

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

**نسیم وهابی:** کارشناس ارشد آمارزیستی، گروه آمار وریاصل، 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 پرتوتومیکس، دانشکده پیرا پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

**دکتر حسن ترابزاده:** دانشیار و متخصص دندانپزشکی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** تخریب دندان یکی از علل شایع مراجعه بیماران به مراکز دندانپزشکی است. امروزه استفاده از کامپوزیت‌ها به علت هم رنگ بودن آن‌ها با دندان و سازگاری بیشتر با بافت دندان مورد استقبال و توجه زیادی قرار گرفته‌اند. 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 کامپوزیت‌ها ۵۴۰ بار بر روی نمونه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و میزان انبساط آبی آن‌ها با استفاده از مدل آمیخته خطی چندسطحی و نرم افزار SAS نسخه ۹.۱.۳ با یکدیگر مقایسه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج بررسی نشان دهنده موثر بودن زمان (۰/۰۰۱)  $p=$  و نوع کامپوزیت ( $0/032$ )  $p=$  برمیزان انبساط کامپوزیت‌ها بود و محیط نگهداری تاثیر معناداری بر روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها نداشت. از بین کامپوزیت‌های 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 ( $0/001$ )  $p=$ .

**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 کامپوزیت‌های مناسب‌تر که در طول زمان افزایش حجم کمتری می‌یابند (مانند Z250) برای ترمیم دندان‌ها استفاده شود.

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

### مقدمه

بدون حذف بافت سالم با ساختار دندان باند شوند و به این دلیل امروزه کاربرد فراوانی در زمینه‌های درمانی مختلف مانند پوسیدگی‌ها، ترمیم‌های غیر مستقیم و استفاده از برآکت‌های ارتودنسی دارند (۷-۹).

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 می‌باشند. با توجه به ساختار و جنس این کامپوزیت‌ها 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 می‌شود (۱۰-۱۲). به علاوه بروز افزایش حجم بیش از مورد انتظار کامپوزیت، تطابق ماده

یکی از علل شایع مراجعه بیماران به مراکز دندانپزشکی تخریب دندان است که علت آن می‌تواند پوسیدگی دندان، ضربه، نقاچیص مادر زادی و یا عوامل دیگر باشد. در صورت عدم پیشگیری و درمان به موقع، مینا و عاج دندان تخریب شده و در نتیجه کارآبی و زیبایی دندان به خطر می‌افتد و در نهایت احتمال از دست رفتن دندان وجود دارد (۱-۳). 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 (۴-۶). با توجه به تحقیقات انجام شده در این زمینه، کامپوزیت‌ها علاوه بر زیبایی می‌توانند

روز - ۶۰ روز - ۷۰ روز - ۷۸ روز - ۸۰ روز و 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 داده‌ها دارای ساختار سلسله مراتبی با دو سطح هستند به طوری که زمان‌های تکرار اندازه‌گیری، واحدهای سطح اول و افراد، واحدهای سطح دوم را تشکیل می‌دهند. در این گونه داده‌ها شرط استقلال بین مشاهدات برقرار نیست و از این رو باید از مدل‌های 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 می‌شود یکی از کاراترین روش‌های تحلیل داده‌های طولی است که طی چند دهه اخیر مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است (۱۷-۱۹).

در مدل آمیخته خطی چندسطحی فرض براین است که  $i$  فرد یکسان در طول زمان ( $t$ ) و به تعداد  $n_i$  بار ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) مورد اندازه‌گیری قرار گرفته‌اند. بنابراین  $y_{ti}$  نشان دهنده مقدار اندازه‌گیری شده به ازای فرد  $i$  در زمان  $t$  بوده و مدل آمیخته خطی چندسطحی به صورت زیر می‌باشد:

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

که در آن  $\gamma_{00}, \gamma_{01}, \gamma_{10}, \gamma_{20}, \gamma_{11}$  و  $\gamma_{21}$  ضرایب رگرسیونی و  $u_{0i}, u_{1i}$  و  $u_{2i}$  بخش تصادفی مدل هستند و همان طور که مشاهده می‌شود مدل آمیخته فوق شامل دو بخش ثابت و تصادفی است (۲۰-۲۱).

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

ترمیمی با دندان را به خطر انداخته و در مواردی که میزان آن بسیار زیاد باشد منجر به ایجاد تنفس 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 (۱۴ و ۱۳).

