

[Resumen]

En el presente estudio se ha examinado la resistencia a la flexión de tres composites de recubrimiento distintos presentes en el mercado. Para ello se elaboraron cuerpos de ensayo estandarizados conforme a la DIN EN ISO 10477 y se midieron en la disposición de ensayo de flexión de tres puntos. No se hallaron diferencias estadísticas en cuanto a la resistencia a la flexión entre los composites de recubrimiento. Las resistencias de estos composites se situaron en torno a 100 MPa.

Palabras clave

Composites de recubrimiento.
Resistencia a la flexión.
Composite híbrido fino.
Composite microrrelleno.

(Quintessenz Zahntech.
2010;36(6):830-8)

La resistencia a la flexión de composites de recubrimiento

Bogna Stawarczyk, Dania Gnägi, Marija Tesic-Divac, Anna Schramm y Christoph H. F. Hämmerle

En virtud del desarrollo extremo de las resinas en los últimos años, las restauraciones de composite indirectas confeccionadas en laboratorio se han convertido en los últimos años en una buena alternativa, tanto como piezas de trabajo intracoronales, como inlays, overlays y carillas, como en forma de reconstrucciones fijas de mayor tamaño, como coronas y puentes.

Los composites de recubrimiento sirven para recubrir coronas y estructuras de puentes metálicas.

Las resinas de recubrimiento modernas, esto es, los composites, son sistemas mono-componente fotopolimerizables que se endurecen mediante luz con una longitud de onda concreta (entre 350 nm y 500 nm, dependiendo del fabricante). No todos los aparatos de polimerización están indicados para todas las resinas de recubrimiento. Por este motivo se deberían observar estrictamente las indicaciones de los fabricantes a este respecto. Mediante el arenado o chorreado, así como el desarrollo de nuevos métodos, como la silanización de la superficie de la estructura, actualmente puede lograrse una

Introducción

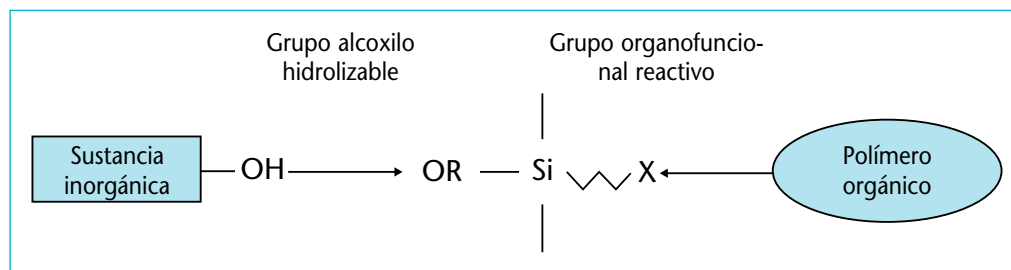


Fig. 1. El principio básico de los silanos.

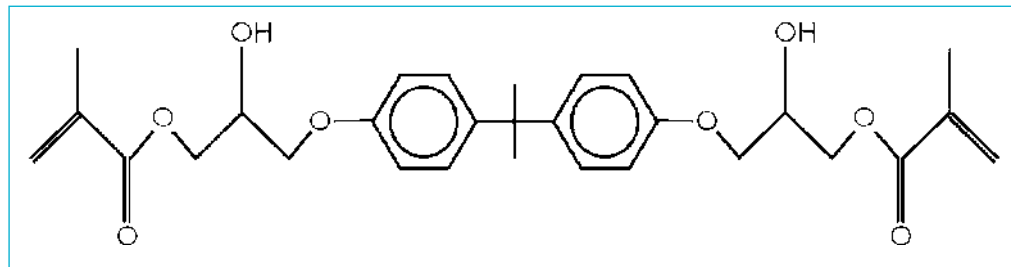


Fig. 2. La fórmula química del BisGMA.

buena unión entre la estructura metálica y el recubrimiento de resina¹². Los composites de recubrimiento se han convertido en un serio competidor de la cerámica de recubrimiento.

