

Porcelanas dentales de alta resistencia para restauraciones de recubrimiento total: Una revisión bibliográfica. Parte II

Pablo Díaz-Romeral Bautista^a/ Enrique López Soto^b/Francisco Malumbres Viscarret^c/Luis Javier Gil Villagrà^d

Resumen: La gran diversidad de materiales cerámicos restauradores utilizados en odontología ha aumentado las posibilidades de tratamiento mediante restauraciones de porcelana sin metal. La composición de cada tipo de porcelanas, así como la tecnología de laboratorio que se emplea en la elaboración de las restauraciones totalmente cerámicas, deben ser conocidas por los clínicos para sacar un máximo rendimiento a los materiales cerámicos, en especial en lo que a sistemáticas de trabajo, necesidades estéticas y de resistencia se refiere. **Objetivo:** El objetivo del presente trabajo es revisar la bibliografía existente acerca de los materiales cerámicos en nuestro entorno para poder entender su comportamiento óptico y mecánico, así como la sistemática de trabajo en el laboratorio, parámetros que determinan la elección del material y la sistemática clínica de trabajo. **Materiales y método:** Revisión de la bibliografía desde 1998 hasta la actualidad, utilizando para su búsqueda Medline, así como una revisión de libros de texto y artículos clásicos en el campo de la prostodoncia fija y los materiales dentales. **Conclusiones:** Las características propias de cada material deben entenderse desde el conocimiento de su composición química y de la tecnología de laboratorio. Las porcelanas dentales son unos materiales de restauración excelentes para muchos de los casos en que está comprometida la estética; sin embargo, son necesarios más estudios clínicos a largo plazo que demuestren su eficacia en el tiempo.

Palabras clave: Alúmina, coronas de cerámica, puentes de cerámica, porcelanas dentales, zirconio.

Introducción

El desarrollo de nuevos materiales de porcelana viene condicionado por las necesidades del paciente (altos requerimientos estéticos) así como por los parámetros en los que el odontólogo fundamenta la buena praxis en prótesis fija (biocompatibilidad, ajuste marginal, resistencia mecánica) y que dan lugar a una adecuada longevidad del material en el medio oral.

El problema actual de los sistemas de porcelana, una vez logrados los objetivos estéticos, de biocompatibilidad y de ajuste marginal es la baja resistencia mecánica, sobre todo la

baja resistencia a la flexión, que puede conducir a la fractura del material, lo cual puede limitar su uso, especialmente en prótesis parciales fijas, sobre todo en el sector posterior.

En la primera parte de esta revisión de la literatura se detallaron los principales sistemas de porcelana dental de alta resistencia presentes en nuestro medio. El propósito de esta segunda parte es analizar las características mecánicas, ópticas y de ajuste de los distintos materiales estudiados *in vitro* así como las tasa de éxito de las restauraciones en estudios clínicos a distintos plazos de evaluación en función de la antigüedad de los materiales. Para ello se ha realizado una revisión de la bibliografía desde 1998 hasta la actualidad utilizando para su búsqueda Medline así como una revisión de los libros de texto y artículos clásicos más pertinentes en el campo de la prostodoncia fija y los materiales dentales. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda han sido: *dental ceramics, all-ceramic crowns, all-ceramic partial dentures, zirconium, alumina*.

Valoración de los distintos parámetros a tener en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de porcelana más adecuada para cada caso

Propiedades ópticas

La estética es uno de los factores decisivos a la hora de seleccionar un material cerámico como material restaurador

^aProfesor Ayudante de Prótesis. Universidad Europea de Madrid. Profesor del Máster Oficial en Prótesis Estomatológica e Implantoprótesis. Universidad Europea de Madrid.

^bProfesor Encargado de Prótesis. Universidad Europea de Madrid. Director del Máster Oficial en Prótesis Estomatológica e Implantoprótesis. Universidad Europea de Madrid.

^cProfesor Ayudante de Prótesis. Universidad Europea de Madrid. Profesor del Máster Oficial en Prótesis Estomatológica e Implantoprótesis. Universidad Europea de Madrid.

^dProfesor Ayudante de Prótesis. Universidad Europea de Madrid. Profesor del Máster Oficial en Prótesis Estomatológica e Implantoprótesis. Universidad Europea de Madrid.