گرچه مطالعات فراوانی در رابطه با مقایسه خواص کامپوزیت‌ها به چاپ رسیده است ولی همچنان تعداد پژوهش‌هایی که به مقایسه میزان انبساط آبی این کامپوزیت‌ها پرداخته باشند بسیار اندک است. به عنوان مثال می‌توان از مقاله مارتین و همکاران (۱۵)، زایری و همکاران (۱۶)، و همچنین روتمن و همکاران (۳) نام برد که در پژوهش خود به مقایسه انبساط و انقباض آبی چند نوع کامپوزیت پرداخته‌اند که نتایج مطالعه آن‌ها نشان دهنده انقباض و انبساط آبی متفاوت در کامپوزیت‌های 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 می‌باشد که برای این منظور، از مدل آمیخته خطی چندسطحی برای تحلیل داده‌های 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 (Kalore P90 و Z250) ۱۰ نمونه استوانه‌ای شکل با ابعاد  $4 \times 6$  میلی‌متر (قطر ۴ میلی‌متر و طول ۶ میلی‌متر) از هر یک از کامپوزیت‌های ساخته شده در دو محیط آب مقطر و براق 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 -

عنوان یک متغیر کمکی با اثر تصادفی و اثر کامپوزیت‌ها با ضرایب ثابت می‌باشد. برآورد ضرایب رگرسیونی و بخش‌های 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 می‌شود 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 گیری‌های تکراری برابر با  $0.008712$  و واریانس مربوط به سطح کامپوزیت‌ها برابر با  $0.02163$  شده است. بنابراین همبستگی درون خوش‌های (Intra-Class Correlation) (نسبت واریانس توضیح داده شده در سطح کامپوزیت‌ها) برابر با  $0.71292$  است.

#### (0/02163)/(0/02163 + 0/008721)

می‌شود. یعنی به طور متوسط  $70\%$  کل واریانس اندازه گیری شده مربوط به واریانس بین کامپوزیت‌ها و  $30\%$  باقیمانده، واریانس در طول زمان است.

در مدل (۲) مقادیر برآورده شده عرض از مبدا و زمان به ترتیب برابر  $0.00117$  و  $0.0059$  می‌باشد، یعنی مقدار انبساط آبی در اولین اندازه گیری برابر با  $0.0059$  بوده و در هر برآورده گیری در آینده به مقدار  $0.00117$  افزایش می‌یابد. در این مدل مولفه‌های واریانس (بخش تصادفی) مربوط به عرض از مبدا و زمان هردو معنادار شده‌اند. معنادار بودن بخش تصادفی مربوط به عرض از مبدا نشان دهنده آن است که کامپوزیت‌های مورد بررسی مقادیر اولیه متفاوتی داشته‌اند 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 کامپوزیت‌ها موثر است. معنادار بودن بخش تصادفی مربوط به زمان یا شیب مدل نیز نشان دهنده آن است که نرخ افزایش (کاهش) انبساط آبی کامپوزیت‌های مختلف در طول زمان متفاوت است.

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

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

محیط نگهداری	نوع	Z250	P90	Karole
کامپوزیت	آب مقطر	$\pm 0.097$	$\pm 0.095$	$\pm 0.097$
	بzac طبیعی	$0.0094$	$0.0130$	$0.0140$
	آب مقطر	$\pm 0.099$	$\pm 0.098$	$\pm 0.097$
	بzac طبیعی	$0.0269$	$0.0214$	$0.0211$

#### یافته‌ها

در این مطالعه طولی میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) انبساط آبی برابر با  $0.023 \pm 0.097$  بود. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار انبساط آبی هر کامپوزیت به تفکیک محیط نگهداری (آب مقطر و بzac 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 محیط‌های نگهداری به طور جداگانه و با استفاده از آزمون  $t$  استودنت بررسی شد. در هر دو محیط، اختلاف میانگین‌های محاسبه شده از نظر آماری معنادار بود ( $p < 0.001$ ). در داده‌های طولی که مشاهدات دارای همبستگی درونی هستند، در نظر نگرفتن اثر زمان و همبستگی بین مشاهدات باعث می‌شود که یافته‌ها از اعتبار بالایی برخوردار نباشند و دقیقاً به همین دلیل، از مدل‌های سلسله مراتبی و تعمیم یافته مانند مدل آمیخته خطی چندسطحی برای تحلیل این نوع داده‌ها استفاده شد.