Composites de recubrimiento

Los composites de recubrimiento constan de una matriz orgánica, materiales de relleno inorgánicos, silano de unión, iniciadores y estabilizadores. El silano de unión utilizado más frecuentemente en los composites dentales es el g-metacriloxipropiltrimetoxisilano, una molécula orgánica bipolar⁵. Tiene el cometido de unir los materiales de relleno a la matriz. Sin embargo, previamente se debe hidrolizar el silano. Durante la hidrólisis se disocia metanol mediante agua, de modo que los grupos CH₃ son sustituidos por grupos OH. La figura 1 muestra el principio básico del silano. El grupo OH se acopla con disociación de agua a las partículas de material de relleno, mientras que el enlace de carbono doble en el lado opuesto se combina con los enlaces de carbono dobles de la matriz. Mediante la silanización se convierten en hidrófobas las superficies hidrófilas del material de relleno, lo cual posibilita la humectación de las superficies del material de relleno por los monómeros. De este modo se obtiene una unión sólida entre la matriz orgánica y los materiales de relleno inorgánicos. Como materiales de relleno se utilizan vidrios, cerámicas vítreas, silicatos, óxido de silicio pirógeno o prepolimerizados de mezclas isómeras. A fin de posibilitar una silanización duradera, es necesaria una proporción elevada de dióxido de silicio en la matriz vítrea.

Además de metacrilatos monofuncionales, actualmente se utilizan sobre todo acrilatos polifuncionales como matriz orgánica. La polimerización de los monómeros bifuncionales conduce a la formación de estructuras reticuladas tridimensionalmente, de modo que en principio se forma una única macromolécula. Desde los años 60, el bisfenol-glicidil-metacrilato (BisGMA) (fig. 2) es el monómero de elección como componente principal de la matriz en los composites dentales. A fin de reducir la elevada viscosidad del BisGMA, se añaden a la matriz monómeros más cortos, tales como el trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) (fig. 3) o el 2-hidroxietil-metacrilato (HEMA) (fig. 4). El dime-tacrilato de uretano (UDMA) (fig. 5) es un monómero complejo con una viscosidad

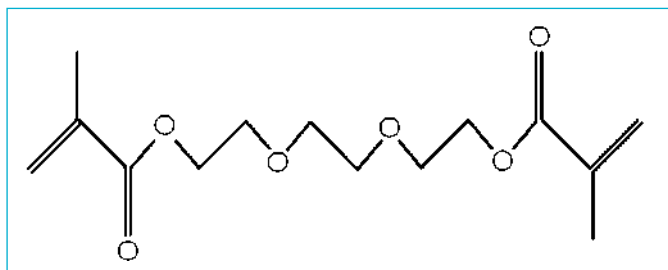


Fig. 3. La fórmula química del TEGDMA (izquierda).

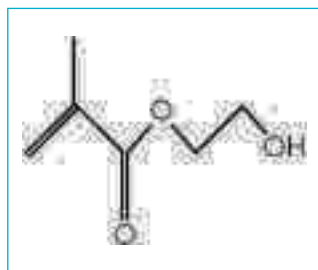


Fig. 4. La fórmula química del HEMA.

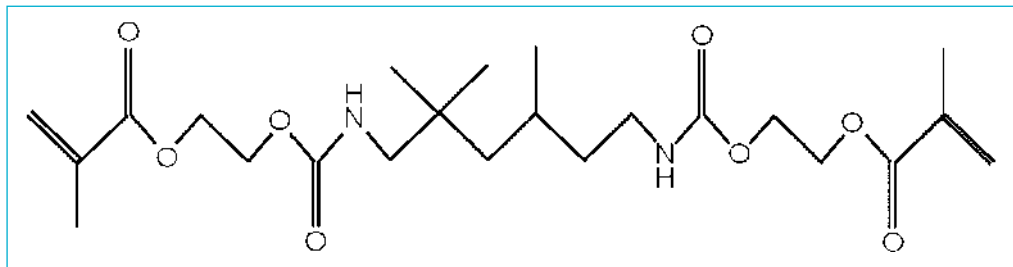


Fig. 5. La fórmula química del UDMA.

Monómero	Peso molecular (g/mol)	Viscosidad (mPa·s)	Contracción ΔV (%)
BisGMA	512	500.000 a 800.000	-6,1
UDMA	470	5.000 a 10.000	-6,7
TEGDMA	286	100	-14,3

Tabla 1. Las propiedades de los monómeros (según Moszner y Salz¹¹)

inferior a la del Bis-GMA^{1,11}. En la tabla 1 se recogen las correspondientes propiedades, tales como peso molecular, viscosidad y contracción. En síntesis, la viscosidad del monómero depende del peso molecular. Cuanto mayor sea el peso molecular, tanto más viscoso es el monómero, y cuanto mayor sea la viscosidad, tanto menor es la contracción tras la polimerización (endurecimiento). Todos estos monómeros presentan estructuras muy similares.

