

Correlación entre la morfología del relleno, la matriz y el acabado con las propiedades flexurales y la pérdida en composites directos

Correlation Filling Morphology, matrix and finishing flexural properties and loss of direct composite resins

Resumen

El objetivo de esta investigación fue estimar el grado de correlación y el valor predictivo de la morfología del relleno (M), la química de la matriz (Q) y el tipo de acabado (A) con las propiedades flexurales (PF) y la pérdida de superficie (PS) de 13 composites directos. Materiales y métodos: Se realizaron 20 probetas de composite para cada grupo: G1 Helimolar[®]; G2 Filtek[™] Z350; G3Tetric[®] N Ceram, G4 Point 4[™], G5 Premisa[™], G6 Esthet.X[®] HD, G7 ice, G8 Vit-L-escence[®], G9 Grandio[®], G10 TPH[®]3, G11Amelogen[®] Plus, G12 Brilliant Enamel, G13 Filtek[™] Z100. Aleatoriamente cada grupo se subdividió en cuatro grupos de 5 probetas para ser sometidas a los siguientes sistemas de acabado: C para control, J para Jiffy[®], SS Super Snap[®], AA Astropo[®] /Astrobrush[®]. A cada subgrupo se le realizó una medición prepulido en tres puntos con un micrómetro digital, se pulió cada subgrupo por 10 segundos con cada instrumento de la secuencia y se les realizó la medición postpulido. Posteriormente se almacenaron en agua destilada x 24 horas y se sometieron al test de flección de tres puntos para obtener los valores de resistencia flexural RF y módulo flexural MF en una máquina de pruebas universales a una velocidad de 1 mm/min. Con las especificaciones del fabricante se estableció la Q (BisGMA Q/BG, UEDMA Q/UD, TEGMA Q/TM, BisEMA Q/BE, EBADM Q/ED) y con MEB se clasificaron morfológicamente (esféricas M/Es, aglomerados-esféricos M/Aes, irregulares M/I, irregulares + prepolímeros M/I+P y prepolímeros M/P). Los datos fueron analizados con un coeficiente de regresión lineal multivariado del paquete estadístico SPSS15, el valor de alfa en 5%. Resultados: Se observó una correlación significativa entre la clasificación M, la Q, el tipo de A con las PF y la PS. RF: R = 0,661, R² = 0,41; MF: R = 0,929, R² = 0,857 y PS: R = 0,626, R² = 0,363. En el modelo RF dependiente p = 0,000 con diferencias significativas; a = 116,076 y b = (9,708 M/Es; -25,162 M/Aes; -7,7 M/I+P; -36,94 M/P; 6,567 Q/TM; -13,639 Q/ED; -6,014 J; -5,619 SS; -7,104 AA). En el modelo MF dependiente p = 0,000 con diferencias estadísticas significativas; a = 7,547 y b = (4,961 M/Es; -4,075 M/Aes; -1,055 M/I+P; -9,629 M/P; 1,452 Q/BG; 4,211 Q/UM; 1,462 Q/TM; -0,483 Q/BE; -1,034 Q/ED; -0,866 J). En el modelo PS dependiente p = 0,000 con diferencias significativas; a = 0,006 y b = (0,058 J; 0,042 SS; 0,045 AA).

Conclusión: En las condiciones en que se realizó esta investigación se encontró una correlación significativa entre los predictivos evaluados con la RF, el MF y la PS con un peso de 41%, 85,7% y el 36,3% respectivamente.

PALABRAS CLAVE: resinas reforzadas, propiedades mecánicas, pulido, relleno, morfología.

Summary

The aim of this study was to estimate the correlation degree and predictive value of filling morphology (M) with flexural properties (FP) of 13 direct composites. Materials and methods: twenty composite samples were prepared for each group: G1 Helimolar[®]; G2 Filtek[™] Z350; G3Tetric[®] N Ceram, G4 Point 4[™], G5 Premisa[™], G6 Esthet.X[®] HD, G7 ice, G8 Vit-L-escence[®], G9 Grandio[®], G10 TPH[®]3, G11Amelogen[®] Plus, G12 Brilliant Enamel, G13 Filtek[™] Z100, and immediately stored in distilled water for 24 hs. Three points flexural test was carried out then in order to determine flexural strength FS and modulus MF using a universal testing machine at a cross speed of 1 mm/min. SEM photographs were taken and composites were morphologically classified in one of this categories: (Spherical M/Sp, spherical agglomerates M/SpA, irregular M/I, irregular+pre-polymers M/I+P and pre-polymers M/P). Data was analyzed using a multivariate linear regression coefficient, alpha value was established in 5%. Results: A significant correlation was found among M, Q and type of A classification with FP and MF. FS: R = 0,661, R² = 0,41; MF: R = 0,929, R² = 0,857 and PS: R = 0,626, R² = 0,363. On FS as dependent variable p = 0,000 with significant differences; a = 116,076 and b = (9,708 M/Sp; -25,162 M/Mspa; -7,7 M/I+P; -36,94 M/P; 6,567 Q/TM; -13,639 Q/ED; -6,014 J; -5,619 SS; -7,104 AA). At the MF dependent model p = 0,000 with significant differences; a = 7,547 and b = (4,961 M/Es; -4,075 M/Aes; -1,055 M/I+P; -9,629 M/P; 1,452 Q/BG; 4,211 Q/UM; 1,462 Q/TM; -0,483 Q/BE; -1,034 Q/ED; -0,866 J). At the PS dependent model p = 0,000 with significant differences; a = 0,006 and b = (0,058 J; 0,042 SS; 0,045 AA).

KEY WORDS: composite resins, mechanical properties, polishing, filling, morphology.

RAMÍREZ,
ROBERTA A. *
KAPLAN,
ANDREA E. **

*Profesor Asistente,
Cátedra de Operatoria Dental,
Facultad de Odontología,
Universidad de los Andes, Chile.

**Profesora Regular Titular,
Cátedra de Materiales Dentales,
Facultad de Odontología,
Universidad de Buenos Aires,
Argentina.

Este trabajo recibió el Premio Fernando Pinto de la Sociedad de Operatoria Dental y Materiales Dentales de la Asociación Odontológica Argentina en 2010.