Correspondencia: Pablo Díaz-Romeral Bautista, Departamento de Odontología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Europea de Madrid. 28670 Villaviciosa de Odón. Madrid. E-mail: diaz.romeral@telefonica.net

con prótesis fija. En este sentido tiene especial interés el comportamiento óptico del material. Cuando se trate de un diente vital sin alteraciones importantes del color o restaurado con postes y muñones estéticos se deberá emplear una porcelana que tenga una alta translucidez para que su reacción ante la luz sea similar a la del esmalte y la dentina del diente tratado. La translucidez de las porcelanas depende, por un lado, del tipo de cristales que contenga como relleno, su tamaño y su índice de refracción de la luz; y por otro, del porcentaje en que estos se encuentran en el volumen del material. La fase vítrea es transparente o translúcida y los cristales reducen la transparencia dándole un aspecto menos translúcido. En general, a mayor carga cristalina, mayor es la opacidad del material, si bien las cerámicas policristalinas, dada su elevada resistencia, permiten grosores de cofia menores, lo cual mejora la transmisión de la luz. Además, dentro de algunos sistemas encontramos cofias con diversas translucideces y con colores diferentes en función del caso a restaurar (fig. 1).

En cambio, si queremos restaurar un diente con un color muy oscuro que deba ser enmascarado (tetraciclina, obturaciones de amalgama o restauraciones con perno-muñón colado), colocaremos una corona que sea ópticamente más opaca, que suele corresponderse con porcelanas policristalinas basadas en sistemas de alúmina o de zirconia, ya que de emplear una porcelana con mayor fase vítrea el grosor debería ser mayor (mínimo 2 mm)¹.

Línea de terminación y ajuste marginal

El ajuste de las cerámicas es esencial para que las restauraciones tengan una resistencia adecuada y para evitar la filtración de caries, logrando así una mayor supervivencia clínica en el medio oral a largo plazo. El ajuste depende de tres factores fundamentales: contracción de sinterización, técnica de elaboración en el laboratorio y tipo de preparaciones. Hoy se toma, como clínicamente aceptables los ajustes menores de 120 micras².



Fig. 1 Caso resuelto con dos tipos de materiales diferentes. Los cuatro incisivos con carillas feldespáticas y los caninos con coronas Procera. Obsérvese la diferencia de translucidez que presentan los materiales.

El general, para la porcelana, se ha observado que la línea de terminación más favorable es el hombro redondeado, que hace que la restauración sea resistente, y logra un mejor ajuste³. Pero la técnica de manejo y confección de la porcelana influye mucho en el tipo de tallado que se debe hacer. De esta manera, cuando la restauración se vaya a confeccionar de forma convencional por un técnico de laboratorio, se debe realizar una terminación en hombro redondeado de al menos 1-1,5 mm de grosor. Dicha reducción depende de la resistencia del material cerámico. Pero con la aparición de nuevos sistemas informáticos para la lectura digital de los tallados, en ocasiones se ha de modificar la sistemática de tallado para que el escaneado de los muñones pueda ser llevado a cabo. Así, en el caso de Procera la lectura digital mediante escáner requiere la ausencia de ángulos agudos para que el sensor pueda recorrer y leer toda la superficie del diente tallado y por tanto muestra que la terminación debe ser en forma de chamfer profundo. Por otro lado, con otros sistemas de escaneado (Cerec o LAVA) el escáner no tiene que entrar físicamente en ningún recoveco, puesto que la lectura es óptica a través de una imagen. Por ello se aconseja tallar una terminación en hombro redondeado como para cualquier otro tipo de sistema cerámico.

Otra cuestión a tener en cuenta, hablando de las líneas de terminación, es la localización del margen en sentido apico-gingival y hasta dónde se debe extender. Con los sistemas de metal-porcelana, para enmascarar la posible aparición de un ribete metálico muy antiestético por vestibular en los dientes del sector anterior, se aconseja profundizar un poco la línea de terminación en el surco (0,5mm). Esto conlleva problemas periodontales si el margen se sumerge en exceso y no se respeta la anchura biológica.