نتایج برآش 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 می‌باشد. در نهایت مدل (۳)، مدل کامل است که شامل عرض از مبدا، اثر زمان به

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

مولفه های مدل	عرض از مبدا	مدل (۱)	مدل (۲)	مدل (۳)
برآورد		۵/۹۷۷۰	۵/۹۶۵۹	۵/۹۶۲۵
خطای معیار		.۰/۰۳۹۶	.۰/۰۳۹۹	.۰/۰۱۵۶۹
مقدار احتمال		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
برآورد	زمان	-	.۰/۰۱۱۷	.۰/۰۰۱۱۷۶
خطای معیار		-	.۰/۰۰۰۶۰۱	.۰/۰۰۰۵۸۹
مقدار احتمال		<۰/۰۰۱	-	<۰/۰۰۱
برآورد	کامپوزیت	-	-	.۰/۰۰۶۰۷۷
خطای معیار		-	-	.۰/۰۰۲۸۳
مقدار احتمال		-	-	.۰/۰۳۲
برآورد	محیط نگهداری	-	-	.۰/۰۰۵۸۴۸
خطای معیار		-	-	.۰/۰۰۷۸۴۳
مقدار احتمال		-	-	.۰/۴۵۶
برآورد	خطای مدل	.۰/۰۰۸۷۱۲	.۰/۰۰۵۹۶۹	.۰/۰۰۵۹۷۷
خطای معیار		.۰/۰۰۰۲۷۲	.۰/۰۰۰۱۹۲۲	.۰/۰۰۰۱۹۲۹
مقدار احتمال		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
برآورد	اثر تصادفی عرض از مبدا	.۰/۰۲۱۶۳۱	.۰/۰۲۱۴۲۴	.۰/۰۲۱۴۸۸
خطای معیار		.۰/۰۰۲۸۶۵	.۰/۰۰۲۸۴۱	.۰/۰۰۲۹۳۵
مقدار احتمال		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
برآورد	اثر تصادفی زمان	-	.۰/۰۰۱۸۶۷	.۰/۰۰۰۱۷۴۲
خطای معیار		-	.۰/۰۰۰۰۷۶۵	.۰/۰۰۰۰۷۹۳
مقدار احتمال		-	.۰/۰۱۴	.۰/۰۲۷

کلینیک‌ها انتخاب شده اند و کاملاً قابل مقایسه با نمونه‌های کاربردی در کلینیک‌ها می‌باشند. در رابطه با زمان لازم برای رسیدن به تعادل، پیرسون در مطالعه خود نشان داد که میزان جذب آب و انبساط آبی کامپوزیت‌ها طی دو هفته اول اتفاق می‌افتد و پس از آن هشت هفته زمان صرف می‌شود تا نمونه‌ها به تعادل برسند (۲۴). به علاوه روتمن و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که با افزایش زمان غوطه وری کامپوزیت در آب، انبساط آبی کامپوزیت کاهش می‌یابد (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 کامپوزیت‌ها (آب و بزاق دهان) تاثیر معناداری بر روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها 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

مدل می‌شوند، اثر نوع کامپوزیت بر روی انبساط آبی معنادار شده است ( $p=0/۰۳۲$ ) و این در حالی است که محیط نگهداری کامپوزیت تاثیر معناداری روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها ندارد ( $p=0/۴۵۶$ ). به علاوه با مقایسه مدل (۲) و (۳) می‌توان دید که تغییرات ضرایب عرض از مبدا و زمان با ورود این دو متغیر به مدل کاهش یافته است و می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از تغییرات کل مدل توسط متغیرهای نوع کامپوزیت و محیط نگهداری توضیح داده می‌شود.

## بحث و نتیجه گیری

یکی از مزایا و تفاوت‌های این مطالعه نسبت به پژوهش‌های مشابه استفاده از نمونه‌هایی با اندازه‌های یکسان است. در اکثر مطالعات انجام شده از کامپوزیت‌هایی با اندازه‌های مختلف استفاده شده است و این کامپوزیت‌ها پس از غوطه وری در آب به زمان نسبتاً طولانی برای رسیدن به سطح تعادل نیاز دارند (۲۲ و ۲۳). علاوه بر یکسان بودن اندازه کامپوزیت‌ها، در این مقاله نمونه‌ها هماندازه با نمونه‌های واقعی و کاربردی در

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-

موزانج و همکاران با بررسی دو ماهه کامپوزیت‌ها در دو محیط آب مقطر و بزاق مصنوعی به این نتیجه رسیدند که میزان افزایش وزن کامپوزیت‌ها 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 می‌توان نتیجه گرفت که کامپوزیت Z250 مرغوب تر و مناسب تر از کامپوزیت‌های دیگر است. برخی مطالعات روی کامپوزیت P90 نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. 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

- 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.
- Razm Avar S. Determining the expansion of Low shrinkage composites in water environment [PhD thesis]. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. 2010.
- 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.
- Mc Cullock A, Smith B. In vitro studies of cuspal movement produced by

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.

## 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.