Fecha de recepción:
septiembre 2010

Fecha de aceptación y versión final:
septiembre 2010

Introducción

Las resinas reforzadas son actualmente materiales de elección en el momento de realizar restauraciones de inserción plástica. Los motivos son tan variados como características ópticas que le permiten obtener buenas propiedades estéticas, longevidad aceptable, posibilidad de conservación de tejidos, adhesión relativamente consistente a estructura dentaria,¹ generando así aumento de la demanda por parte de los pacientes.^{2,3}

En lo referente a propiedades mecánicas, éstas claramente dependen del tipo de restauración a realizar, lo que sigue siendo un punto conflictivo al realizar la selección del material más adecuado. El aumento en las propiedades mecánicas de las formulaciones más recientes lleva consigo otras mejoras, como el aumento en la tenacidad y la resistencia al desgaste por abrasión o atrición. Las propiedades dependen principalmente de la microestructura y la composición de los composites; entonces la cantidad, el tamaño, la morfología y la distribución de partículas de relleno⁴ son críticos al momento de elegir el composite adecuado para determinada tarea; además hay que considerar las variaciones en la química de la matriz, ya que se ha observado que esta variable puede afectar significativamente la resistencia y el módulo flexural de los composites.⁵

Los composites han sido clasificados usando varios criterios diferentes, y uno de los más frecuentes es en relación con el tamaño y cantidad de carga de refuerzo. Sin embargo, Kyo-Han Kim y colaboradores¹¹ han propuesto que la morfología del relleno debería ser otro factor que debería ser investigado por varios motivos: su morfología afecta la tasa de carga del composite y, de esta manera, afectaría sus propiedades mecánicas.

Existen determinadas maniobras que se realizan dentro del protocolo restaurativo que podría influir significativamente en la longevidad del tratamiento,⁶ entre las cuales se encuentra el acabado y pulido. Éste se basa en la reducción progresiva de las rugosidades y rayas superficiales hasta llevarlas a un punto en que sean más pequeñas que la longitud de onda de la luz visible; esta maniobra tiene influencia en la estabilidad del color, el manchado superficial, la resistencia al desgaste,⁷ la fijación de bacterias y posiblemente, tal como se mencionó, en la longevidad de la restauración. Existe una gran variedad de instrumentos fabricados para realizar estas maniobras, de los cuales podemos nombrar el instrumental rotatorio de carburo de tungsteno, piedras diamantadas, óxidos metálicos de diferente granulometría sobre discos flexibles, gomas siliconadas o partículas más pequeñas en suspensiones formando pastas dia-

mantadas y líquidos abrasivos. Es importante que este procedimiento se realice de tal manera que maximice la durabilidad y rendimiento de la restauración y minimice la posibilidad de disminuir sus propiedades finales. Una técnica de terminado traumática podría sobrecalentar y dañar la superficie del composite⁸⁻¹⁰ resultando en un desgaste acelerado. No existe evidencia clara de cómo los diferentes protocolos de pulido clínico-odontológicos podrían afectar las propiedades flexurales de los composites con diferentes tipos de relleno.

El objetivo de esta investigación fue estimar el grado de correlación y el valor predictivo de la morfología del relleno (M), la química de la matriz (Q) y el tipo de acabado (A) con las propiedades flexurales (PF) y la pérdida de superficie (PS) de 13 composites directos.

Materiales y métodos

Se utilizaron trece (13) composites fotoactivados de ocho (8) fabricantes, con diferentes cantidades, morfologías, química y distribución del relleno. Inicialmente se realizaron 20 probetas por grupo de composites (ver Cuadro I). Posteriormente de manera aleatoria cada grupo se subdividió en cuatro grupos de 5 probetas para ser sometidas a los diferentes protocolos de pulido: C para control, J para Jiffy® (Ultradent), SS Super Snap® (Shofu®), AA Astropol® / Astrobrush® (Ivoclar/Vivadent®) (ver Cuadro II).

Elaboración de las muestras a ser sometidas a pruebas mecánicas:

Para llevar a cabo la elaboración de las muestras se siguió la norma ISO 4049 para resistencia flexural RF y la especificación 27 de ANSI/ADA, para determinar el módulo flexural MF; para ello se confeccionaron las muestras en un molde de aluminio estandarizado en 25 mm de largo x 2 mm de alto x 2 mm de ancho; estas muestras se verificaron con calibrador digital (Mitutoyo serie 500) a 0,01 mm de exactitud. La colocación del composite dentro del conformador de aluminio se realizó en incrementos de ± 2 mm, los cuales se fotopolimerizaron x 40 segundos con una unidad de luz halógena LITEX™ 680[®] (Dentamerica®) a una intensidad de 400 mW/cm² $\pm 10\%$; después de salir del molde cada muestra fue devastada con papel de lija húmedo de grano 400 sólo para quitar los excesos. Pasada una (1) hora las muestras fueron sometidas al pulido para cada subgrupo por 10 segundos por paso, siguiendo las instrucciones del fabricante con pieza de mano neumática a una velocidad 15.000-20.000 rpm (NSK/Japan), sin ejercer presión exagerada y en condición húmeda. Seguidamente se almacenaron en agua destilada x 24 horas en estufa a 37°C. Antes de la prueba las dimensiones de las muestras fueron medidas, y fueron so-

CUADRO I. COMPOSITES EVALUADOS (RC).

Grupo, Composite/ fabricante	Clasificación/ química del relleno	Matriz orgánica	% relleno	Morfología del relleno/ tamaño	Lote	Color
G1 Heliomolar/ Ivoclar-Vivadent AG	Microrrelleno/ dióxido de silicio disperso, trifluoruro de iterbio + copolímeros	Bis-GMA, UED- MA y TEGDMA	77,8% w/v, 66,7% v/v (cerámico) 46,0% v/v	Partículas pre po- limerizadas 15 – 30 µm/ de 0,04 – 0,2 µm	Lot D54272	410D3
G2 Filtek Z350/ 3M/ESPE	Nanorrelleno / Si y Zr	Bis-GMA, Bis- EMA, UDMA y TEGDMA	78,5% w/v, 57,7% v/v	Aglomerados esféricos 0,6 – 1,4 µm/ de 0,075 µm + aglomerados 0,02 – 0,075 µm	LOT 8PG, LOT N099227	A2
G3 Tetric® N Ce- ram/ Ivoclar-Viva- dent AG	Nano híbrida/ vidrio de bario, dióxido de silicio y trifluoruro de iterbio	Bis-GMA, Bis-EMA.	63,5% v/v 17% v/v (pre polímeros).	Partículas pre- polimerizadas 0,04 – 0,12 µm + partículas irregulares de 0,5 y 0,7 µm	Lot L22822	A3
G4 Point 4/ KERR- Sybron	Micro híbrida/ aluminio boro silicato de bario y dióxido de silicio	Bis-GMA, TEGDMA Ethoxylated bis- phenol-A-dimet- hacrylate (EBADM)	77% w/v, 59% v/v	Partículas pre-po- limerizadas 25 µm + particu- las irregulares de 0,4 µm av y esfé- ricas de 0,02 – 0,04 µm	Lot 3159754	A2
G5 Premisa/ KERR- Sybron	Nano híbrida/ Vidrio de bario y silicio	Ethoxylated bis-phenol- A-dimethacrylate (EBADM) y TEGDMA	84% w/v, 69% v/v	Partículas pre-poli- merizadas 30 – 50 µm + par- tículas irregulares de 0,4 µm av y es- féricas de 0,02 µm	Lot 3097760	A2
G6 Esthet.X HD/ DENTSPLY- CAULK	Micro híbrida/ vidrio de bario fluo- roborosilicato y dióxido de silicio	Bis-GMA y Bis-EMA	77% w/v, 60% v/v	Partículas irregula- res av 0,6 µm + es- féricas de 0,04 µm	Lot 090226	A3
G7 ICE/ SDI	Micro híbrida	Éster metacrílico multifuncional Bis-GMA	77,5% w/v, 61% v/v	Partículas irregu- lares 0,04 – 1,5 µm av 0,6 µm	Lot 080246N	A2
G8 Vit-L-escence/ Ultradent®	Micro híbrida	Bis-GMA	75% w/v, 58% v/v	Partículas irregu- lares av 0,7 µm	Lot B244G	A2 Dentin
G9 Grandio/ VOCO	Nano híbrida/ Vidrio cerámico y dióxido de silicio	Bis-GMA, TEDMA y UDMA	87% w/v, 71,4% v/v	Partículas irregu- lares+ Partículas esféricas de 0,02 – 0,05 µm	Lot 730460	A3
G10 TPH®3/ DENTSPLY – CAULK	Híbrida/ bario alu- minio boro silicato de vidrio, bario fluoro aluminio boro silicato de vidrio y silicio	Bis-GMA, Bis- EMA y TEGMA		Partículas irregu- lares av 1 µm + Partículas esféri- cas de 0,04 µm	Lot 061406B	A2
G11 Amelogen Plus/ Ultradent®	Híbrida	Bis-GMA	76% w/v, 61% v/v	Partículas irregu- lares av 0,7 µm	LotB4157	A2
G12 Brilliant Ena- mel/ Coltène	Híbrida/ vidrio de bario y ácido silícico amorfo	Bis-GMA y TEGMA	77% w/v, 58,5% v/v	Partículas irregu- lares de 0,04– 2,8 av 0,5 µm + partículas pre polimerizadas	Lot 0192964	A2/B2
G13 Filtek Z100/ 3M ESPE	Híbrida/ Zr y Si	Bis-GMA y TEGMA	85% w/v 66% v/v	Partículas esféri- cas de 0,01 – 3,5 av 0,6 µm	Lot 9CY	A2