Con las restauraciones completamente cerámicas no hay ningún ribete que esconder, puesto que en caso de recesión de cualquier tipo lo que se va a ver va a ser del color del diente y no va a resultar en fracaso estético (salvo grandes decoloraciones). Gracias a este factor, generalmente no hay que extender los tallados subgingivalmente por estética con el posible compromiso de invasión del espacio biológico y si hacer tallados que respeten más el principio de conservación de la estructura dentaria, facilitando el proceso de toma de impresiones que tan relacionado está con el ajuste de las restauraciones (*in vitro* el ajuste de los puentes de porcelana y de los de metal porcelana es igual)⁴⁻⁶.

Éxito clínico de las restauraciones cerámicas. Propiedades mecánicas

El principal problema cuando se trabaja con restauraciones de porcelana es la escasa resistencia del material ante las fuerzas de flexión. Las restauraciones de porcelana carecen de resistencia a la tensión y sufren ante fatiga estática⁷. En este sentido se tiende a mejorar dicha resistencia añadiendo fases cristalinas en altos porcentajes y con diferentes características específicas de cada tipo de porcelana. Las propiedades físicas son mejoradas siempre por la fase cristalina del material, mientras que la fase vítrea actúa como un aglutinante.

Las fracturas ocurren desde la superficie interna de la cofia, que puede ser el origen de grietas de propagación. Por eso la resistencia de las restauraciones de porcelana siempre se ve mejorada si se cementan con técnica adhesiva.

Las mejoras añadidas en cada sistema hacen que se aumenten las indicaciones en cuanto a los tipos de restauración. Cuanto mayor es la resistencia a la flexión de una porcelana, mayores serán las indicaciones que (más grande podrá ser la restauración). Así las porcelanas con baja resistencia a la flexión se pueden emplear para confeccionar restauraciones parciales (incrustaciones, carillas) y coronas unitarias.

Las exigencias deben estudiarse en cada caso concreto y en función de las fuerzas que vaya a soportar el diente restaurado, no siendo lo mismo una corona en un molar (85%-94% de éxito de las coronas *jacket*), que sufre unas cargas muy intensas por su situación que un sector anterior (93%-98%) donde las fuerzas ejercidas no son muy grandes por norma general⁸. Las fuerzas de masticación son menores en cierre con fuerza que en la masticación cíclica. Los valores medios para un cierre fuerte son de: Incisivos, 220 N; premolares, 450 N y molares, 665 N⁹.

Para que las restauraciones de porcelana puedan reemplazar en la función a una corona de metal-porcelana, estas deben tener una fuerza a la flexión mínima de 500 MPa¹⁰.

Utilización de cerámica sin metal en puentes dentales

Las porcelanas actuales han desarrollado sus propiedades físicas para lograr obtener una alta resistencia, alguno de estos materiales ha alcanzado unos niveles de resistencia flexural que los hacen aptos para la realización de prótesis parciales fijas completamente cerámicas.

Los estudios a largo plazo del éxito de las restauraciones de metal-porcelana no son comparables a los que hay para la porcelana por el reciente desarrollo de las mismas, pero debe conocerse la esperanza de vida de puentes de metal-porcelana para poder aceptar el uso de restauraciones totalmente cerámicas. Los datos obtenidos de supervivencia de las prótesis fijas de metal-porcelana, independientemente de los dientes a reponer y su ubicación en la arcada, son^{11,12}:

- 5 años: 96%.
- 10 años: 87%.
- 15 años: 85%.
- 20 años: 65%¹³.
- 30 años: 53%¹⁴.

Los resultados obtenidos hacen pensar que el tiempo medio de supervivencia de los puentes de metal-porcelana es de unos 20 años^{13,14}.

Los puentes de porcelana, a expensas de futuros estudios *in vivo* a largo plazo, fracasan por fracturas debidas a una menor resistencia del material, sobre todo ante fuerzas de flexión. Se ha demostrado tanto *in vitro* como *in vivo* que estos casos fallan a nivel de los conectores, donde salen cracks verticales desde el interior¹⁵.

Una de las variables más importantes en la confección de un puente cerámico para lograr una mayor predictibili-

dad es la selección del caso de una porcelana adecuada a las necesidades particulares del mismo. Para ello se deben considerar una serie de requisitos:

- Necesidad de estética, valorar si en el sector posterior esta estética es tan importante.
- Reposición de 1 diente (como mucho 2) o corona unitaria.
- Longitud y curvatura de la brecha escasas.
- Espacio protético suficiente para los conectores¹⁵.
- Ausencia de parafunción¹⁵.
- Prótesis sin extensiones^{8,15}.