En ambos extremos se encuentran enlaces dobles que posibilitan la polimerización con otros monómeros. En el centro se encuentra el resto, el cual determina las propiedades del monómero. Dado que estos enlaces dobles representan tan sólo una pequeña proporción de la molécula, se reduce la contracción de polimerización en comparación con las resinas PMMA convencionales, dado que el resto de la molécula de monómero permanece inalterado durante la reacción.

Además de la elección de los monómeros, el tipo y la cantidad de los materiales de relleno influyen en las propiedades mecánicas⁹ (dureza, estabilidad, resistencia a la abrasión). Una proporción elevada de material de relleno mejora las propiedades físicas y mecánicas de los composites⁹. De este modo puede controlarse la viscosidad no sólo mediante la elección de los monómeros, sino también mediante el material de relleno.

Los composites de recubrimiento presentan mejores propiedades mecánicas que los composites dentales directos, pese a que su composición es muy similar⁵.

La causa radica en la mayor tasa de conversión, la cual se alcanza mediante calor adicional (entre 80 °C y 140 °C) y/o vacío u óxidos nítricos. A este respecto se deben observar las indicaciones de los fabricantes para la manipulación^{3,13}. Una tasa de con-

versión elevada incrementa además la resistencia de los composites contra las agresiones químicas¹⁴.

En materiales como los composites, las propiedades mecánicas vienen determinadas sobre todo por la resistencia a la flexión⁵. Durante el ensayo aparecen simultáneamente cargas de tracción, presión y cizallamiento en el cuerpo de ensayo. La estabilidad de un material se corresponde con la resistencia que éste opone a la alteración de la forma y a la rotura en virtud de su estructura atómica y de su microestructura.

Planteamiento del problema

Actualmente se comercializan numerosos composites de recubrimiento. De ahí que el protésico dental se halle ante una difícil elección a la hora de optar por un composite de recubrimiento. ¿Por qué criterios debería guiarse?

En el presente estudio se ha examinado la resistencia a la flexión en tres puntos de un composite microrrelleno no homogéneo y de dos composites híbridos finos, todos ellos con distintos materiales de relleno, diferente proporción de material de relleno, componentes de matriz distintos y diferentes métodos de fraguado.

Método

Los composites de recubrimiento ensayados en este estudio se recogen en la tabla 2. La tabla 3 indica la composición de los distintos composites. Según las indicaciones del fabricante, Sinfony es un composite de recubrimiento híbrido fino con bajo contenido en material de relleno.

Gradia, asimismo un híbrido fino, presentaba en cambio una proporción de material de relleno muy elevada. VITAVM LC se cuenta entre los composites de recubrimiento microrrellenos. En virtud del monómero elegido, así como del elevado contenido en material de relleno, VITAVM LC y Gradia se cuentan entre los composites muy viscosos (figs. 6 y 7), mientras que Sinfony es un composite de baja viscosidad (fig. 8).

En total se confeccionaron 45 cuerpos de ensayo. Se confeccionaron 15 cuerpos de ensayo por cada resina de recubrimiento. Para ello se utilizó un molde divisible especial de acero inoxidable (fig. 9). El hueco para el cuerpo de ensayo de flexión de tres puntos tenía unas dimensiones de 25 mm x 2 mm x 2 mm. En la figura 10 se muestran los dis-

Tabla 2. Vista de conjunto de los materiales sometidos a ensayo

Tipo de composite	Nombre del producto	Fabricante	LOTE
Híbrido fino	Sinfony	3M ESPE, Seefeld, Alemania	335152
Híbrido fino	Gradia	GC Europe, Lovaina, Bélgica	0805122
Microrrelleno	VITAVM LC	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania	20281

Tabla 3. La composición de los composites de recubrimiento según las indicaciones del fabricante

Nombre del producto	Material de relleno	Color	Matriz
Sinfony	Ácido silícico pirógeno, vidrio de estroncio-aluminio-borosilicato, ionómero de vidrio	A3	HEMA, octahidro-4,7-metano-1H-indenodil-bis(diacrilato de metileno)
Gradia	Cerámica, prepolímero SiO ₂	A3	UDMA
VITAVM LC	Prepolímero SiO ₂	3 M2	UDMA TEGDMA



Fig. 6. La viscosidad de VITAVM LC.