CUADRO II. SISTEMAS DE PULIDO EVALUADOS (SP).			
Grupo/ sistema de pulido/ (Fabricante)	Componentes	Presentación comercial	Lote
J/ Jiffy® (Ultradent)	1. Grueso, 220 (verde). 2. Medio, 240 (amarillo). 3. Extra fino, 1200 (blanco). 4. Cerdas. <i>Carburo de silicio</i> .	Gomas y cepillo de cerdas	S/L
SS/ Super Snap® (Shofu®)	1. Medio (violeta). <i>Carburo de silicio</i> . 2. Fino (verde). <i>Óxido de aluminio</i> . 3. Ultra fino (rosa). <i>Óxido de aluminio</i> . Dimensión: 0,5 in /1.3 cm	Discos flexibles	S/L
AA/ Astropol/ Astrobrush (Ivoclar/vivadent®)	1. F, acabado, 26 µm (Gris). 2. P, pulido, 12,8 µm (Verde). 3. HP, pulido y alto brillo (Rosa), <1 µm + polvo de diamante 3,5 µm. <i>Carburo de silicio, óxido de aluminio, dióxido de titanio y óxido férrico</i> . 4. Cerdas. <i>Carburo de silicio</i> .	Gomas de silicona y cepillo de cerdas	Lot H32042

CUADRO III. ECUACIONES MATEMÁTICAS.	
Ecuación 1	Ecuación 2
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia flexural: $\sigma = 3FL / 2BH^2$ Donde: F: fuerza máxima en newtons. L: distancia entre soportes en mm B: ancho en mm H: altura en mm D: deflexión en mm 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo flexural: $E = FL^3 / 4BH^3D$ Donde: F: fuerza máxima en newtons. L: distancia entre soportes en mm B: ancho en mm H: altura en mm D: deflexión en mm

metidas al test de flexión de tres puntos según ISO4049/2000 y especificación 27 ANSI/ADA en una máquina de pruebas universales (INSTRON 1011/USA) a una velocidad de 1 mm/min, hasta que ocurrió la fractura. Los datos obtenidos fueron guardados en hoja de cálculo y procesados según ecuaciones en el Cuadro III, para obtener los valores de RF y MF de cada muestra.

Obtención de los datos para establecer la pérdida de superficie PS de las muestras

Paralelamente a las pruebas flexurales PF, se recolectaron los datos asociados a la pérdida de superficie con cada sistema de pulido; después

de la confección de las barras de composite, a cada subgrupo se le realizó una medición prepulido en tres puntos con un micrómetro digital mdc-1 p (Mitutoyo Corporation/Japan), seguidamente se realizó el pulido correspondiente a cada grupo, en resolución se realizó la medición postpulido en los mismos tres puntos iniciales, se calcularon las diferencias del promedio de los tres valores prepulido menos el promedio de los tres valores postpulido, y ése fue el dato para establecer la PS en cada muestra. La secuencia completa se esquematiza en las Figuras 1 y 2.

Obtención de los datos para ubicar la química de la matriz orgánica Q

Se hizo una revisión de datos técnicos suministrados por los fabricantes (ver Cuadro I, columna matriz orgánica) para poder realizar la clasificación de los composites estudiados en relación con la presencia o no de los metacrilatos específicos usados para su fabricación, de tal forma que se encontraron cinco niveles: BisGMA Q/BG, UEDMA Q/UD, TEGMA Q/TM, BisEMA Q/BE, EBADM Q/ED).

Obtención de los datos para clasificar los composites en relación con la morfología del relleno M

Se fabricaron 2 series de muestras de cada uno de los composites para llevarlas a observación en microscopio electrónico de barrido MEB del Centro de Microscopías Avanzadas de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos



Fig. 1. Secuencia de procedimientos.



Fig. 2. Secuencia de procedimientos.

Aires. La primera serie de muestras (SEM_S1) se realizó utilizando un cono de composite equivalente a 2 vueltas de jeringa dispensadora, a ese cono se le colocaron 3 gotas de acetona al 100% y 2 segundos después se polimerizó por 40 seg. con la misma unidad con la que se fabricaron las muestras para PF. La segunda serie (SEM_S2) se fabricó realizando discos de composite de 3 mm de alto por 4 de diámetro; un disco de cada composite se incluyó en un disco mayor de polimetil metacrilato para facilitar la manipulación y manejo en el microscopio. Esa segunda serie fue pulida con papel de lija al agua en secuencia decreciente del tamaño de grano 380, 400, 600, 1000, 1200. De esta manera todos los composites fueron sometidos a la misma secuencia, presión, tiempo y condiciones. Finalmente ambas series fueron metalizadas con Au, con plasma argón para su posterior observación en el MEB.

En el MEB se tomaron 4 series de fotografías a diferentes magnificaciones (500x, 2.000x, 10.000x, 20.000x) para las 2 series de muestras. Finalmente con el análisis de las fotografías se obtuvo la clasificación según forma del relleno en esféricas M/Es, aglomerados-esféricos M/Aes, irregulares M/I, irregulares + prepolímeros M/I+P y prepolímeros M/P (ver Cuadro IV).

