

Caracterización de materiales de obturación directa para el sector posterior. ¿Alternativas a la amalgama?

Jürgen Manhart, OA Priv.-Doz. Dr. med. dent.

La gama disponible de materiales de aplicación directa alternativos a la amalgama abarca desde composites plásticos y sus derivados (p. ej.: composites de microrrelleno, composites híbridos, ormoceras) hasta los compómeros, los cementos de ionómero de vidrio (CVI) y los ionómeros de vidrio modificados con resina. No obstante, no todos estos materiales son adecuados para la obturación definitiva de dientes posteriores permanentes, sometidos a elevadas cargas masticatorias, puesto que en cavidades restauradas sometidas a cargas intensas los materiales deben poseer propiedades que les permitan cumplir unos requisitos mínimos. Los CVI convencionales, reforzados con metal y de gran viscosidad, así como los modificados con resinas y los fotopolimerizables (ionómeros híbridos), no son adecuados para el sector posterior, que soporta las cargas oclusales, por su elevado riesgo de rotura y desgaste y sólo sirven para restauraciones provisionales. Los compómeros son un tipo de material muy heterogéneo, por lo que la indicación para el sector posterior deberá verificarse en función del producto empleado. No es aconsejable utilizar composites de microrrelleno para restauraciones de caries que se ven sometidas a cargas elevadas. Los composites híbridos cuentan con una tecnología de elementos de relleno y un porcentaje de éstos que les confiere las propiedades físicas y mecánicas necesarias para restaurar con buenos resultados clínicos a largo plazo incluso cavidades de clase I y de clase II que soportan cargas masticatorias.

(Quintessenz. 2006;57(5):465-481)

Policlínica de Odontología Conservadora y Periodontología.

Correspondencia: Clínica Odontológica y de Medicina Oral y Maxilofacial de la Ludwig-Maximilians-Universität (Múnich). Goethestrasse 70. 80336 Múnich. Alemania.

Correo electrónico: manhart@manhart.com, página web: www.manhart.com

Introducción

Los continuos avances científicos unidos a la introducción de nuevos materiales de relleno o al perfeccionamiento de los ya existentes han motivado notables cambios en los métodos de tratamiento odontológicos en los últimos diez a veinte años^{7,8,45}. Los requisitos estéticos tienen una gran importancia también en el tratamiento de cavidades posteriores³. Existe un amplio debate sobre los posibles riesgos sanitarios asociados a las restauraciones realizadas con amalgama, lo que ha provocado una gran incertidumbre tanto entre pacientes como entre profesionales. El resultado ha sido que el uso de este material de obturación, acreditado y empleado durante décadas, ha caído en picado^{8,28,31,53,55}.

La gama disponible de materiales de aplicación directa alternativos a la amalgama abarca desde composites plásticos y sus derivados (p. ej., composites de microrrelleno, composites híbridos, ormoceras) hasta los compómeros, los cementos de ionómero de vidrio y los ionómeros de vidrios modificados con resina. No obstante, no todos estos materiales son adecuados para la obturación definitiva de dientes posteriores permanentes, sometidos a elevadas cargas masticatorias, puesto que en cavidades restauradas sometidas a cargas intensas los materiales deben poseer propiedades como la resistencia a la flexión y al desgaste y la tenacidad de rotura, que les permitan cumplir unos requisitos mínimos^{10,38,39}.

Cementos de ionómero de vidrio

Los cementos de ionómero de vidrio (CVI) constan de un componente en polvo y de otro líquido que, al mezclarse, fraguan por reacción ácido-base. El producto en polvo se compone de un silicato de aluminio y de calcio con flúor, mientras que el componente consta de ácidos policarboxílicos y agua. Los CVI se pueden clasificar como sigue:



Figura 1. Fractura de obturación de cemento de ionómero de vidrio en una cavidad clase II expuesta a una gran carga (en un primer molar superior).



Figura 2. Defectos marginales de una obturación con cemento de ionómero de vidrio en un primer molar inferior. La obturación está sometida a cargas masticatorias.



Figura 3. Tinciones marcadas en el margen de una obturación (flecha) de cemento de ionómero de vidrio.

- CVI convencionales.
- CVI reforzados con metal (Cermet).
- CVI condensables de elevada viscosidad.
- CVI fotopolimerizables modificados con resina (ionómeros híbridos).

Los cementos de ionómero de vidrio disponen de algunas propiedades favorables, como la unión química al tejido duro dentario, una buena biocompatibilidad y la liberación de fluoruro a largo plazo, de la que parece derivarse cierto efecto de prevención de la caries en el margen de la obturación¹³. No obstante, estos materiales no poseen suficientes propiedades mecánicas como para utilizarlos como material para obturaciones definitivas en el sector posterior^{7,8,43,47-49,58}. Muchas obturaciones de ionómero de vidrio se fracturan prematuramente por su baja resistencia a la flexión (fig. 1) o sufren marcados defectos o fracturas marginales (fig. 2). Por otra parte, la resistencia a la abrasión en obturaciones expuestas a grandes cargas también es insuficiente^{9,10,20,47}. Pese a la liberación de iones de fluoruro y en contra de las muchas esperanzas depositadas en ella, se ha podido constatar que la caries secundaria es una de las principales causas de que las obturaciones de cemento ionómero de vidrio fracasen^{2,6,44,46,59} (fig. 3).

Con la adición de partículas de plata al ionómero de vidrio mediante un proceso de sinterización se puede aumentar ligeramente la resistencia mecánica de los CVI y conseguir una mayor radioopacidad⁴⁰. Sin embargo, este tipo de ionómeros de vidrio reforzados con metal, que también son denominados cementos Cermet, tampoco son adecuados para la obturación definitiva de cavidades de dientes permanentes que deben soportar las cargas oclusales^{5,12,20,47}.

Una versión perfeccionada de los CVI convencionales son los llamados CVI condensables o de alta viscosidad, creados en el marco del sistema ART (Atraumatic Restorative Treatment, un proyecto de la OMS). Como sucede con las dos variantes anteriormente citadas, este grupo de materiales no está indicado para obturaciones definitivas que deben soportar las cargas masticatorias, ya que sus propiedades presentan las mismas limitaciones.

Los CVI fotopolimerizables, también denominados ionómeros híbridos, están modificados con resina y su fracción líquida contiene, además de los ácidos, componentes como monómeros hidrófilos (HEMA), Bis-GMA y fotoiniciadores. También este grupo muestra una clara predisposición al desgaste, así como una estabilidad mecánica limitada.

Todo ello permite concluir que los diferentes tipos de CVI no son adecuados como material de restaura-

ción definitivo para el tratamiento de cavidades sometidas a grandes cargas en dientes permanentes del sector posterior debido a las limitaciones de sus propiedades. Su ámbito de indicación se reduce al tratamiento de defectos en dientes temporales y a tratamientos provisionales de dientes permanentes⁹ (provisionales de larga duración). También son adecuados para la restauración de defectos de clase V (sobre todo en márgenes con límite dentinario o de cemento radicular), si bien, en la actualidad y dada la opacidad de los CVI, los odontólogos prefieren emplear materiales basados en composites porque ofrecen un resultado estético más favorable. Además, los CVI se utilizan como cemento de fijación o material para bases cavitarias.