Es sabido que las porcelanas resisten muy mal las fuerzas de flexión y que la flexión de un puente depende de tres factores fundamentales. El primero es la longitud de la brecha a reponer. La flexión de un puente es directamente proporcional al cubo de dicha longitud^{16,17}. Por tanto, al doblar la longitud (reposición de 2 premolares en lugar de uno) la flexión es 8 veces superior. Esto hace que se deba ser especialmente cuidadoso a la hora de hacer puentes largos. Por tanto, para reducir las fuerzas de flexión de un puente se restringirá el uso de prótesis parciales fijas cerámicas a puentes cortos (3 unidades con un pónico central y un retenedor a cada lado de la brecha; nunca se harán puentes cerámicos con pónicos en extensión puesto que la flexión del mismo haría que se fracturase). En segundo lugar está la altura del puente en sentido ocluso-gingival. Este grosor es inversamente proporcional a la flexión en una relación al cubo (al reducir el grosor a la mitad el puente sufrirá 8 veces más fuerzas de flexión)¹⁶. En tercer y último lugar, la flexión del puente depende de la curvatura del mismo. Así en los puentes curvos se crea una línea de fulcro en torno a la cual rota el puente, creándose fuerzas de flexión nocivas para el mismo. Cuanto mayor sea el brazo de palanca que sale sobre la línea de fulcro, mayor será la flexión del puente^{15,17}.

La principal causa de fractura de los puentes cerámicos es la aparición de grietas verticales en el interior de los conectores, que acaban desencadenando la fractura del puente a ese nivel, lo cual no pasa en los puentes de metal-porcelana¹⁷. Las fracturas de este tipo van condicionadas por el tamaño, la forma y la posición de los conectores en relación al pónico¹⁷⁻¹⁹.

Cuando se diseña un puente cerámico se debe valorar tanto la longitud de la brecha, la curvatura de la misma, y la altura y anchura del puente (espacio protético), sobre todo en donde estén situados los conectores (se debe medir desde la cresta gingival interproximal del diente pilar hasta su reborde marginal para determinar si esa altura es suficiente para el conector). En sentido vestibulo-lingual esta medición no es tan importante, puesto que es más fácil alcanzar el tamaño requerido sin grandes problemas. Las dimensiones mínimas no pueden ser nunca inferiores a 2,5 x 2,5 mm^{15,17}, si bien lo que aconsejan la mayoría de los fabricantes y artículos de revisión de este tipo de restauraciones es una superficie de conector mínima de 16 mm² (4 x 4 mm)^{8,17}. En ocasiones dichas dimensiones mínimas pueden contraindicar la realización de una prótesis parcial fija de cerámica¹⁷.

- *In-Ceram*
 - Ocluso-gingival: 4 mm.
 - Vestíbulo-Lingual: 3-4 mm^{15,16}.
- *Empress*
 - Ocluso-gingival: 4-5 mm.
 - Vestíbulo-Lingual: 3-4 mm. para el sector anterior y 4-4,5 para el posterior^{15,20}.
- *Procera*
 - Ocluso-gingival: 4 mm.
 - Vestíbulo-Lingual: 3 mm^{15,21}.
- *Lava*
 - Ocluso-gingival: 3 mm.
 - Vestíbulo-Lingual: 3 mm^{15,17,18}.

Cuando se carece de espacio protético suficiente se puede recurrir al recontorneado del plano oclusal antagonista, si es necesario (ameloplastia, coronas, o endodoncia con perno y corona). También se puede aumentar el grosor de los pónicos y conectores reduciendo o eliminando el recubrimiento de porcelana en las caras lingual y gingival, a favor de un aumento del núcleo de alta resistencia en altura (hacia gingival) y anchura (hacia lingual)^{15,17}.