Previo al análisis estadístico las variables predictivas, como la morfología del relleno, la química de la matriz y el tipo de acabado en cada uno de sus niveles se llevaron a escala nominal dicótoma y las variables dependientes RF, MF y PS se

midieron en escala numérica continua.

Los datos fueron analizados con un coeficiente de regresión lineal multivariada del paquete estadístico SPSS15 y se preestableció el valor de alfa en el 5%.

Resultados

Resistencia flexural

- En la prueba de significación para la regresión lineal RF dependiente, se observó una correlación estadísticamente significativa con un valor p = 0,000 (Cuadro V).
- El coeficiente de correlación fue positivo con un valor de R = 0,661 y el coeficiente de determinación corregido fue de R² = 0,41 (Cuadro VI).

CUADRO IV: CLASIFICACIÓN DE LOS COMPOSITOS SEGÚN MORFOLOGÍA VISTA EN MEB.

Composites	Morfología de las partículas
Helimolar®	prepolímeros
Filtek™ Z350	aglomerados esféricos
Tetric® N Ceram	irregulares + prepolímeros
Point 4™	irregulares + prepolímeros
Premisa™	irregulares + prepolímeros
Esthet.X® HD	irregulares
Ice	irregulares
Vit-L-escence®	irregulares
Grandio®	irregulares
TPH®3	irregulares
Amelogen® Plus	irregulares
Brilliant Enamel	irregulares + prepolímeros
Filtek™ Z100	esféricas

CUADRO V: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN RF.

Anova (b)						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	44.581,423	12	3.715,119	15,916	,000(a)
	Residual	57.421,791	246	233,422		
	Total	102.003,214	258			

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_esfé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA

b. Variable dependiente: RF

CUADRO VI: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN RF.									
Resumen del modelo(b)									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Sig. del cambio en F	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2
1	,661(a)	0,437	0,410	15,2781516	0,437	15,916	12	246	0,000

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_espé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA
 b. Variable dependiente: RF

CUADRO VII: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN RF.								
Anova (b)								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			B	Error típ.
1	(Constante)	116,076	5,457		21,269	0,000	105,326	126,825
	Esféricas	9,708	4,609	0,131	2,107	0,036	0,631	18,786
	Aglo_espé	-25,162	5,502	-0,338	-4,573	0,000	-35,998	-14,325
	Irreg_prepoli	-7,700	3,005	-0,179	-2,563	0,011	-13,619	-1,782
	Prepolíme	-36,940	4,831	-0,497	-7,646	0,000	-46,456	-27,424
	BisGMA	7,541	4,831	0,101	1,561	0,120	-1,975	17,058
	UEDMA	-0,801	4,609	-0,017	-0,174	0,862	-9,878	8,277
	TEGMA	6,567	3,005	0,161	2,185	0,030	0,648	12,485
	BisEMA	-2,771	2,632	-0,065	-1,053	0,294	-7,955	2,413
	EBADM	-13,639	4,664	-0,248	-2,924	0,004	-22,825	-4,453
	Jiffy	-6,014	2,680	-0,131	-2,244	0,026	-11,293	-0,736
	super_snap	-5,619	2,680	-0,123	-2,097	0,037	-10,898	-0,340
	astrP_astrB	-7,104	2,691	-0,154	-2,640	0,009	-12,403	-1,804

a. Variable dependiente: RF

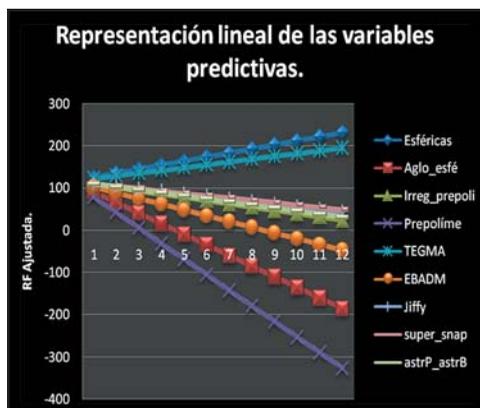


Fig. 3. Representación RF.

• En el modelo de regresión, la constante ajustada se ubicó en un valor $a = 116,076$ y las pendientes estadísticamente significativas de las variables predictivas $b = (9,708 \text{ M/Es}; -25,162 \text{ M/Aes}; -7,7 \text{ M/I+P}; -36,94 \text{ M/P}; 6,567 \text{ Q/TM}; -13,639 \text{ Q/ED}; -6,014 \text{ J}; -5,619 \text{ SS}; -7,104 \text{ AA})$. Del modelo quedó excluida la variable predictiva M/I (Cuadro VII y Fig. 3).

Módulo flexural

• En la prueba de significación para la regresión lineal MF dependiente, se observó una correlación estadísticamente significativa con un valor $p = 0,000$ (Cuadro VIII).

CUADRO VIII: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN MF.

Anova (b)						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1.946,511	12	162,209	129,380	,000(a)
	Residual	308,420	246	1,254		
	Total	2.254,931	258			

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_esfé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA
b. Variable dependiente: Módulo

CUADRO IX: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN MF.

Resumen del modelo(b)									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Sig. del cambio en F	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2
1	,929(a)	0,863	0,857	1,1197054	0,863	129,380	12	246	0,000

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_esfé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA
b. Variable dependiente: Módulo

- El coeficiente de correlación fue positivo con un valor de $R = 0,929$ y el coeficiente de determinación corregido fue de $R^2 = 0,857$ (Cuadro IX).
- En el modelo de regresión, la constante ajustada se ubicó en un valor $a = 7,547$ y las pendientes estadísticamente significativas de las variables predictivas $b = (4,961 \text{ M/Es}; -4,075 \text{ M/Aes}; -1,055 \text{ M/I+P}; -9,629 \text{ M/P}; 1,452 \text{ Q/BG}; 4,211 \text{ Q/UM}; 1,462 \text{ Q/TM}; -0,483 \text{ Q/BE}; -1,034 \text{ Q/ED}; -0,866 \text{ J})$. Del modelo quedó excluida la variable predictiva M/I (Fig. 4 y Cuadro X).

Pérdida de superficie

- En la prueba de significación para la regresión lineal **PS** dependiente, se observó una correlación estadísticamente significativa con un valor $p = 0,000$ (Cuadro XI).
- El coeficiente de correlación fue positivo con un valor de $R = 0,626$ y el coeficiente de determinación corregido fue de $R^2 = 0,363$ (Cuadro XII).
- En el modelo de regresión, la constante ajustada se ubicó en un valor $a = 0,006$ y las pendientes estadísticamente significativas de las variables predictivas $b = (0,058 \text{ J}; 0,042 \text{ SS}; 0,045 \text{ AA})$. Del modelo quedó excluida la variable predictiva M/I (Cuadro XIII y Fig. 5).