La supervivencia de las restauraciones de ionómero de vidrio depende también de su correcta aplicación clínica, puesto que estos materiales son relativamente sensibles a la técnica utilizada. Tanto la deshidratación como la absorción excesiva de agua tras la colocación de la obturación afecta notablemente a las propiedades del material^{10,57}.

Composites

Los composites se utilizan en el sector posterior desde hace más de veinte años como alternativa estética a las restauraciones metálicas, y la frecuencia de su aplicación no ha parado de crecer en los últimos años¹⁸. Los primeros datos clínicos relativos al sector posterior, recabados a principios de los 80, no eran muy esperanzadores a causa de unas propiedades mecánicas insuficientes. La escasa resistencia a la abrasión de los composites de entonces provocaba la pérdida del contorno de la obturación. La vida útil de las obturaciones también se veía limitada por la contracción que sufría el composite durante la polimerización, que provocaba a su vez tanto fracturas como defectos y filtraciones marginales^{23,26,30,52}. Estas deficiencias se han podido reducir considerablemente en los últimos años gracias a los avances logrados en el perfeccionamiento de los composites y de los sistemas adhesivos, si bien la contracción en la polimerización sigue siendo el principal problema de los materiales de composite³⁹.

Según el tipo y el tamaño de los elementos de relleno inorgánicos empleados, los composites se pueden clasificar en²⁹:

- Composites convencionales de macrorrelleno.
- Composites de microrrelleno.
- Composites híbridos.

Con la introducción de innovadores derivados de los composites (compómeros, ormoceritas, composites condensables y fluidos), sobre todo en los últimos 10 años aproximadamente, se han realizado nuevas clasificaciones, por ejemplo según la cantidad de elementos de relleno (influye sobre la viscosidad del composite) o las diferencias en la matriz del monómero²² (metacrilatos clásicos, metacrilatos modificados con ácidos, ormoceritas con matriz de unión inorgánica-orgánica, que en lo sucesivo denominaremos sistemas de apertura de anillo).

Composites de microrrelleno

Actualmente los composites de macrorrelleno convencionales (tamaño de partículas de relleno de 1 a 100 μm) no se emplean por su marcada predisposición al desgaste. En cambio, los composites de microrrelleno sí se siguen aplicando, sobre todo en el sector anterior, por sus excelentes propiedades de pulido y por conservar el brillo a largo plazo. Los composites de microrrelleno contienen elementos de relleno esféricos de dióxido de silicio obtenidos por pirólisis, con un tamaño de partícula que oscila entre los 0,02 y 0,05 μm . No obstante, estas partículas no se encuentran sueltas sino aglomeradas. La gran superficie específica de los elementos de microrrelleno (relación superficie/volumen no adecuada) hace que tras la adición a una matriz orgánica aumente drásticamente la viscosidad, de modo que la resistencia mecánica del composite, determinada principalmente por los elementos de relleno inorgánicos, se vea muy limitada a causa del relativamente bajo contenido en elementos de microrrelleno. Se ha intentado aumentar la proporción de elementos de relleno con la adición de prepolímeros, lo que mejora las propiedades físicas, pero no lo suficiente como para poder emplear estos materiales en obturaciones definitivas del sector posterior¹⁶. En comparación con los composites híbridos, en los de microrrelleno se han observado diversos fracasos por fractura a causa de unas propiedades mecánicas menos adecuadas, sobre todo en cavidades de clase II expuestas a cargas elevadas³⁷. Así, su ámbito de aplicación se limita a cavidades que no se ven expuestas a cargas excesivas, es decir: lesiones de clase III y defectos cervicales. En cavidades de clase IV después de unos años se han observado con frecuencia fracturas cohesivas del material en forma de pequeñas lascas (chipping), que son un signo clásico de fatiga del material.

Composites híbridos

Los composites híbridos contienen una mezcla de partículas de relleno de vidrio o cuarzo con un tamaño micromé-



Figura 4. Situación inicial: obturación de amalgama en primer molar superior que debe ser sustituida.



Figura 5. Situación tras la eliminación de la obturación, excavación de caries y aislamiento del área de trabajo con dique de goma.



Figura 6. Tras el tratamiento adhesivo previo, la cavidad se obtura por capas con un composite híbrido de partículas microfinas.



Figura 7. Restauración de composite finalizada. La obturación presenta un perfil anatómico funcional y un brillo superficial excelente.



Figura 8. Aplicación en la cavidad de una capa fina (aprox. 0,5 mm) de composite fluido. Esta maniobra garantiza un buen enlace en la posterior restauración del diente con un composite de alta viscosidad, incluso en ángulos muy cerrados y bordes estrechos de la cavidad.

Tabla 1. Resistencia a la flexión (MPa) de diferentes grupos de materiales de obturación directa (n = número de materiales probados dentro de un grupo)

Grupo de materiales	n	Valor medio (MPa)	Margen (MPa)
Composites híbridos	16	126,6	102,4-160,8
Composites condensables	8	113,9	82,3-136,3
Composites fluidos	8	113,8	92,0-133,0
Ormocerías	2	104,3	88,2-119,3
Compómeros	8	96,6	31,5-131,6
Compómeros fluidos	3	92,9	62,9-120,4
Composites de microrrelleno	3	75,6	62,8-87,6

Fuente: Base de datos sobre las propiedades físico-mecánicas de los materiales de restauración, propiedad de la Policlínica de Odontología Conservadora y Periodontología de la Universidad de Múnich.

trico y elementos de microrrelleno de dióxido de silicio. Las técnicas de fabricación por molienda de los elementos de relleno de vidrio se han ido perfeccionando constantemente, de manera que hoy en día se distingue entre:

- Composites híbridos (tamaño medio de partícula < 10 μm).
- Composites híbridos de partículas finas (tamaño medio de partícula < 5 μm).
- Composites híbridos de partículas microfinas (tamaño medio de partícula < 3 μm).
- Composites híbridos de partículas submicrónicas²² (tamaño medio de partícula < 1 μm).

Los composites híbridos cuentan con una tecnología de elementos de relleno y un porcentaje de éstos que les confiere las propiedades físicas y mecánicas necesarias (tabla 1) para restaurar con buenos resultados clínicos a largo plazo tanto graves defectos en el sector anterior como cavidades de clase I y de clase II que soportan cargas masticatorias. Para ello son necesarios unos requisitos mínimos. La resistencia a la flexión, por ejemplo, debe encontrarse entre 80 y 100 MPa. Por otra parte, los composites híbridos (de partículas finas, microfinas y submicrónicas) que se emplean hoy en día también garantizan unas buenas propiedades de pulido de la superficie y la conservación del brillo a largo plazo (figs. 4 a 7). En definitiva, se pueden emplear en todas las cavidades de tipo Black, por lo que también se les denomina «composites universales».

