

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

**نسیم وهابی:** کارشناس ارشد آمار زیستی، گروه آمار ریاضی، 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 زابری:** 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 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 کامپوزیت ها به علت هم رنگ بودن آن ها با دندان و سازگاری بیشتر با بافت دندان مورد استقبال و توجه زیادی قرار گرفته اند. انبساط آبی کامپوزیت ها یکی از مهم ترین مسائلی است که باعث کاهش کارایی آن ها می شود. هدف این مطالعه مقایسه انبساط آبی سه نوع کامپوزیت رایج است. **روش کار:** در این مطالعه طولی داده های آزمایشگاهی مربوط به سه نوع کامپوزیت (P90، Z250 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 ( $p < 0.001$ ) و نوع کامپوزیت ( $p = 0.032$ ) بر میزان انبساط کامپوزیت ها بود و محیط نگهداری تاثیر معناداری بر روی انبساط آبی کامپوزیت ها 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 ( $p < 0.001$ ). **نتیجه گیری:** 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 مناسب تر که در طول زمان افزایش حجم کمتری می یابند (مانند Z250) برای ترمیم دندان ها استفاده شود.

**کلیدواژه ها:** 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 زمینه های درمانی مختلف مانند پوسیدگی ها، ترمیم های غیر مستقیم و استفاده از براکت های ارتودنسی دارند (۷-۹).

کامپوزیت های P90، Z250 و Kalore سه کامپوزیت رایج در دندانپزشکی جهت ترمیم و پرکردن دندان تخریب شده هستند که هم رنگ 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 آن ها 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 (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 می تواند 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 کارایی و زیبایی دندان به خطر می افتد 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 می دهند (۴-۶). با توجه به تحقیقات انجام شده در این زمینه، کامپوزیت ها علاوه بر زیبایی می توانند

روز - ۶۰ روز - ۷۰ روز - ۷۸ روز - ۸۰ روز و ۹۰ روز پس از آماده سازی اندازه گیری شده اند. برای هر حالت (محیط - کامپوزیت) ۵ نمونه در نظر گرفته شده است (در کل ۵۴۰ نمونه) و برای افزایش دقت در هر مرحله اندازه گیری، دو بار از هر واحد آزمایشی اندازه گیری 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 داده ها 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 داده های 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 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  $\gamma_{00}$ ،  $\gamma_{01}$ ،  $\gamma_{10}$ ،  $\gamma_{20}$ ،  $\gamma_{11}$  و  $\gamma_{21}$  ضرایب رگرسیونی و  $u_{0i}$ ،  $u_{1i}$  و  $u_{2i}$  بخش تصادفی مدل هستند و همان طور که مشاهده می شود مدل آمیخته فوق شامل دو بخش ثابت و تصادفی است (۲۰ و ۲۱).

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.

ترمیمی با دندان را به خطر 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 می گردد، که این پدیده به همراه استرس های ناشی از جویدن می تواند باعث شکسته شدن دیواره های دندان شود (۱۳ و ۱۴).

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 آن ها مطالعات مقطعی بوده و از تحلیل واریانس و آزمون های 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

داده های پژوهش: داده های 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 (P90، Z250 و Kalore) ۱۰ نمونه استوانه ای شکل با ابعاد ۴×۶ میلی متر (قطر ۴ میلی متر و طول ۶ میلی متر) از هر یک از کامپوزیت های ساخته شده در دو محیط آب مقطر و بزاق طبیعی دهان به مدت ۳ ماه قرار گرفت و طول این استوانه ها 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

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  $0.008712$  و واریانس مربوط به سطح کامپوزیت ها برابر با  $0.02163$  شده است. بنابراین همبستگی درون خوشه‌ای (Intra-Class Correlation) (نسبت واریانس توضیح داده شده در سطح کامپوزیت ها) برابر با  $0.71292$

[\(0/02163\)/\(0/02163 + 0/008721\)](#)

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 برآورد شده عرض از مبدا و زمان به ترتیب برابر  $5/9659$  و  $0/00117$  است، یعنی مقدار انبساط آبی در اولین اندازه گیری برابر با  $5/9659$  بوده و در هر بار اندازه گیری در آینده به مقدار  $0/00117$  افزایش می یابد. در این مدل مولفه‌های واریانس (بخش تصادفی) مربوط به عرض از مبدا و زمان هر دو 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

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

محیط نگهداری		نوع کامپوزیت	Z250
آب مقطر	بزاق طبیعی		
$\pm 5/97$	$\pm 5/95$	Z250	
$0/094$	$0/130$		
$\pm 5/99$	$\pm 5/98$	P90	
$0/269$	$0/214$		
$\pm 5/97$	$\pm 5/98$	Karole	
$0/140$	$0/211$		

### یافته‌ها

در این مطالعه طولی میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) انبساط آبی برابر با  $5/97 (\pm 0/023)$  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 رخ داده 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 ( $p < 0/001$ ). 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

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

مدل (۳)	مدل (۲)	مدل (۱)	مؤلفه های مدل
۵/۹۶۲۵	۵/۹۶۵۹	۵/۹۷۷۰	عرض از مبدا
۰/۰۱۵۶۹	۰/۰۰۳۹۹	۰/۰۰۳۹۶	خطای معیار
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	مقدار احتمال
۰/۰۰۱۱۷۶	۰/۰۰۱۱۷	-	زمان
۰/۰۰۰۰۵۸۹	۰/۰۰۰۰۶۰۱	-	خطای معیار
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	مقدار احتمال
۰/۰۰۶۰۷۷	-	-	کامپوزیت
۰/۰۰۲۸۳	-	-	خطای معیار
۰/۰۳۲	-	-	مقدار احتمال
۰/۰۰۵۸۴۸	-	-	محیط نگهداری
۰/۰۰۷۸۴۳	-	-	خطای معیار
۰/۴۵۶	-	-	مقدار احتمال
۰/۰۰۵۹۷۷	۰/۰۰۵۹۶۹	۰/۰۰۸۷۱۲	خطای مدل
۰/۰۰۰۱۹۲۹	۰/۰۰۰۱۹۲۲	۰/۰۰۰۲۷۲	خطای معیار
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	مقدار احتمال
۰/۰۰۲۱۳۸۸	۰/۰۰۲۱۴۲۴	۰/۰۰۲۱۶۳۱	اثر تصادفی عرض از مبدا
۰/۰۰۲۹۳۵	۰/۰۰۲۸۴۱	۰/۰۰۲۸۶۵	خطای معیار
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	مقدار احتمال
۰/۰۰۰۱۷۴۲	۰/۰۰۰۱۸۶۷	-	اثر تصادفی زمان
۰/۰۰۰۰۷۹۳	۰/۰۰۰۰۷۶۵	-	خطای معیار
۰/۰۲۷	۰/۰۱۴	-	مقدار احتمال

کلینیک‌ها انتخاب شده اند و کاملاً قابل مقایسه با نمونه‌های کاربردی در کلینیک‌ها می باشند.

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 می افتد و پس از آن هشت هفته زمان صرف می‌شود تا نمونه‌ها 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 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 می شوند، اثر نوع کامپوزیت بر روی انبساط آبی معنادار شده است ( $p=0/032$ ) و این در حالی است که محیط نگهداری کامپوزیت تاثیر معناداری روی انبساط آبی کامپوزیت‌ها ندارد ( $p=0/456$ ). 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 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, Jedyakiewicz 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 مرغوب‌تر و مناسب‌تر 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 ۱۷۶۹۶-۱۳۶-۰۲-۹۱ 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

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](mailto: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.