Discusión

En esta investigación se planteó como objetivo estimar el grado de correlación y el valor predictivo de especificaciones que frecuentemente están accesibles a cualquier nivel de usuario, dentro de los cuales se encuentran la morfología del relleno (M), que fue verificada con MEB, ya que es un método válido y ampliamente usado en los estudios de cuantificación;¹¹ la composición química de la matriz (Q), que fue determinada mediante los datos suministrados por el fabricante, y no se verificó con algún método confiable; y el tipo de acabado (A) con las propiedades flexurales (PF), específicamente la RF, el MF y la pérdida de superficie (PS).

Las propiedades intrínsecas de las resinas compuestas, como la dureza y la resistencia, son una estimación del comportamiento clínico; en tal sentido la dureza se relaciona con la capacidad de pulido y la resistencia al rayado¹²; además está en relación con la profundidad del curado. Las pruebas flexurales contribuyen a predecir el comportamiento ante las fuerzas que inducen las fracturas y estiman la tenacidad y la rigidez del composit.

Para calcular el comportamiento mecánico flexural se usó la prueba de viga de tres puntos en

CUADRO X: REGRESIÓN LINEAL MF								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error tip.	Beta			B	Error tip.
		1	(Constante)	7,547			0,400	
	Esféricas	4,961	0,338	0,449	14,688	0,000	4,296	5,626
	Aglo_esfé	-4,075	0,403	-0,369	-10,107	0,000	-4,870	-3,281
	Irreg_prepoli	-1,055	0,220	-0,165	-4,793	0,000	-1,489	-0,622
	Prepolíme	-9,629	0,354	-0,871	-27,194	0,000	-10,326	-8,932
	BisGMA	1,452	0,354	0,131	4,101	0,000	0,755	2,150
	UEDMA	4,211	0,338	0,602	12,468	0,000	3,546	4,876
	TEGMA	1,462	0,220	0,241	6,637	0,000	1,028	1,895
	BisEMA	-0,483	0,193	-0,076	-2,506	0,013	-0,863	-0,104
	EBADM	-1,034	0,342	-0,127	-3,024	0,003	-1,707	-0,360
	Jiffy	-0,866	0,196	-0,127	-4,409	0,000	-1,253	-0,479
	super_snap	-0,304	0,196	-0,045	-1,549	0,123	-0,691	0,083
	astrP_astrB	-0,385	0,197	-0,056	-1,954	0,052	-0,774	0,003

a. Variable dependiente: Módulo

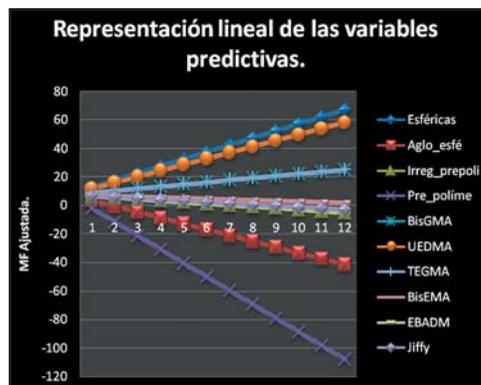


Fig. 4. Representación MF

la cual la fuerza se dirige en una dirección; no obstante, se generan tres diferentes tipos de tensiones (de corte, traccionales y compresivas) dentro de la muestra, y tiene la finalidad de simular lo que ocurre *in vivo*.¹³⁻¹⁵

Existen varias metodologías simples para la evaluación flexural, como la compresión,^{16,17} la resistencia tensional diametral^{5,17,18} y la flexión biaxial. La prueba de flexión contenida en la norma ISO 4049 se caracteriza por la fabricación de barras rectangulares apoyadas en dos soportes y comprimida en el centro por la punta

del cabezal de la máquina de pruebas universales. Esta prueba se caracteriza por concentrar tensión traccional en la parte inferior de la barra en donde se produce la falla inicial, lo que en teoría produciría valores más bajos en resistencia de los que ocurrirían con otro diseño de muestra. Algunos estudios atribuyen esta variación a la longitud de la barra, ya que los diámetros de las puntas de las unidades de fotopolimerización en muchos de los casos no son mayores a 12 mm (7 a 12 mm, aproximadamente) y son responsables de la poca homogeneidad del curado y estrés residual en algunas regiones¹⁹⁻²¹ de la probeta, y esta condición podría producir mayor dispersión en los datos en comparación con otros métodos. Esta variación también podría atribuirse a la sensibilidad en la fabricación de los especímenes, ya que los conformadores tienen ángulos rectos que son propensos a generar zonas de mayor concentración de estrés y a posibilitar la inclusión de aire. Otros autores consideran⁴ que los resultados no pueden ser extrapolados a una condición clínica específica ya que la distribución de las fallas es diferente; sin embargo y pese a todo, la utilización de esta metodología experimental para probar la resistencia de composites es mundialmente aceptada por que puede ser fácilmente reproducible por los operadores en los centros de prueba, sir-

CUADRO XI: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PS.

Anova (b)						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	0,133	12	0,011	13,226	,000(a)
	Residual	0,206	246	0,001		
	Total	0,339	258			

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_esfé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA
b. Variable dependiente: Pérdida

CUADRO XII: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN PS.

Resumen del modelo(b)									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Sig. del cambio en F	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2
1	,626(a)	0,392	0,363	0,0289473	0,392	13,226	12	246	0,000

a. Variables predictoras: (Constante), astrP_astrB, BisGMA, Pre_políme, Aglo_esfé, esféricas, super_snap, TEGMA, BisEMA, Jiffy, Irreg_prepoli, EBADM, UEDMA
b. Variable dependiente: Pérdida

ve para propósitos comparativos⁴ y representan el comportamiento de los composites ante esfuerzos biomecánicos.

Otro parámetro mecánico importante es el Módulo Elástico que en esta investigación fue determinado en flexión (MF), y que connota rigidez del material. Esta rigidez es una característica importante del material porque influye directamente en la selección del material influenciado por requerimientos mecánicos, que son mayores en restauraciones de mediano tamaño que se van a ubicar en zonas de contactos proximales y oclusales, tanto si usan en el reemplazo de ángulos incisales o como medio de conexión radicular, que aquellas de menor a mediano tamaño, que sólo van a funcionar como reemplazo de estructura perdida en zonas con algún requerimiento estético en donde la capacidad de pulido, la translucidez y algo de flexibilidad sean requerimientos.

En un estudio clínico de tres años realizado por Tyas en 1990¹, incluyó 102 restauraciones proximoincisorales (Clase 4), hechas con cuatro diferentes formulaciones de composites de la época; encontró que había una correlación entre las propiedades mecánicas y el desempeño clínico; entonces concluyó que existe una asociación entre el desgaste incisal, el módulo elástico y el tamaño de los defectos.