Composites fluidos y condensables

Variando la proporción de los elementos de relleno inorgánicos en la matriz orgánica se puede ejercer una

gran influencia sobre las propiedades reológicas (viscosidad) del composite. Los composites fluidos, con un 10% menos de relleno, se desarrollaron como derivados de los composites híbridos. Sus buenas propiedades de humectación y su módulo de elasticidad algo menor han permitido su aplicación eficaz, entre otros, en cavidades mínimamente invasivas, en amplios sellados de fisuras, en obturaciones cervicales, en combinación con insertos morfocongruentes o como primera capa de unos 0,5 mm de espesor bajo materiales de composite de alta viscosidad (*stress breaker*) (fig. 8). Actualmente se han convertido en un material imprescindible.

Sin embargo, esto último no se puede afirmar en el caso de otros descendientes de los composites híbridos tradicionales, como el de los composites condensables de alta viscosidad especialmente desarrollados para soportar las cargas masticatorias del sector posterior (clases I y II). Éstos nunca han podido estar a la altura de las grandes esperanzas depositadas en ellos al principio. Las propiedades que presentan los composites condensables son el resultado, por un lado, de ligeros cambios en la composición de la matriz orgánica y, por el otro, de cambios innovadores en los tipos, tamaños, composición y distribución de las partículas de relleno³². Las propiedades de condensación se consiguen por medio de diversas modificaciones de los elementos de relleno. Su manejo no resulta mucho más sencillo para el odontólogo, como prometía su publicidad en el momento del lanzamiento al mercado («técnica de colocación similar a la de la amalgama»), dado que se tiene que acondicionar la cavidad y tratar con técnica adhesiva y el material se debe aplicar y polimerizar por capas dada su limitada profundidad de polimerización. Tampoco han demostrado ser superiores a los composites híbridos tradicionales



Figura 9. Situación inicial: segundo molar inferior con obturación de composite. La obturación presenta filtraciones marginales y necesita ser sustituida.



Figura 10. Tras la preparación de la cavidad y el tratamiento adhesivo previo se introduce en el defecto un composite condensable, aplicándolo por capas con la ayuda de un portamalgamas.



Figura 11. Resultado tras el acabado y el pulido de la restauración. Las propiedades de pulido del composite condensable son insuficientes.

en estudios *in vivo* e *in vitro*³⁹. Algunos representantes de los composites condensables, además, presentan unas propiedades de humectación y de fluidez deficientes, en especial en los resquicios cavitarios estrechos, su porosidad no es aceptable y su capacidad de pulido insuficiente³³ (figs. 9 a 11).

Composites modificados por nanotecnología

La nanotecnología permite crear partículas de relleno a escala nanométrica con un nuevo procedimiento. El tamaño de las partículas no resulta de un proceso de molienda, sino que se crea de forma exacta por medio del proceso químico sol-gel a partir de diferentes elementos. Este proceso se puede interrumpir a discreción, de manera que se obtienen unas partículas esféricas con un ta-

maño (p. ej., 20 nm) y una composición definida con exactitud. En comparación con las partículas convencionales, estos nanoelementos de relleno presentan unas propiedades totalmente nuevas. Muestran, por ejemplo, un comportamiento similar al de los líquidos, por lo que en una matriz de resina aumentan la viscosidad en mucha menor medida que los elementos de relleno convencionales.

Los composites modificados por nanotecnología (figs. 12 a 14) suponen una interesante novedad, basada en los últimos resultados de las investigaciones realizadas en ese campo. Sus partículas de relleno tienen un tamaño similar al de los composites de microrrelleno, pero los nanómeros aislados, no aglomerados, se distribuyen en la matriz orgánica con mayor uniformidad y la proporción de partículas de relleno se corresponde con la de



Figura 12. Situación inicial: obturaciones de amalgama en la mandíbula. Por motivos estéticos se sustituirán por otras de composite.



Figura 13. Estado tras la extracción de las restauraciones antiguas y preparación de las cavidades. El dique de goma evita cualquier riesgo de contaminación en el área de trabajo.

Figura 14. Resultado de las obturaciones con un composite modificado por nanotecnología. La integración en el tejido duro dentario adyacente es excelente.



los composites híbridos, por lo que también presentan sus favorables propiedades mecánicas. Un ejemplo de nanocomposite es Filtek Supreme XT (3M Espe, Seefeld-Alemania), cuyos elementos de relleno se componen de nanómeros aislados (de 20 a 75 nm) y nanoclusters aglomerados (tamaño del cluster de 0,6 a 1,4 μm , con un tamaño de las partículas que oscila entre los 5 nm y los 20 nm o 75 nm). Gracias a la tecnología de relleno las propiedades de pulido son excelentes y el brillo se conserva a largo plazo. Otro producto, Grandio (Voco, Cuxhaven-Alemania), es un nanocomposite híbrido que contiene nanoelementos de relleno y además partículas de relleno de mayor tamaño extraídas de cerámica vítrea molida. Ceram-X (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemania) es un composite nanocerámico que contiene nanopartículas funcionalizadas con metacrilato de 2 a 3 nm,

nanoelementos de relleno funcionalizados con metacrilato de aprox. 10 nm y elementos de relleno de vidrio de aprox. 1 μm . Así pues, se trata de un nanocomposite híbrido. Los composites modificados por nanotecnología se emplean como composites universales en anteriores y posteriores.

Composites para restauraciones altamente estéticas

Cada vez hay menos pacientes dispuestos a aceptar un tratamiento deficiente desde el punto de vista estético. Para conseguir restauraciones que apenas se diferencien del tejido duro dentario (figs. 15 a 24) se necesitan sistemas que incluyan composites en suficientes colores y grados de opacidad y de translucidez (p. ej., Enamel HFO, Micerium, Avegno-Italia; Esthet-X,



Figura 15. Situación inicial: obturaciones de amalgama en el maxilar. Por motivos estéticos se sustituirán por restauraciones directas de composite (aplicación por capas policromas).



Figura 16. Estado tras la eliminación de las restauraciones antiguas.



Figura 17. Tras la excavación y la finalización de las preparaciones de las cavidades se determina el color que corresponda con el de la dentina (más opaco) y el del esmalte (más traslúcido).



Figura 18. Control de la elección del color con muestras de composite para dentina y esmalte sobre las respectivas piezas antes del tratamiento adhesivo previo.



Figura 19. Acondicionamiento de los tejidos duros dentarios con ácido fosfórico.



Figura 20. Aplicación de un agente adhesivo.



Figura 21. En un primer paso se crean los límites proximales de las cavidades con un composite para esmalte translúcido. Después se pueden extraer las matrices. Así, las cavidades de clase II se convierten en «cavidades efectivas de clase I» (técnica centrípeta).