Fig. 7. La viscosidad de Gradia.



Fig. 8. La viscosidad de Sinfony.

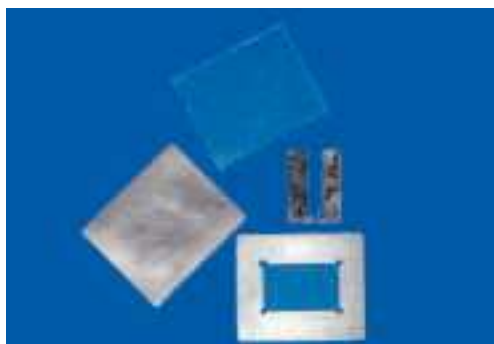


Fig. 9. El molde para la confección de los cuerpos de ensayo de flexión de tres puntos.

Fig. 10. Los composites de recubrimiento utilizados.

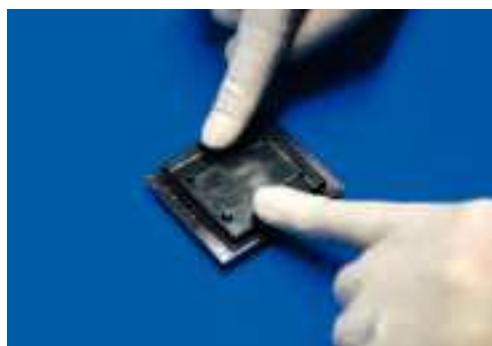


Fig. 11. Introducción del composite de recubrimiento en el molde para la confección de los cuerpos de ensayo.

Fig. 12. Cierre del molde de los cuerpos de ensayo y expulsión simultánea de los sobrantes de composite y de las burbujas de aire.

tintos composites de recubrimiento con el molde de confección de cuerpos de ensayo. Se rellenó el molde con la resina empleando una espátula (fig. 11). En el proceso se eliminaron cuidadosamente las burbujas de aire. Al aplicar la placa de vidrio aislada con vaselina sobre el molde de acero se expulsó mediante una ligera presión el material sobrante (fig. 12). La polimerización se realizó siguiendo las indicaciones de cada fabricante.

Para cada composite se utilizó un aparato de polimerización especial (tabla 4). Dado que el composite de recubrimiento Sinfony posee una viscosidad muy baja, se procedió a una polimerización intermedia con el aparato ESPE Visio Alfa (3M ESPE).

Tras la polimerización se repasaron manualmente de forma cuidadosa todas las rebabas de prensado de los cuerpos de ensayo empleando papel abrasivo P320 según la ISO 6344-1. Hasta el inicio del ensayo de resistencia a la flexión de tres puntos se almacenaron los cuerpos de ensayo durante siete días a oscuras y en seco a temperatura ambiente. Antes de la medición de la resistencia se midieron mediante un micrómetro la anchura y la altura del cuerpo de ensayo en 0,01 mm.

La resistencia a la flexión se comprobó mediante ensayo de flexión de tres puntos. Para ello se utilizó una máquina universal para ensayos (Z010 Zwick, Ulm, Alemania). Se situó

Tabla 4. El tipo de polimerización

Composite	Polimerización	Aparato de polimerización	Tiempo de polimerización
Sinfony	Luz	ESPE Visio Alfa	20 s
		ESPE Visio Beta Vario	15 min
Gradia	Luz	GC Labolight LV-III	5 min
VITAVM LC	Luz	Hager & Werken Speed Labolight	10 min

el cuerpo de ensayo sobre dos rodillos con un diámetro de 2 mm. Éstos estaban dispuestos a una distancia de 20 mm y en paralelo entre sí. Se cargó axialmente el cuerpo de ensayo desde arriba con un punzón redondeado ($d = 2$ mm) (fig. 13). Se realizó el ensayo con una velocidad de avance constante de 1 mm/min. Se mantuvo la carga hasta la rotura. Se calculó la resistencia a la flexión aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma = 3FI-2bh^2$$

Donde s era la resistencia a la flexión (MPa); F , la fuerza máxima ejercida (N); l era la distancia entre los apoyos en milímetros, en este caso una distancia constante de 20 mm, y b y h describían la anchura (mm) y la altura (mm) del cuerpo de ensayo.