En la presente investigación se encontró una correlación entre la RF y los predictivas, sin embargo los predictivas explican sólo 41% de la variable, lo que nos indica que existen otras propiedades que influyen en ese comportamiento. En relación con la morfología del relleno en el modelo se pudo observar que las diversas formas influyen de manera diferente en peso y dirección, entonces pudimos observar que la presencia de formas esféricas M/Es aumenta la propiedad, y las otras formas, excepto M/I (excluida), la disminuyen; en tal sentido pudimos observar que las formas M/P, M/Aes y M/I+P (en menor grado) tienen una relación inversamente proporcional, y esto podría explicarse por la menor cantidad de relleno en relación con la matriz, que es menor en aquellos composites con partículas de menor tamaño, ya que por el aumento del área de superficie a ser cubierta por la matriz se disminuiría la cantidad de relleno posible;²²⁻²⁷ por otro lado las partículas de menor tamaño son menos eficientes, lo que evita la propagación de la fractura. Se podría especular que en la M/Es, por tener una forma más regular, se distribuiría más eficientemente la carga y las tensiones inducidas sobre el material, y se evitaría la propagación de la fractura. Es interesante analizar los composites con M/Aes, ya que el relleno mantiene la forma es-

CUADRO XIII: REGRESIÓN LINEAL PS.								
Coeficientes (a)								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta			B	Error típ.
1	(Constante)	0,006	0,010		0,568	0,570	-0,014	0,026
	Esféricas	-0,010	0,009	-0,072	-1,118	0,265	-0,027	0,007
	Aglo_esfé	-0,002	0,010	-0,012	-0,154	0,878	-0,022	0,019
	Irreg_prepoli	0,001	0,006	0,015	0,205	0,838	-0,010	0,012
	Prepolíme	0,003	0,009	0,023	0,339	0,735	-0,015	0,021
	BisGMA	-0,003	0,009	-0,019	-0,277	0,782	-0,021	0,015
	UEDMA	-0,011	0,009	-0,123	-1,205	0,229	-0,028	0,007
	TEGMA	-0,003	0,006	-0,039	-0,513	0,609	-0,014	0,008
	BisEMA	0,002	0,005	0,028	0,440	0,660	-0,008	0,012
	EBADM	0,002	0,009	0,019	0,215	0,830	-0,016	0,019
	Jiffy	0,058	0,005	0,698	11,467	0,000	0,048	0,068
	super_snap	0,042	0,005	0,500	8,220	0,000	0,032	0,052
	astrP_astrB	0,045	0,005	0,531	8,735	0,000	0,034	0,055

a. Variable dependiente: Pérdida

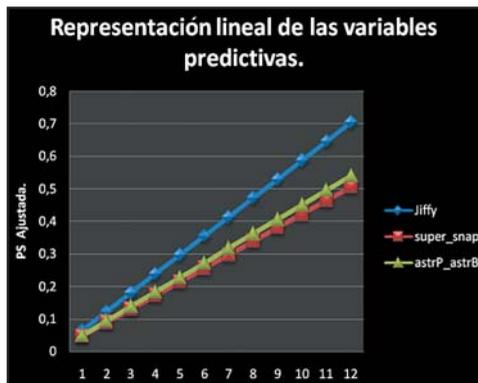


Fig. 5. Representación PS.

férica y la cantidad de relleno. No obstante, influyen negativamente en el modelo, posiblemente porque la fuerza de unión de las partículas nanométricas sinterizadas no es suficiente para desviar la fractura y provocaría una separación del aglomerado. En relación con los composites M/P, pensamos que el hecho de que la matriz de los prepolímeros esté endurecida con un alto grado de conversión afectaría la fuerza de unión con el resto de la matriz polimérica no endurecida, lo que llevaría a propiedades mecánicas inferiores.

También pudimos observar que la presencia de determinado tipo de matriz podía influir de manera positiva (Q/TM) o negativa (Q/ED) sobre esta propiedad. Esto sugiere que no sólo la cantidad y la forma del relleno cerámico tienen influencia en la resistencia flexural. De esta manera deben tomarse en cuenta otros factores, como la composición química de la matriz polimérica, la silanización de las partículas, el proceso de fabricación y la distribución del relleno.

Nuestros resultados contrastan con los obtenidos por Asmussen y Peutzfeldt en 1998⁵, ya que ellos encontraron que un pequeño aumento de TEGMA disminuye la RF. En relación con la presencia de BisGMA tampoco encontramos relación; sin embargo, ese estudio estuvo realizado con un control estricto de las cantidades de los polímeros y en el nuestro sólo tomamos los datos suministrados por el fabricante.

Al analizar la correlación entre la MF y las predictivas, encontramos una correlación alta y con un peso predictivo del 85,7%, lo que nos indica una gran capacidad de predecir el comportamiento de MF con este modelo. En relación con la morfología del relleno en el modelo se pudo observar que las diversas formas influyen de manera diferente en peso y dirección; entonces pudimos ver que la presencia de formas esféricas M/Es aumenta la propiedad, y las otras for-

mas, excepto M/I (excluida), la disminuyen en diferentes grados: de menor a mayor se ubican M/I+P, M/Aes y M/P; entonces los composites con partículas esféricas e irregulares aumentan los valores del módulo flexural (rigidez) en relación con el resto de las formas. En cuanto a la química la presencia de Q/UM (en mayor grado), Q/TM y Q/BG aumenta la propiedad y Q/ED, Q/BE la disminuyen. Lo que sugiere una fuerte relación entre MF y la matriz; esto se podría explicar porque la presencia de TEGMA conjugada a BisGMA puede aumentar la rigidez de la matriz posiblemente por su alto grado de conversión.⁵ Es interesante hacer notar que, si bien la forma M/Aes disminuye considerablemente la RF, pero pareciera no ser así con el MF, posiblemente la forma esférica de los aglomerados es determinante en la rigidez del material.

Nuestros resultados son similares a los encontrados por Kim y colaboradores en 2002.¹¹ Ellos hicieron un estudio exhaustivo de propiedades mecánicas en los composites de la época y concluyeron que los composites se pueden clasificar de acuerdo con su morfología, ya que esto influye en la cantidad de relleno posible y ambos en las propiedades mecánicas. Igualmente están relacionados con los resultados obtenidos por Rodrigues y colaboradores en 2007:⁴ ellos encontraron que los composites de microrrelleno Helió Fill/Vigodent (M/P) poseen los valores más bajos de las PF y que el nanorrelleno Filtek Supreme/3M (M/Aes) tiene valores intermedios; además encontraron variación entre los composites híbridos (Esthet-X, Charisma M/I y Z-250 M/Es), variación que no pudo ser explicada por el porcentaje de relleno, pero si lo analizamos por la morfología del relleno es comprensible.

Del mismo modo Beun y colaboradores, en 2007,²⁸ observaron que los composites nanorrelleno Filtek Supreme/3M (M/Aes) y nanohíbrido Grandio[®]/VOCO (M/I de alta carga) mostraron valores de MF superiores a los microrrellenos (A 110, Durafill VS, M/P) y al resto de los híbridos (Point 4[™], Tetric[®]Ceram, Venus, M/I+P) pero no superaron a Filtek[™] Z-100 (M/Es).