Figura 22. El composite dentinario opaco se aplica en capas oblicuas, para restaurar los defectos hasta la altura del futuro relieve cuspídeo.



Figura 23. Tras el modelado y polimerización por separado de cada cúspide se forma la anatomía oclusal con una última capa de composite de esmalte.



Figura 24. Las restauraciones de composite realizadas con la técnica de aplicación por capas policromas presentan una buena intensidad de color y se integran en el entorno a la perfección.

Dentsply DeTrey; Venus, Heraeus Kulzer, Hanau; Point 4, Kerr, Karlsruhe; Artemis, Ivoclar Vivadent, Ellwangen; Miris, Coltene/Whaledent, Langenau; Filtek Supreme XT, 3M Espe; Ceram-X, Dentsply DeTrey). Empleando dentina de diversas opacidades, colores body (universales) y masas de esmalte translúcidas, se pueden conseguir restauraciones altamente estéticas utilizando la técnica de aplicación por capas de varios colores. Estos sistemas pueden llegar a ofrecer hasta 30 variedades, con diferentes colores y grados de translucidez. Es imprescindible poseer la experiencia necesaria en el manejo de estos materiales, que se procesan con dos o tres opacidades/masas translúcidas y una técnica de aplicación por capas. Es inevita-

ble pasar por una etapa de aprendizaje más o menos dura antes de poder prever el efecto de los diferentes colores y opacidades en función del grosor de las capas y de las distintas situaciones y tipos de sustrato del diente natural.

Una vez finalizada una restauración, el efecto de su color dependerá de si se ha elegido bien el color básico y sobre todo de una relación correcta de las distintas capas de composite con diferentes grados de opacidad y/o translucidez. Es recomendable no ser muy generoso con las masas de esmalte muy translúcidas, ya que de lo contrario se corre el peligro de que la obturación tenga una apariencia demasiado transparente y con tonos grisáceos no deseados. El principal campo de aplicación de esta



Figura 25. Situación inicial: obturaciones de amalgama en un molar superior. Se sustituirán por un composite económico (color traslúcido universal).



Figura 26. Después de extraer las obturaciones antiguas, se preparan las cavidades y se aísla la zona con un dique de goma, los tejidos duros dentarios se preparan con un sistema adhesivo autoacondicionador.



Figura 27. Si se emplea una lámpara de polimerización con suficiente potencia, se puede aplicar el composite en capas de hasta 4 mm de grosor.



Figura 28. Tras finalizar la restauración, el composite (que sólo está disponible en un color traslúcido universal) presenta una estética aceptable gracias a su marcado efecto camaleón. Si existen coloraciones oscuras en el suelo cavitario o bien obturaciones de metal en las piezas adyacentes, es posible que se generen ligeras sombras debido a la translucidez.

técnica altamente estética de aplicación de capas de varios colores es el sector anterior más visible. También se utiliza, con menos frecuencia, en el sector posterior, si bien en ese caso se emplean materiales con sólo uno o dos colores u opacidades y una técnica de aplicación por capas más sencilla.

Composites «económicos»

Además de las posibilidades que ofrecen los composites altamente estéticos mediante la técnica de capas polí cromas y que hasta el momento sólo han sido aprovechadas

por un círculo relativamente reducido (aunque creciente) de profesionales, principalmente en el sector anterior, existe una gran demanda del mercado de materiales más sencillos, y rápidos de manipular y, por consiguiente, más económicos a base de composite para el sector posterior. Para dar respuesta a esta tendencia, se han desarrollado materiales que polimerizan con mayor rapidez y lámparas de polimerización más potentes (InTen-S, Ivoclar Vivadent), a la vez que se ha optimizado la profundidad de polimerización (QuiXfil, Dentsply DeTrey; x-tra fil, Voco), lo que permite su aplicación en la cavidad con mayor rapidez.

