multilevel linear mixed model for experimental comparison of hygroscopic expansion in three composites

Nasim Vahabi, MSc., School of Health Management and Medical Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
***Masoud Salehi**, PhD. Assistant Professor of Biostatistics, Member of Health Management and Economics Research Center, Statistics and Mathematics Department, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (*Corresponding author). salehi74@yahoo.com
Farid Zayeri, PhD. Associate Professor of Biostatistics, Biostatistics Department, Member of Proteomics Research Center, School of Paramedical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Hassan Torabzadeh, PhD. Associate Professor of Dentistry, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background: Tooth damage is one of the most common reasons that patients visit the dentists. Nowadays composites are increasingly used in dentistry because they have the colour of tooth and are more compatible with tooth tissue. Hygroscopic expansion is one of the most reasons that reduce the efficacy of the composite. Main goal of this article is to compare the hygroscopic expansion of the three common composites.
Methods: In this longitudinal study, laboratory data from three common composites (Z25, P90, Kalore) that were kept in two different environments (distilled water and natural mouth saliva) for three months were used. Their cylinder length was measured 18 times after preparation of 540 samples and their hygroscopic expansion was comprised using multilevel linear mixed model by SAS 9.1.3 software.
Results: In this study both, time ($p<0.001$) and composite ($p=0.032$) were statistically significant and environment did not have significant effect. Composite Z250 had the lowest hygroscopic expansion between the three underlying composites. Also, random effect of the intercept which showed the effect of unobserved factors on the response, was significant ($p<0.001$).
Conclusions: Results showed that in addition to the time and composite type, there are other factors that do not exist in the model but affect the hygroscopic expansion. Nevertheless it's better to choose the best composite that have the lowest hygroscopic expansion (like Z250) during the time.

Keywords: Multilevel linear mixed model, Hygroscopic expansion, Composite.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]