La investigación en el área de acabado y pulido superficial examina tres aspectos: en primer lugar se refiere a qué condición de ambiente se realizan los procedimientos, si en campo seco o húmedo. En nuestra investigación utilizamos la condición de humedad ya que evita condiciones deteriorantes que han sido asociadas al terminado en seco; estas condiciones son los cambios estructurales, los químicos, la despolimerización y el machando de las restauraciones posiblemente por el aumento en la temperatura, que además puede destruir los márgenes de las restauraciones y posibilitar el aumento de la filtración.²⁹ El segundo aspecto está en relación con el tiempo

que se debe esperar entre el curado del composite y la realización de las maniobras de terminado que pudieran afectar el tipo de superficie y la capacidad de sellado. Algunos autores refieren³⁰ que se debe atrasar la maniobra hasta pasadas 24 horas para obtener algunas ventajas, como lo son el mayor grado de polimerización, una menor rugosidad superficial y un mayor brillo en algunas formulaciones; particularmente se ha observado que esa disminución de la capacidad de sellado marginal se relaciona con composites de baja carga de relleno cerámico (Silux Plus M/P), cuando el terminado se hace inmediatamente, pero no así con los de mayor carga (Filtek[™] Z-250 M/Es) ya que parecen no verse afectados.³¹ Anusavice refiere que existe un pequeño aumento en la microfiltración sin mejoras en las características superficiales y poca pérdida de dureza cuando se compara con el terminado mediato.²⁹ En una investigación realizada por Yap y colaboradores en 1998³² observaron que la rugosidad superficial y la dureza de los composites no se ven influenciadas por el acabado y pulido inmediato.

En nuestra investigación el terminado se realizó minutos después del curado del composite previo al almacenamiento en agua destilada por 24 horas. El tercer y último aspecto están en relación con el tipo de material con el que se fabricó el instrumento; en este nivel se ubica el instrumental rotatorio de corte a base de carburo de tungsteno o puntas diamantadas que en general se usan para el acabado, ajuste y contorno de las restauraciones; luego están los discos flexibles impregnados generalmente con óxidos de aluminio, los cuales producen una superficie muy lisa^{33,34} e inducen un mínimo de trauma sobre el composite. Otros sistemas incluyen resinas de pulido con pastas, puntas y cepillos de silicona impregnadas con partículas principalmente de carburo de silicio; estas presentaciones parecen no afectar propiedades como la capacidad de sellado;²⁹ sin embargo, en nuestra investigación donde se controlaron las covariables como operador, tiempo, humedad, molde; pero por la naturaleza de los sistemas, la presión con la que se pulieron las muestras fue diferente, esa presión podría aumentar la tensión sobre la probeta y más aún transmitir las vibraciones de la pieza de mano neumática que induciría algún tipo de daño al material.

La eficiencia de los sistemas abrasivos está relacionada con la flexibilidad del material de soporte en donde el abrasivo es contenido, la dureza del abrasivo que en nuestro caso es similar (2500 Knoop H Kg/mm² carburo de silicio y 2100 Knoop H Kg/mm² óxido de aluminio),²⁹ la geometría del instrumento y la manera como se usa;³⁵ la diferencia entre los discos flexibles y las gomas siliconadas radica en que el disco desgasta la partícula de relleno y la matriz de ma-

nera similar,³³ mientras las gomas desgastan la matriz normalmente por deformación plástica generando aumento de temperatura y dejando³⁶ o sacando la partículas de la matriz, lo que crearía irregularidades que se traducen en superficies menos brillantes, pero en nuestro caso esos defectos pudieron ser inicios de fractura. El estrés físico generado por el aumento de temperatura puede resultar en la formación de microfrazuras, microporos o espacios intersticiales entre la matriz y el relleno (ver ilustraciones anexas de MEB, SEM_S2), lo que puede afectar las propiedades físicas.³⁷ Las partículas de relleno tienen la tendencia de absorber energía reduciendo la formación y propagación de microfrazuras superficiales; en el caso de composites con mayor cantidad de relleno al ser sometidos al procedimiento de terminado, las partículas se situarían una cerca de la otra, lo que limitaría la parte más débil del composite, como lo es la matriz; entonces cuando utilizamos discos flexibles podríamos estar dejando una superficie menos susceptible a la formación de líneas de fracturas; pese a eso en nuestro trabajo pudimos observar que en el modelo planteado para RF se notó una correlación negativa y con similar influencia para los tres tipos de acabado: J, SS y AA.

Posteriormente al observar el modelo planteado para MF pudimos ver que sólo J tiene correlación negativa con esa propiedad.

En último lugar se encontró una correlación entre la PS y las predictivas. Sin embargo estos sólo explican el 36,3% de la variable, lo que indica que existen otras propiedades que influyen en ese comportamiento. Lo interesante es que ese peso es sólo explicado por el tipo de A, es decir: parecería lógico pensar que las otras variables no influyen en la PS, cuando se relacionan con una (A) que tiene como principio eliminar material; no obstante J exhibió una correlación negativa con todas las variables dependientes estudiadas.

La pérdida de material del composite está relacionada con varios fenómenos, como la fuerza de unión del relleno a la matriz, el tiempo que actuó el abrasivo, la magnitud de la carga con que actuó el sistema de acabado,³⁸ la corrosión de sus componentes y la fatiga de sus partes; entonces podemos sugerir que los sistemas que utilizan gomas siliconadas (J, AA) pueden inducir mayor desgaste por aumento de presión, calor, fricción y fatiga. Nagarajan y colaboradores, en 2004,³⁹ encontraron que no existía diferencia en la PS en composites de carga media, donde se variaban el tamaño del relleno y la química del vidrio. Esta pérdida sólo parece ser diferente en composites de una mayor carga. Finalmente ellos proponen que por la complejidad del fenómeno deberían evaluarse el efecto del lubricante, la reacción que ocurre entre las partículas ex-

puestas al agua, además de lo que ocurre con los fragmentos y partículas que se desprenden y reaccionan entre sí. Otro factor que parece tener influencia en la pérdida de PS es la cantidad de carga de relleno cerámico dentro del composite. En un estudio realizado en 2003⁴⁰ por Hu X y colaboradores determinaron que la PS se ve poco afectada cuando las variaciones del relleno están entre el 20% y el 60% en peso, y se incrementa notablemente cuando ese porcentaje supera el 80%. Ellos atribuyen ese efecto al aumento del coeficiente de fricción, que potencia la tasa de desgaste con el aumento previo de estrías y pérdidas en bloque del material. En nuestro modelo para PS, pudimos ver que los diversos composites evaluados con varios porcentajes de relleno, con diferentes formas de distribución (uniformes o bimodales), morfologías y químicas, no tuvieron influencia en la PS. El planteo en este punto sería si esto tiene influencia en el comportamiento clínico. La crítica que puede hacerse es que no existen métodos reproducibles que permitan extrapolar la información *in vitro*. Sin embargo, lo que sí existe es un número considerable de evidencia que dice que la pérdida de superficie no es un problema para las restauraciones de tamaño pequeño a mediano y sí lo es para aquellas de gran tamaño, o las que están sometidas a condiciones extremas en pacientes con hábitos parafuncionales.⁴¹

Los resultados de este estudio *in vitro* sólo pueden ser comparados con situaciones clínicas donde la superficie de la restauración sea plana, es decir: posiblemente son válidas para superficies bucales de dientes anteriores.