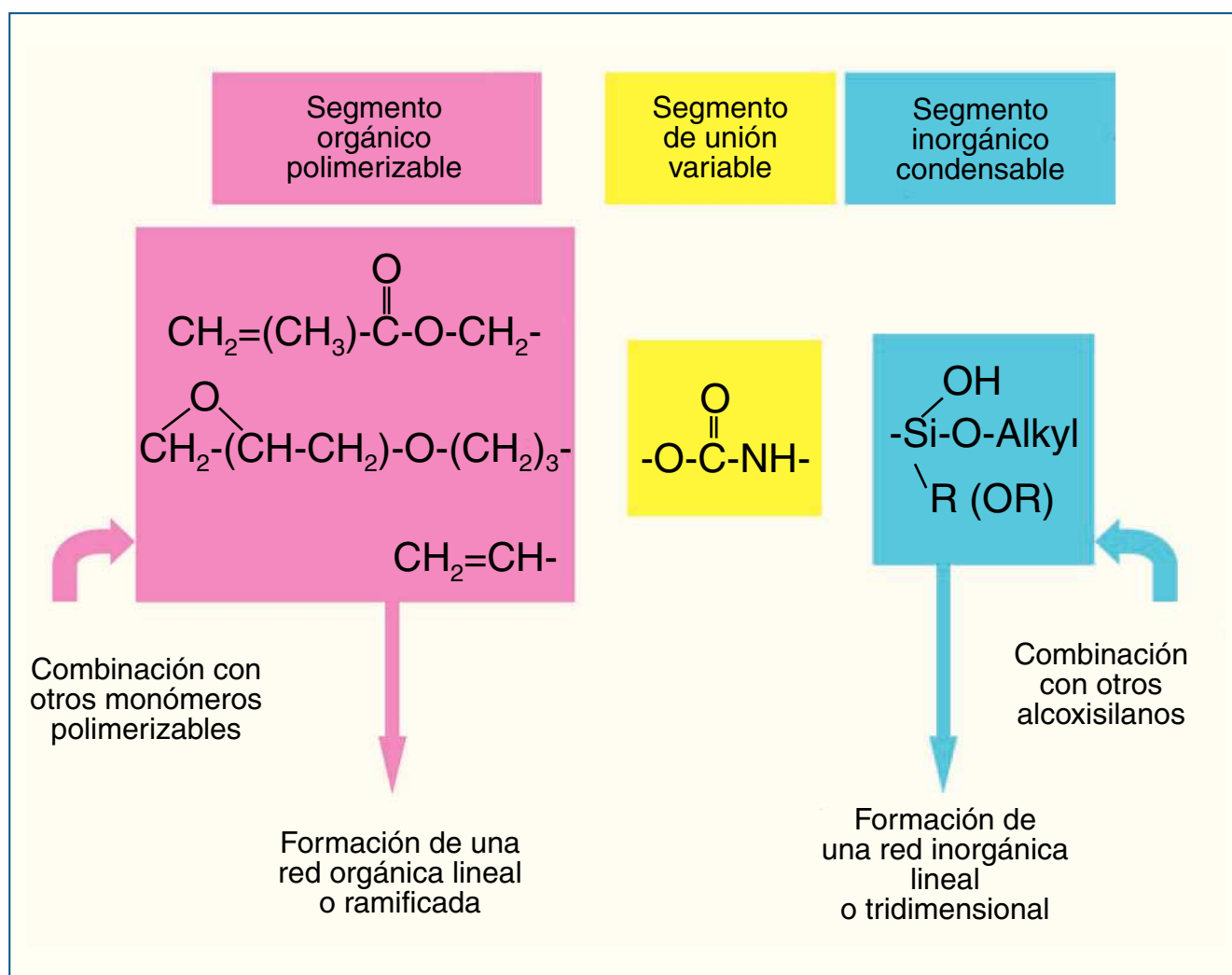


Figura 29. Esquema de la estructura de las fases previas monoméricas de los copolímeros inorgánico-orgánicos (ormoceras). El segmento inorgánico-condensable, el segmento orgánico polimerizable y el segmento de unión se pueden modificar en gran medida, por lo que también se pueden modificar las propiedades del material.

InTen-S es un composite de contracción reducida (aprox. 1,6% del vol.) para anteriores y posteriores que se comercializa en diferentes colores. Empleando lámparas de polimerización de alto rendimiento con una intensidad de aprox. 1.200 mW/cm² (p. ej., Astralis 10, Ivoclar Vivadent, o bien Optilux 501, Kerr) se puede polimerizar una capa de 2 mm de grosor en 10 segundos. Con esto, se reduce el tiempo de polimerización a la mitad o incluso a una cuarta parte del que suelen necesitar los composites convencionales. No obstante, es necesaria una lámpara lo suficientemente potente; con las de menor intensidad la polimerización tarda 20 segundos por capa.

Otros composites de contracción reducida son QuiX-fil y x-tra fil (aprox. 1,7% del vol.). Ambos se ofrecen en un color transparente universal para el sector posterior y, en combinación con un fotoiniciador optimizado/sistema inhibidor, consiguen en 10 s una profundidad de polimerización de 4 mm si se emplea una lámpara con una intensidad mínima de 800 mW/cm². Esto permite rellenar cavidades profundas de forma más rentable. A causa del efecto camaleón del tejido duro dentario adyacente se consigue una estética limitada pero más que suficiente para el sector posterior en opinión de muchos pacientes (figs. 25 a 28).



Figura 30. Situación inicial: obturaciones de amalgama en dientes posterosuperiores. Se sustituirán por obturaciones de ormocera.



Figura 31. Estado tras la eliminación de las obturaciones antiguas y la preparación de las cavidades. Implicación de la zona interproximal debido a una afectación por caries.



Figura 32. Resultado de las restauraciones de ormocera tras el acabado y pulido.

Ormoceras

Las ormoceras son una innovadora variación de la química tradicional de los composites. Se pueden clasificar en polímeros inorgánicos y orgánicos, ya que cuentan con enlaces de ambos tipos. Los alcoxisilanos de metacrilato multifuncionales son el punto de partida para la nueva clase de polímeros compuestos⁶¹. Las fases previas moleculares monoméricas de este polímero compuesto se caracterizan por tres segmentos estructurales (fig. 29). El segmento molecular inorgánico condensable se encarga de la formación de la red inorgánica. Mediante una hidrólisis controlada y una policondensación inorgánica se genera una red Si-O-Si inorgánica a través de un proceso sol-gel de los enlaces multifuncionales de silano-metacrilato^{56,62}. El segmento molecular orgánico polimerizable contiene grupos de metacrilato que, tras la inducción de una polimerización por radicales (p. ej., con luz en la longitud de onda visible), forman una matriz orgánica muy ramificada. La policondensación inorgánica y la polimerización orgánica resultan en la formación de un polímero compuesto inorgánico-orgánico⁶⁰. Tras el proceso de fabricación industrial, las ormoceras ya han formado la red inorgánica mediante la reacción de policondensación. La estructura polimérica orgánica adicional y, por consiguiente, la polimerización del material se consiguen con ayuda de la lámpara odontológica de polimerización mediante un proceso de polimerización por radicales.

Las ormoceras, que además de la red inorgánica-orgánica poseen una mezcla de partículas de relleno inorgánicas, se pueden procesar como los composites fotopolimerizables habituales³⁸ (figs. 30 a 32). El enlace covalente de los grupos de metacrilato con la red inorgánica mejora la biocompatibilidad de las ormoceras, pero se siguen añadiendo monómeros diluyentes a la formulación dental para garantizar una consistencia que se pueda trabajar bien en condiciones clínicas. Los materiales de obturación a base de ormoceras también se deben fijar al tejido duro dentario con un sistema adhesivo tradicional. Por esa razón, a los pacientes con alergia a los metacrilatos no se les debería tratar con estos materiales. El ámbito de indicación de las ormoceras abarca todos los tipos de cavidades Black.

Compómeros

El nombre de los compómeros surge de la combinación de «composite» y «ionómero de vidrio». Este producto se introdujo en el mercado hace algo más de 10 años. Con los compómeros se creó un nuevo tipo de material

que reunía las propiedades positivas de los composites y de los ionómeros de vidrios. La composición química de los compómeros se acerca más a la de los composites que a la de los ionómeros de vidrios, por lo que se pueden clasificar dentro del grupo de los primeros^{8,9}. Los compómeros contienen monómeros (UDMA, Bis-GMA), fotoiniciadores, estabilizadores, pigmentos y elementos de relleno, que también se utilizan con los composites. También contienen monómeros dimetacrilato bifuncionales modificados con grupos carboxilos (p. ej.: metacrilatos cicloalifáticos de ácidos dicarboxílicos) y elementos de relleno formados a partir de vidrio, bario, aluminio y fluorosilicato. Por una parte, las moléculas bifuncionales reaccionan con los metacrilatos convencionales mediante una polimerización por radicales inducida por luz con formación de enlaces atómicos covalentes. Por otra parte, se registra una ligera reacción de neutralización ácido-base, similar a la reacción de fraguado de los cementos de ionómero de vidrio, de los grupos carboxilos de estas moléculas con cationes de las partículas vítreas⁴¹. Puesto que la fórmula de los compómeros no contiene agua, la reacción de polimerización debe ser inducida por luz. Sólo se puede producir una reacción de neutralización mínima con creación de interacciones iónicas si se desprenden cationes de los vidrios de fluorosilicato, aluminio y bario por una absorción de agua de la saliva.

Mientras que los composites híbridos modernos son un grupo muy homogéneo por lo que respecta a sus propiedades, los compómeros son un caso muy distinto. Se trata de un tipo de material muy heterogéneo, con ejemplares que pueden llegar a alcanzar, por ejemplo, la resistencia media de los composites híbridos¹⁵. Sin embargo, también existen materiales cuya resistencia a la flexión supera sólo ligeramente a la de los CVI (tabla 1). Evidentemente, esto limita de forma considerable su campo de indicación, que depende más del producto que de la clase del material⁹.