Los valores de resistencia calculados a partir de los datos de medición fueron analizados descriptivamente a partir del valor promedio y de la desviación estándar, y se visualizaron mediante diagramas de barras.

Para todos los valores promedio $rige = 15$. Se tuvieron siempre en cuenta todos los valores de medición obtenidos. No se llevó a cabo una estadística de valores extraños.

La valoración estadística sobre las diferencias significativas ($p < 0,05$) se realizó con ONE WAY ANOVA, efectuándose a continuación un test de Scheffé post-hoc (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EE. UU.).

Además, se examinó la estructura de los distintos composites de recubrimiento polimerizados conforme a las indicaciones del fabricante bajo un microscopio electrónico de barrido (Tescan Vega TS 5136 XM, Elektronen-Optik-Service GmbH, Dortmund, Alemania). Todas las imágenes se tomaron en modo de electrones retrodispersados con un aumento de 1.000 μm .

Resultados

Las resistencias a la flexión de los tres composites de recubrimiento ensayados se sitúan en el mismo rango de valores en torno a 100 MPa. No se aprecian diferencias significativas. Los valores promedio y las desviaciones estándar correspondientes se recogen en la tabla 5 y se representan en el diagrama de barras (fig. 14). En la norma EN ISO 10477:2004 se fija en 50 MPa el valor mínimo de la resistencia a la flexión en tres puntos. Todos los composites aquí ensayados se situaron muy por encima de este valor límite.

Las imágenes de microscopio electrónico de barrido de los distintos composites de recubrimiento se reproducen en las figuras 15 a 17. Se trata de imágenes de electrones retrodispersados. Los electrones retrodispersados son electrones primarios dispersos en el material del cuerpo de ensayo, los cuales han alcanzado la superficie del cuerpo de ensayo conduciendo así a un contraste de material visible. Cuanto más claras sean las áreas en la imagen, tanto mayor es el número atómico de los distintos elementos. Gra-



Fig. 13. Ensayo de la resistencia a la flexión en tres puntos.

Composites de recubrimiento	Gradia	Vita VM	Sinfony
Valor promedio (MPa)	93,1	85,7	90,3
Desviación estándar (MPa)	± 30,8	± 27,9	± 29,8

Tabla 5. Los valores de resistencia a la flexión

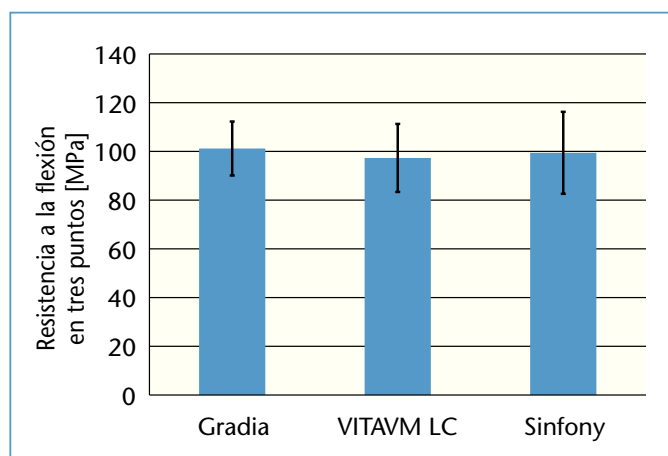


Fig. 14. La resistencia a la flexión en tres puntos de los composites de recubrimiento sometidos a ensayo.

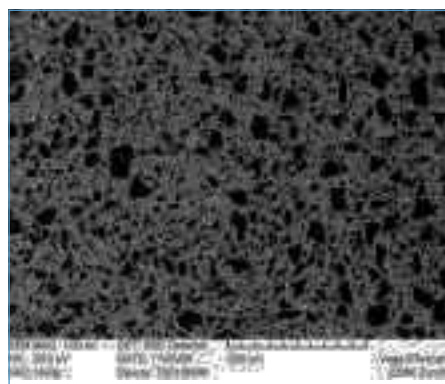


Fig. 15. La microestructura del composite de recubrimiento Gradia.