Conclusiones

En las condiciones en que se realizó esta investigación se encontró una correlación significativa entre las predictivas evaluadas con la RF, el MF y la PS con un peso de 41%, 85,7% y 36,3% respectivamente.

Bibliografía

1. Tyas MJ. **Correlation between fracture properties and clinical performance of composite resins in Class IV cavities.** *Aust Dent J.* 1990;35:46-9.
2. Leinfelder KF. **Composite resin systems for posterior restorations.** *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1993; suppl 1:23-27.
3. American Dental Association. **Distribution of Dentists the U.S. by Region and State.** Chicago: American Dental Association, 1999.
4. Rodrigues J, Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF. **Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites.** *Braz Oral Res* 2007; 21:16-21.
5. Asmussen E, Peutzfeldt. **Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites.** *Dent Mater* 1998; 14:51-6.

6. Ferracane JL. **Materials in Dentistry. Principles and Applications.** Philadelphia, Lippincott. 1995.
7. Jeffries SR. **The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry.** Dent Clin North Am 1998; 42:613-27.
8. Leinfelder KF, Wilder AD, Teixeira AC. **Wear rates of posterior composite resins.** J Am Dent Assoc 1986;112:829-33.
9. Wu W, Toth EE, Ellison JA. **Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations.** J Dent Res 1984;63:675-80.
10. Ratanapridakul K, Leinfelder KF, Tomas J. **Effect of finishing on the in vivo wear rate of posterior composite resin.** J Am Dent Assoc 1989;118:524-6.
11. Kim KH, Ong JL, Okuno O. **The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites.** J Prosthet Dent 2002; 87:6, 642-9.
12. Craig RG. **Materiales de odontología restauradora.** 10ª edición, Madrid, Harcourt Brace de España, S.A. 1998.
13. Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T, Matsumoto N. **Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory-processed composite resin.** J Oral Rehabil 2001; 28:703-7.
14. Ortiz Berrocal L. **Resistencia de Materiales.** Barcelona - España, Editorial McGraw Hill. 1991.
15. Ellakwa A, Shortall A, Shehata M, Marquis P. **Influence of veneering composite composition on the efficacy of Fiber-Reinforced restorations (FRR).** Oper Dent 2001; 26(5):467-75.
16. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. **Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs).** Dent Mater 2000;16:41-7.
17. Brosh T, Gaynor Y, Below I, Pilo R. **Analysis of strength properties of light-cured resin composites.** Dent Mater 1999;15:174-9.
18. Baharav H, Brosh T, Pilo R, Cardash H. **Effect of irradiation time on tensile properties of stiffness and strength of composites.** J Prosthet Dent 1997;77: 471-4.
19. Palin WM, Fleming GJP, Marquis PM. **The reliability of standardized flexure strength testing procedures for a light-activated resin-based composite.** Dent Mater 2005;21:911-9.
20. Palin WM, Fleming GJP, Burke FJT, Marquis PM, Randall RC. **The reliability in flexural strength testing of a novel dental composite.** J Dent 2003;31:549-57.
21. Yap AUJ, Teoh SH. **Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and miniflexural tests.** J Oral Rehabil 2003;30:171-7.
22. St Germain H, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. **Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content.** J Dent Res 1985;64:155-60.
23. Fujishima A, Ferracane JL. **Comparison of four modes of fracture toughness testing for dental composites.** Dent Mater 1996;12:38-43.
24. Miyazaki M, Oshida Y, Moore BK, Onose H. **Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composites.** Dent Mater 1996; 12:328-32.
25. Braem M, Finger W, Van Doren VE, Lambrechts P, Vanherle G. **Mechanical properties and filler fraction of dental composites.** Dent Mater 1989;5:346-8.
26. Johnson WW, Dhuru VB, Brantley WA. **Composite microfiller content and its effect on fracture toughness and diametral tensile strength.** Dent Mater 1993;9:95-8.
27. Ferracane JL, Matsumoto H, Okabe T. **Time-dependent deformation of composite resins - Compositional considerations.** J Dent Res 1985;64:1332-6.
28. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. **Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites.** Dent Mater 2007;23:51-9.
29. Anusavice KJ. **Science of Dental Materials.** Eleventh Edition, St. Louis, Missouri 63146, SAUNDERS, 2003.
30. Yazici AR, Tuncer D, Antonson S, Onen A, Kilinc E. **Effects of delayed finishing/polishing on surface roughness, hardness and gloss of tooth-coloured restorative materials.** Eur J Dent 2010;4:50-6.
31. Lopes GC, Franke M, Maia HP. **Effect of finishing time and techniques on marginal sealing ability of two composite restorative materials.** J Prosthet Dent 2002;88:32-6.
32. Yap AU, Sau CW, Lye KW. **Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives.** J Oral Rehabil 1998;25:456-61.
33. Celik C, Ozgünaltay G. **Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness of tooth-colored materials.** Quintessence Int 2009;40:783-9.
34. Barbosa SH, Zanata RL, Navarro MF, Nunes OB. **Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins.** Braz Dent J 2005;16:39-44.
35. Marigo L, Rizzi M, La Torre G, Rumi G. **3-D surface profile analysis: Different finishing methods for resin composites.** Oper Dent 2001;26:562-8.
36. Tjan AH, Chan CA. **The polishability of posterior composites.** J Prosthet Dent 1989;61:138-146.
37. Gordan VV, Patel SB, Barrett AA, Shen C. **Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite.** Oper Dent 2003;28:560-7.
38. Marquis PM, Hu X, Shortall AC. **Two-body wear of dental composites under different loads.** Int J Prosthodont 2000;13:473-9.
39. Nagarajan VS, Jahanmir S, Thompson VP. **In vitro contact wears of dental composites.** Dent Mater 2004; 20:63-71.
40. Hu X, Marquis PM, Shortall AC. **Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite.** J Oral Rehabil 2003;30:729-37.
41. Ferracane JL. **Is the wear of dental composites still a clinical concern? Is there still a need for in vitro wear simulating devices?** Dent Mater 2006;22:689-92.

Agradecimiento

Este trabajo fue financiado con el subsidio O011 de la Programación Científica de la Universidad de Buenos Aires.

Dirección del autor

Cátedra de Materiales Dentales.
Facultad de Odontología. UBA
Marcelo T. de Alvear 2142, piso 3, sector B
(C1122AAH) Ciudad Autón. de Buenos Aires
e-mail: akaplan@mater.odon.uba.ar