Los principales campos de aplicación de los compómeros, aparte del tratamiento de cavidades de todas las clases en dientes temporales, son la restauración de defectos cervicales por caries y erosión en dientes anteriores y posteriores y las obturaciones de cavidades de clase III^{10,36}. Por otra parte, varios estudios clínicos revelan los esfuerzos de los fabricantes por ampliar el espectro de indicaciones de determinados compómeros para emplearlos también en obturaciones permanentes en el sector posterior^{1,14,19,27,35} (figs. 33 a 35). En este sentido, los principales problemas que presentan los compómeros al compararlos con los composites híbridos son la baja resistencia a la abrasión y sus limitadas propiedades me-



Figura 33. Situación inicial: obturaciones de amalgama insuficientes en dientes posteriores superiores. Se sustituirán por un compómero adecuado, capaz de soportar también las cargas masticatorias.



Figura 34. Estado tras preparación de cavidades y aislamiento del área de trabajo con dique de goma.



Figura 35. Obturaciones de compómero acabadas y pulidas en el sector posterior.

Tabla 2. Prestaciones clínicas de diferentes procedimientos de restauración en piezas de la dentición permanente en pacientes adultos

Tipo de restauración (clase I y II)	Tasa anual de fracaso (%)		
	Media (SD)	Media	Margen
Amalgama	3,0 (1,9)	2,6	0-7,4
Cemento de ionómero de vidrio	7,2 (5,6)	7,1	0-14,3
Composite (obturación directa)	2,2 (2,0)	1,8	0-9,0
Incrustación de composite	2,9 (2,6)	2,3	0-10,0
Incrustación de cerámica	1,9 (1,8)	1,3	0-7,5
Incrustación CAD/CAM (Cerec)	1,7 (1,6)	1,2	0-5,6
Incrustación/onlay de oro/TK	1,4 (1,4)	1,0	0-5,9

Tabla 3. Factores que afectan a la supervivencia de las restauraciones

Paciente	Odontólogo	Material
Higiene bucal, hábitos alimentarios	Correcta indicación	Resistencia (fracturas)
Medidas preventivas, fluoruros	Preparación de la cavidad (tamaño, tipo, acabado)	Desgaste/degradación del material
Colaboración, revisiones	Técnica y aplicación (p. ej., técnica por capas)	Resistencia al desgaste (OCA, CFA)
Situación oral (calidad del tejido duro dentario, saliva, etc.) y enfermedades sistémicas	Polimerización (lámpara, tiempo de aplicación, intensidad de la luz)	Grado de adherencia, estanqueidad, contracción, sensibilidad postoperatoria
Lesión (tamaño, forma, localización) y pieza (número de caras, vital o desvitalizado, premolar o molar)	Tipo de acabado y calidad del pulido de la restauración	Compatibilidad química del sistema restaurador (adhesivo, composite)
Cooperación durante el tratamiento	Oclusión correcta	Sensibilidad a la técnica empleada
Bruxismo, parafunciones, hábitos	Experiencia (con el material y la técnica) y dominio	Efectos inhibidores de caries (¿liberación de sustancias?)

cánicas^{27,51}. Sin embargo, se han conseguido importantes mejoras en las nuevas generaciones de compómeros por medio de procesos de optimización^{24,27} (p. ej., Dyract eXtra, Dentsply DeTrey).

Indicación de composites en el sector posterior

En la actualidad las restauraciones directas de composite son un componente más del espectro terapéutico de la odontología restauradora-conservadora. Se utilizan porque cuentan con un amplio abanico de aplicaciones, preservan el tejido duro dentario y favorecen su estabiliza-

ción adhesiva, y también porque, en comparación con las restauraciones indirectas, son más económicas y requieren menos tiempo⁹.

De acuerdo con la postura oficial adoptada en 2005 tanto por la DGZ (Sociedad Alemana de Odontología Conservadora) como por la DGZMK (Sociedad Alemana de Odontología) en relación con las restauraciones directas con composite en el sector posterior (indicación y supervivencia), el ámbito de aplicación científicamente demostrado de los composites directos podría resumirse como se describe a continuación⁹.



Figura 36. Obturaciones de composite insuficientes con marcadas tinciones marginales.

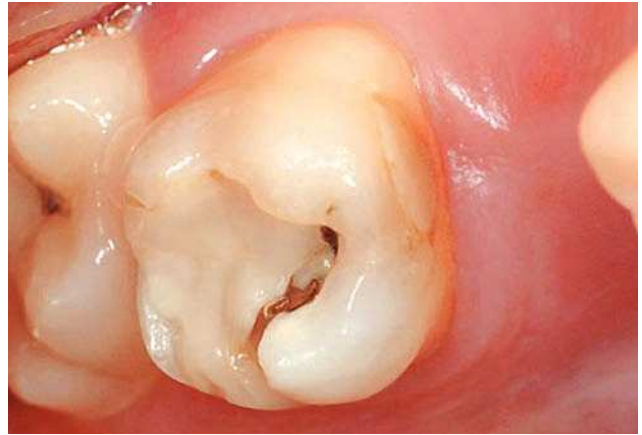


Figura 37. Obturación de composite en un molar superior con defecto marginal evidente.



Figura 38. Pequeña obturación de composite en un primer molar con claras imperfecciones marginales.



Figura 39. Tras retirar la restauración de la figura 38 se aprecia una caries secundaria que se extiende desde el margen vestibular y que prácticamente abarca todo el espacio que queda debajo de la obturación.

Indicaciones

- Lesiones de clase V.
- Lesiones de clase I.
- Lesiones de clase II (incluida sustitución de cúspides).

Indicaciones restringidas

- Acceso difícil, mala visualización de la zona de trabajo, adaptación marginal insegura o creación problemática del contacto proximal.

- Importantes parafunciones del paciente por falta de apoyo oclusal del diente antagonista en el esmalte dental.
- Higiene bucal del paciente deficiente (sobre todo en el espacio interproximal).

Contraindicaciones

- Imposibilidad de crear un aislamiento adecuado (riesgo de que las cavidades entren en contacto con sangre, saliva, líquido gingival).
- Alergias a componentes de composites y adhesivos.



Figura 40. Fractura de una obturación de composite en la región de los molares.



Figura 41. Restauraciones de composite en la región de los molares con claros signos de desgaste (imagen por cortesía del Prof. Dr. R. Hickel).

Análisis de supervivencia

El fracaso prematuro de las restauraciones supone un problema considerable para los pacientes afectados, los odontólogos responsables y los seguros médicos que asumen los gastos^{25,37}. En la actualidad, las obturaciones para el tratamiento de la caries primaria y la sustitución de restauraciones insuficientes siguen representando una parte importante del volumen de trabajo diario en la consulta odontológica, por mucho que la salud oral haya ganado importancia debido a diferentes programas preventivos, al creciente interés por evitar la caries y a la odontología estética^{17,21,48,54}. Se calcula que el 60% del tiempo de tratamiento se dedica a la sustitución de soluciones terapéuticas deficientes⁴².