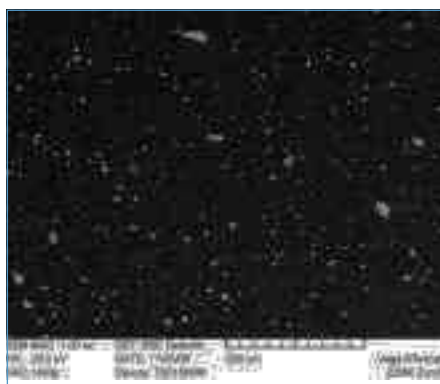


Fig. 16. La microestructura del composite de recubrimiento Sinfony.

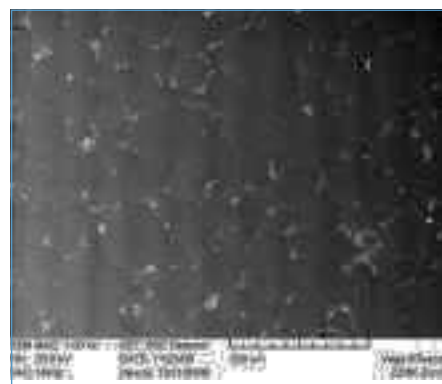


Fig. 17. La microestructura del composite de recubrimiento VITAVM LC.

Gradia y Sinfony son composites híbridos finos. En las figuras 15 y 16 se aprecian, en virtud de los contrastes claros y oscuros, materiales de relleno de menor y mayor tamaño en la matriz. Gradia es un composite de alto relleno, y por consiguiente presenta mayor contenido en material de relleno que Sinfony. La estructura tiene un aspecto más rico en contraste. VitaVM LC es un composite microrrelleno y presenta materiales de relleno muy pequeños distribuidos de manera no homogénea, los cuales se disponen en pequeños grupúsculos. Esto puede apreciarse claramente en la figura 17.

Las resistencias a la flexión de tres puntos de los tres composites de recubrimiento estudiados se sitúan muy por encima de los requisitos. Si el usuario dispone de tres productos equivalentes desde el punto de vista técnico del material, otros factores, como la calidad del color, el precio y la manipulación, desempeñan un papel importante a la hora de escoger. Especialmente debido a la viscosidad y por ende la composición de los monómeros, resultan grandes diferencias en cuanto a la técnica de elaboración.

Discusión

Sinfony, con una elevada proporción de HEMA, es muy fluido y puede aplicarse sobre la estructura directamente desde el cartucho. Esto permite estratificar en capas muy finas, de forma similar al recubrimiento con cerámica. VITAVM LC y Gradia son altamente viscosos.

Por lo tanto, estos composites se aplican mediante espátula, y los incrementos se modelan empleando diversos instrumentos. Sin duda, a este respecto varían las preferencias de cada usuario. Sin embargo, en este estudio sólo se comprobaron los valores de resistencia a la flexión estáticos inmediatamente después de la confección. Los cuerpos de ensayo no fueron sometidos a un envejecimiento artificial.

Tras la colocación de la reconstrucción en boca del paciente, las influencias térmicas, químicas y mecánicas en la cavidad oral perjudican a la calidad del recubrimiento.

En este sentido, la acción conjunta de las cargas arroja consecuencias más graves que la suma de los efectos individuales¹¹. En la cavidad oral pueden alcanzarse fluctuaciones de temperatura de ± 40 °C durante la ingestión de alimentos. Debido a los distintos grados de expansión térmica del material de la estructura y de la resina de recubrimiento, se producen diferentes grados de expansión y contracción de ambos materiales. Se genera un estrés interno adicional. De este modo puede llegarse, por un lado, a la formación de intersticio marginal y, por otro, a la fatiga y posterior fractura de la resina⁷. La fatiga por factores térmicos se ve intensificada por la absorción y la liberación de agua en las capas próximas a la superficie. En tanto que disolventes, el alcohol, el eugenol y el ácido acético contenidos en los alimentos tienden a someter los acrilatos a grabado ácido. Además, favorecen la formación de microfisuras y con ello la penetración de colorantes en la superficie dañada, lo cual puede conducir a tinciones superficiales del recubrimiento¹⁰.

A menudo se observan clínicamente daños en las restauraciones, tales como fracturas en la zona de los conectores, fracturas de las cúspides y desconchamientos en el recubrimiento⁶; en el caso de los recubrimientos de resina se trata a menudo de desconchamientos del recubrimiento y fracturas de las cúspides².