La elección del material depende de los requisitos mecánicos previstos para el puente. De esta manera, si se trata de la reposición de un único diente en el sector anterior (salvo el canino) sin que haya una curva excesiva o una clase II-2.^a (gran sobremordida y escaso resalte) y disponemos del espacio protético adecuado, se puede usar el material cerámico que mejor convenga, dando cierta preferencia a la estética sobre la resistencia mecánica (el puente será translúcido y adecuado ópticamente para la estética, pero será menos resistente que las demás y por ello puede ser necesario realizar unos conectores de gran dimensión sentido ocluso-gingival, con lo que el puente puede quedar con una morfología menos natural). Por otro lado, si se usa un material más resistente (p. ej., puente policristalino de zirconio) se pueden reducir las dimensiones de los conectores



Fig. 2 Puente del sector anterior realizado en Empress 2, con gran translucidez pero que requiere conectores de grandes dimensiones.

res que, al ser más estrechos, tendrán aspecto morfológicamente más natural. Su inconveniente es que el material resulta más opaco (peor transmisión de la luz y peor estética óptica en general) (fig. 2).

Cuando se trata de reponer un canino, el diseño biomecánico del puente requiere el uso de un pilar secundario en el incisivo central que aporte mayor resistencia y retención al puente, puesto que el incisivo lateral es un diente con una corona clínica corta y una raíz pobre, mientras que el canino es un diente fundamental en la oclusión que además se sitúa en tramo curvo. En este caso se trata de un puente de cuatro piezas para reponer la ausencia de un diente. Por ello necesitamos un material con propiedades mecánicas elevadas (cerámica policristalina).

En el sector posterior las propiedades ópticas pueden ser menos importantes, dando mayor relevancia a la resistencia a la flexión del material. En estos casos es más razonable recurrir a un material de naturaleza policristalina¹⁹.

En todos los casos sólo las cerámicas policristalinas a base de zirconio son aptas para el empleo de puentes de dos unidades en el sector anterior bajo unas indicaciones precisas basadas en un buen diagnóstico y plan de tratamiento²².

Cementado

En lo referente al cementado hay que mencionar que las porcelanas convencionales, así como las reforzadas con cristales, aumentan su resistencia mecánica cuando son cementadas empleando técnicas adhesivas^{9,23,24}. La resistencia de las porcelanas a la fractura depende del soporte de la preparación y del ajuste de la misma, y esto se puede ver mejorado mediante una cementación adecuada que distribuya el estrés de forma dispersa¹⁵.

Las ventajas que aporta la cementación mediante técnica adhesiva a las restauraciones cerámicas son, por un lado, una mayor resistencia a la fractura del diente restaurado, una mejor integridad marginal por reducirse el espacio y, por su sellado gracias a la resina adhesiva, una mayor retención de las restauraciones. Además, las porcelanas de mayor contenido vítreo son muy translúcidas y su estética se ve mantenida y mejorada cuando se cementa con resina y no con otro tipo de cemento opaco^{23,25}. El hecho de que el cemento se transluzca no puede aprovecharse para corregir defectos del color en las restauraciones. Se puede aprovechar para oscurecerlas un poco (no podrá aclararse un color oscuro) pero la modificación no será predecible¹.

El cementado adhesivo clásico de las restauraciones de porcelana feldespática (también válido para porcelana Empress 2, IPS e.max Press) mediante cementos de resina es de sobra conocido y está suficientemente documentado. El protocolo a seguir para lograr adhesión de la porcelana al diente es el siguiente^{23,25,26}.

Se debe preparar la restauración cerámica mediante la aplicación de ácido fluorhídrico al 10% durante 60-90 segundos. El grabado ácido crea microrretenciones en la fase vítrea de la porcelana²³. Se desaconseja el arenado de las restauraciones de cerámica feldespática porque puede debilitarla.

Seguidamente se debe limpiar la restauración durante 4-5 minutos sumergida en un baño de ultrasonidos con alcohol de 90° para eliminar los compuestos derivados del ataque ácido. Cuando se sacan las restauraciones del baño, se secan y se le aplican 2-3 capas de silano. Tras cada una de ellas se seca el solvente. Para un mejor tratamiento del silano se puede calentar con un secador de pelo durante 2 minutos.

El silano aporta una unión química a la fase vítrea de la porcelana gracias a los grupos metacrilato comunes entre la porcelana y el cemento de resina²⁷. Y uniendo el dióxido de silicio del cemento a los grupos OH de la porcelana²³. Tras la silanización se aplica una capa de adhesivo a la restauración.

Por la otra parte, el diente se acondiciona mediante ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos, se lava abundantemente con agua y se seca en mayor o menor medida en función del solvente que componga el adhesivo en cuestión. Se aplica el adhesivo, que tiene un grosor de capa de 5-20 micras.