La decisión de si una restauración debe sustituirse o no a menudo depende del profesional que la debe tomar. Existen diferentes criterios sobre lo que se debe considerar como fracaso, motivo por el cual dicha pregunta puede tener varias respuestas posibles³⁷. Los datos recabados tras exploraciones de pacientes han demostrado que existen muchas restauraciones que, aunque ya no cumplan a la perfección los estrictos requisitos de una obturación perfecta, pueden seguir cumpliendo su función y no necesitan ser sustituidas. En vista de los elevados costes que se derivan del tratamiento conservador de la población, sería muy interesante conocer la supervivencia media de los diferentes tipos de restauraciones^{4,50}. La tabla 2 muestra el índice anual de fracasos de diferentes restauraciones directas e indirectas. Los datos proceden de un amplio análisis realizado a partir de la bibliografía disponible sobre estudios clínicos de restauraciones de clase I y II en dientes posteriores de adul-

tos³⁴. Por una parte, la eficacia clínica de los diferentes tratamientos depende, entre otros factores, de los materiales de restauración empleados, la localización y el tamaño del defecto, la higiene bucal del paciente y sus hábitos y/o parafunciones. Por otra parte, también desempeña un papel importante la experiencia y habilidad del odontólogo, así como su conocimiento del material, la técnica y el procedimiento empleados. Respecto a la técnica adhesiva, es muy importante que los materiales se manipulen y apliquen correctamente¹¹.

La supervivencia de las restauraciones viene determinada por factores relacionados con el paciente, el odontólogo y los materiales empleados (tabla 3). El fracaso de las restauraciones suele clasificarse en dos tipos: prematuro (cuando apenas han transcurrido semanas o meses) y tardío (el que sucede años más tarde). Los fracasos prematuros pueden tener diferentes causas: sensibilidad postoperatoria, procedimiento incorrecto (p. ej., fotopolimerización del composite insuficiente debido a unas propiedades mecánicas deficientes, que provoca una fractura prematura), o indicación errónea (responsabilidad del odontólogo). Los fracasos tardíos normalmente se deben a la aparición progresiva de filtraciones marginales (fig. 36), defectos marginales (fig. 37), caries secundaria (figs. 38 o 39), fractura de la obturación (fig. 40) o desgaste excesivo (fig. 41).

Perspectivas

La importancia de los materiales plásticos de obturación de color dentario aumentará en los próximos años. A diferencia de la técnica de aplicación indirecta de incrustaciones, la posibilidad de conservar las zonas retentivas

permite preservar al máximo el tejido duro dentario y trabajar exclusivamente sobre el defecto en cuestión. Para garantizar que la restauración plástica directa sea de calidad y se produzca una buena adaptación marginal son precisos varios requisitos, como una correcta aplicación de las matrices (si existe implicación de la zona interproximal), un adhesivo dentinario eficaz, una técnica de aplicación por capas y la consecución de un grado de polimerización suficiente del composite.

El desarrollo de sistemas de preparación mínimamente invasivos, adhesivos y materiales de obturación de composite ha permitido la introducción de conceptos terapéuticos modernos que adquirirán una importancia cada vez mayor para el tratamiento de lesiones menores. Estos conceptos también se ven respaldados por el desarrollo de sistemas que permiten el diagnóstico precoz de la caries y su seguimiento. Los expertos pronostican que la odontología conservadora irá abandonando la aplicación indirecta de incrustaciones para seguir la senda de los tratamientos con obturaciones directas de composites. Al mismo tiempo, cabe esperar una reducción del tamaño medio de las cavidades en el futuro, por lo que las obturaciones gozarán de una supervivencia mayor, incluso en la dentición permanente que soporta las cargas masticatorias.

Bibliografía

1. Benz C, Stabel W, Mehl A, Hickel R. Clinical evaluation of modified glass ionomers in class II restorations. *J Dent Res* 1997;76:165, Abstr 1209.
2. Burke FJ, Cheung SW, Mjör IA, Wilson NH. Restoration longevity and analysis of reasons for the placement and replacement of restorations provided by vocational dental practitioners and their trainers in the United Kingdom. *Quintessence Int* 1999;30:234-242.
3. Burke FJ, Qualtrough AJ. Aesthetic inlays: composite or ceramic. *Br Dent J* 1994;176:53-60.
4. Crabb HS. The survival of dental restorations in a teaching hospital. *Br Dent J* 1981;150:315-318.
5. Croll TP, Phillips RW. Six years' experience with glass-ionomer-silver cermet cement. *Quintessence Int* 1991;22:783-793.
6. Hasselrot L. Tunnel restorations in permanent teeth. A 7 year follow up study. *Swed Dent J* 1998;22:1-7.
7. Hickel R. Moderne Füllungswerkstoffe. *Dtsch Zahnärztl Z* 1997;52:572-585.
8. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *Int Dent J* 1998;48:3-16.
9. Hickel R, Ernst C-P, Haller B et al. Direkte Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich – Indikation und Lebensdauer. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) aus dem Jahr 2005. *Dtsch Zahnärztl Z* 2005;60:543-545.
10. Hickel R, Manhart J. Glass-ionomers and compomers in pediatric dentistry. In: Davidson CL, Mjör IA (eds). *Advances in glass-ionomer cements*. Chicago: Quintessence, 1999:201-226.
11. Hickel R, Manhart J, Garcia-Godoy F. Clinical results and new developments of direct posterior restorations. *Am J Dent* 2000;13:41-54.
12. Hickel R, Petschelt A, Maier J, Voß A, Sauter M. Nachuntersuchung von Füllungen mit Cermet-Zement (Ketac-Silver). *Dtsch Zahnärztl Z* 1988;43:851-853.
13. Ho TF, Smales RJ, Fang DT. A 2-year clinical study of two glass ionomer cements used in the atraumatic restorative treatment (ART) technique. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999;27:195-201.
14. Huth K, Selbertinger S, Kunzelmann KH, Hickel R. Compomer for class I/II restorations – results after 6 months. *J Dent Res* 1999;78:285, Abstr 1439.
15. Ilie N, Kunzelmann K-H, Hickel R. Werkstoffkundliche Untersuchungen zu Kompomeren. *Dtsch Zahnärztl Z* 2003;58:667-673.
16. Ilie N, Kunzelmann K-H, Hickel R. Werkstoffkundliche Untersuchungen zu Kompositen. *Dtsch Zahnärztl Z* 2005;60:321-334.
17. Jokstad A, Bayne SC, Blunck U, Tyas M, Wilson NH. Quality of dental restorations. FDI Commission Project 2-95. *Int Dent J* 2001;51:117-158.
18. Kelsey WP, Latta MA, Shaddy RS, Stanislav CM. Physical properties of three packable resin-composite restorative materials. *Oper Dent* 2000;25: 331-335.
19. Kontou E, Frankenberger R, Klinge S, Krämer N. Clinical performance of two compomer materials – six months follow-up. *J Dent Res* 1999;78:391, Abstr 2283.
20. Krämer N, Kunzelmann KH, Pollety T, Pelka M, Hickel R. Langzeiterfahrungen mit Cermet-Zementfüllungen in Klasse-I/II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 1994;49:905-909.
21. Kreulen CM, Tobi H, Gruythuysen RJ, van Amerongen WE, Borgmeijer PJ. Replacement risk of amalgam treatment modalities: 15-year results. *J Dent* 1998;26:627-632.
22. Kunzelmann KH, Hickel R. Klinische Aspekte der Adhäsivtechnik mit plastischen Werkstoffen. In: 3M Espe AG (Hrsg). *Die Adhäsivtechnologie. Ein Leitfaden für Theorie und Praxis*. Seefeld: Espe, 2001:46-67.
23. Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Klinische Erfahrungen mit Composites und Dentin-Adhäsiven im Seitenzahnbereich. I: Klinische Beurteilung von Composites. *Phillip J* 1988;1:12-28.
24. Latta MA, Randall CJ. Physical properties of compomer restorative materials. *J Dent Res* 1999;78:157, Abstr 412.
25. Leempoel PJ, van't Hof MA, de Haan AF. Survival analysis studies of dental restorations: criteria, methods and an analysis. *J Oral Rehabil* 1989;16:387-394.
26. Leinfelder KF, Sluder TB, Santos JF, Wall JT. Five-year clinical evaluation of anterior and posterior restorations of composite resins. *Oper Dent* 1980;5:57-65.
27. Luo Y, Lo EC, Fang DT, Wei SH. Clinical evaluation of polyacid-modified resin composite posterior restorations: One-year results. *Quintessence Int* 2000;31:630-636.
28. Lussi A, Schaffner M, Suter P, Hotz P. Toxikologie der Amalgame. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1989;99:55-59.
29. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983;50:480-488.
30. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, Setcos JC. In vivo and in vitro wear of potential posterior composites. *J Dent Res* 1984;63:914-920.
31. Mackert JR. Dental amalgam and mercury. *J Am Dent Assoc* 1991;122: 54-61.
32. Manhart J. Eine Alternative zu Amalgam? Hochvisköse stopfbare Komposite: Überblick, Eigenschaften und Verarbeitungshinweise. *KONS-Journal* 2001;3:21-26.
33. Manhart J. Möglichkeiten neuartiger Komposite. Update der Eigenschaften und Einsatzbereiche. *BZB Bayerisches Zahnärzteblatt* 2004;41:40-42.
34. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;29:481-508.