Las ideas actuales acerca de la aparición de tales fracturas parten de la premisa de un proceso en tres fases: la iniciación, la propagación gradual de fisuras y la rotura rápida. La última fase es muy corta, de manera que son sobre todo la iniciación de las microfisuras y la propagación gradual de fisuras las que determinan la duración de supervivencia clínica del material⁴.

En comparación con un recubrimiento cerámico, los composites de recubrimiento presentan la ventaja de que posibilitan una reparación sencilla y rápida del recubrimiento⁸, a diferencia de la cerámica de recubrimiento, en la que la sobrecocción va asociada a mermas estéticas considerables.

En un estudio venidero se deberían tener en cuenta también los factores del envejecimiento artificial. Sin embargo, en el presente estudio sólo se han determinado los valores iniciales.

Conclusión Los tres composites de recubrimiento ensayados alcanzan la misma resistencia a la flexión, pero se diferencian en cuanto a su manipulación. Gradia y VITAVM LC son resinas con un contenido muy elevado en material de relleno y por consiguiente muy viscosas, mientras que Sinfony, en tanto que composite con bajo relleno, presenta una

manipulación totalmente distinta. En este caso, el protésico dental puede decidirse por aquel composite que mejor se amolde a su técnica.

Naturalmente, no deberían ignorarse otras propiedades, tales como la adhesión al material de la estructura, la absorción de agua, la tasa de tinción y la resistencia a la abrasión.

Los autores desean expresar su agradecimiento a las empresas GC Europe (Lovaina, Bélgica), Vita Zahnfabrik (Bad Säckingen, Alemania) y 3M Espe (Seefeld, Alemania) por haber facilitado los materiales, y agradecen a la Sra. Jacqueline Hofmann-Lobsiger, laboratista médica en la Universidad de Zúrich, por la atención y el manejo del microscopio electrónico de barrido.

Agradecimientos

1. Asmussen E, Peutzfeld A. Influence of UEDMA, Bis-GMA and TEGDMA on selected mechanical properties of composites. *Dent Mater* 1998;14:51-56.
2. Burke FJT, Wilson NHF, Cheung SW, Mjör IA. Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. *J Dent* 2001;29:317-324.
3. Chalifoux PR. Treatment considerations for posterior laboratory-fabricated composite resin restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;10:969-978.
4. Freiman SW, Murville DR, Mast PW. Crack propagation studies in brittle materials. *J Mater Sci* 1973;8:1527-1533.
5. Göhring TN, Gallo L, Lüthy H. Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dent Mater* 2005;21:761-772.
6. Köhler B, Rasmussen C-G, Ödman P. A five-year clinical evaluation of class II composite resin restorations. *J Dent* 2000;28:111-116.
7. Körber N, Ludwig K. *Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie*. 2. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme, 1993:136-140.
8. Leinfelder KF. New developments in resin restorative systems. *J Am Dent Assoc* 1997;128:573-581.
9. Li Y, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res* 1985;64:1396-1401.
10. Marxkors R, Meiners H. *Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde*. 5. Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2001:184-189.
11. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci* 2001;125:292-294.
12. Stawarczyk B, Fischer J, Hämmerle CHF. Scherfestigkeit von Verblendkomposits an einer CAD/CAM CoCr-Legierung bei unterschiedlicher Oberflächenvorbehandlung. *Quintessenz Zahntech* 2008;34:1544-1553.
13. Touati B, Aidan N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *J Esthet Dent* 1997;9:108-118.
14. Wendt SL, Leinfelder KF. The clinical evaluation of heat treated composites. *J Am Dent Assoc* 1990;71:13-19.

Bibliografía

Dipl.-Ing. Bogna Stawarczyk, Msc.,
Dr. med., cand. med. dent. Dania Gnägi.,
Cand. med. dent. Marija Tesic-Divac.,
Cand. med. dent. Anna Schramm

y Prof. Dr. med. dent. Christoph Hans Franz Hämmerle.

Todos: Klinik für Kornen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahn-, Mund- und Keiferheilkunde der Universität Zúrich.

Plattenstrasse 11, 8032 Zúrich, Suiza.

Correo electrónico: Bogna.Stawarczyk@zzmk.uzh.ch

Correspondencia