35. Manhart J, Glomb C, Stueckgen D, Neuerer P, Flessa, H-P, Hickel R. Clinical evaluation of a self-etching adhesive at 2 years. *J Dent Res* 2002;81:233, Abstr 2.
36. Manhart J, Hickel R. Klinische Studie zum Einsatz eines All-in-one-Adhäsivs. Erste Ergebnisse nach 6 Monaten. *Quintessenz* 1999;50:1277-1288.
37. Manhart J, Hickel R. Longevity of restorations. In: Wilson NH, Roulet JF, Fuzzi M (eds). *Advances in operative dentistry. Challenges of the future*. Chicago: Quintessence, 2001:237-304.
38. Manhart J, Hollwich B, Mehl A, Kunzelmann KH, Hickel R. Randqualität von Ormocer- und Kompositfüllungen in Klasse-II-Kavitäten nach künstlicher Alterung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1999;54:89-95.
39. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater* 2000;16:33-40.
40. McLean JW, Gasser O. Glass-cermet cements. *Quintessence Int* 1985;16: 333-343.
41. Meyer JM, Cattani LM, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials* 1998;19:529-539.
42. Mjör IA. Amalgam and composite resin restorations: longevity and reasons for replacement. In: Anusavice K (ed). *Quality evaluation of dental restorations*. Chicago: Quintessence, 1989:61-80.
43. Mjör IA. Problems and benefits associated with restorative materials: side-effects and long-term cost. *Adv Dent Res* 1992;6:7-16.
44. Mjör IA. Glass ionomer restorations and secondary caries. A preliminary report. *Quintessence Int* 1996;27:171-174.
45. Mjör IA. Selection of restorative materials in general dental practice in Sweden. *Acta Odontol Scand* 1997;55:53-57.
46. Mjör IA. The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontol Scand* 1997;55:58-63.
47. Mjör IA, Jokstad A. Five-year study of Class II restorations in permanent teeth using amalgam, glass polyalkenoate (ionomer) cement and resin-based composite materials. *J Dent* 1993;21:338-343.
48. Mjör IA, Jokstad A, Qvist V. Longevity of posterior restorations. *Int Dent J* 1990;40:11-17.
49. Mount GJ. Longevity in glass-ionomer restorations: review of a successful technique. *Quintessence Int* 1997;28:643-650.
50. Paterson N. The longevity of restorations. *Br Dent J* 1984;157: 23-25.
51. Powers JM, Farah JW. Compomers. *The Dental Advisor* 1998; 15:1-5.
52. Roulet JF. The problems associated with substituting composite resins for amalgam: a status report on posterior composites. *J Dent* 1988;16: 101-113.
53. Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J Dent* 1997;25:459-473.
54. Rykke M. Dental materials for posterior restorations. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:139-148.
55. Schiele R. Die Amalgamfüllung – Verträglichkeit. *Dtsch Zahnärztl Z* 1991;46:515-518.
56. Schmidt H, Wolter H. Organically modified ceramics and their applications. *Journal of Non-Crystalline Solids* 1990;121:428-435.
57. Svanberg M. Class II amalgam restorations, glass-ionomer tunnel restorations, and caries development on adjacent tooth surfaces: a 3-year clinical study. *Caries Res* 1992;26:315-318.
58. Wilson AD, McLean JW. *Glass-ionomer cement*. Chicago: Quintessence, 1988.
59. Wilson NH, Burke FJ, Mjör IA. Reasons for placement and replacement of restorations of direct restorative materials by a selected group of practitioners in the United Kingdom. *Quintessence Int* 1997;28:245-248.
60. Wolter H, Storch W. Urethane (meth)acrylate alkoxy silanes, a new type of reactive compounds for the preparation of inorganic-organic copolymers (ORMOCERs). Bayreuth: Polymer & Materials Research Symposium, 1993:14-17.
61. Wolter H, Storch W. The influence of molecular structure on the properties of inorganic-organic copolymers. *Polymer for Advanced Technologies* (1993).
62. Wolter H, Storch W, Ott H. New inorganic/organic copolymers (ORMOCERs) for dental applications. *Materials Research Society Symposia Proceedings* 1994;346:143-149.