Por último se aplica el cemento de resina, preferiblemente dual, se coloca la restauración en boca y se polimeriza. El grosor de capa del cemento viene a ser de unas 10-60 micras.

Para las restauraciones que por su composición o el grosor de las mismas puedan bloquear el paso de la luz, se deberá emplear un cemento de fraguado dual que garantice la completa polimerización en ausencia de luz y que suele ser de fácil manejo. Se desaconseja el empleo de cementos autopolimerizables en la mayoría de los casos y esto es debido a que si el adhesivo dentinario tiene una polimerización por medio de luz, puede no dar una buena unión a un cemento que polimeriza químicamente, puesto que los catalizadores son distintos y los radicales activos serán diferentes. En este sentido se aconseja el empleo de adhesivos duales y cementos de las mismas características o, cuando menos, si se usa un adhesivo fotopolimerizable, no emplear un cemento de resina autopolimerizable (habrá mala unión) sino de fraguado dual, ya que comparten un catalizador común (canforquinona)²⁸⁻³⁰. Si desconocemos las características químicas de los productos comerciales que trabajemos, la norma a seguir es el empleo de adhesivo y cemento de la misma casa comercial, que es la mejor garantía de que la unión del adhesivo y el cemento va a ser buena y duradera²³. Se debe recordar que los adhesivos en un solo frasco nunca pueden ser de polimerización dual.

Los adhesivos autograbantes no se aconsejan en general para el cementado mediante técnica adhesiva, ya que su unión al diente es menor, si bien cada vez van mejorando su fuerza de adhesión.

Las ventajas que aporta el cementado adhesivo no son las mismas para las cerámicas policristalinas a base de alúmina o a zirconio ya que al no ser tan translúcidas no suelen afectarse por el empleo de un cemento opaco. Por otro lado, cuando las porcelanas tienen cierto grado de resistencia natural la mejora que supone un cementado adhesivo puede no ser relevante. Pero la cementación adhesiva será el factor determinante para el éxito de las restauraciones cerámicas a largo plazo, ya que lo que sí que se lo-

gra mejorar con respecto a un cementado tradicional es un aumento de la retención en aquellos casos en que la retención mecánica pueda no ser suficiente y una reducción del riesgo de filtración marginal; que si se cementara con otro tipo de cementos como el oxifosfato de zinc o el vidrio-ionómero^{25,28,31,32}, previniéndose así la aparición de caries secundaria, que es, al fin y al cabo, una de las causas más frecuentes de fracaso en prótesis fija^{11,13,14}.

En las restauraciones de porcelana policristalina de alta resistencia a base de alúmina o zirconio, la fase vítrea desaparece y por tanto el ácido fluorhídrico no es efectivo^{27,28,33-35}, pero los espacios que quedan entre los cristales sinterizados actúan como microrretención. Debido a ello se aconseja acondicionar la superficie cerámica mediante el empleo de arenadoras de polvos de alúmina de 50-110 micras a 2,5 bares de presión para lograr la microrretención que no podemos lograr con ácido^{23,25}. La microrrugosidad de la porcelana obtenida es beneficiosa para la retención mecánica. No hay unión química a los cementos en base a BIS-GMA por no contener fase vítrea, que es la base de la adhesión química mediante el silano.

Los cementos de resina con monómeros fosfato adhesivos (MDP), como el Panavia 21 o el Panavia EX^{25,27,28}, 4-META como el Metabond o cualquier otro cemento de resina con primer de adhesión a metal, proporcionan una unión química a los óxidos metálicos, puesto que están diseñados para la adhesión a metales y por tanto unen químicamente al óxido de aluminio y al óxido de zirconio (óxidos metálicos), garantizando una adhesión efectiva y duradera.

En las coronas cerámicas originales se describió fractura de las mismas por el proceso de expansión y la gran solubilidad del cementado con vidrio-ionómero cuando este fragua bajo condiciones de humedad debido a la absorción de agua. Hoy en día la fuerza de expansión de los cementos de esta familia no es suficiente para fracturar las porcelanas policristalinas. Lo que sí puede hacer es modificar la translucidez y estética de la misma. De cualquier forma, y gracias a las alternativas de agentes cementantes con que contamos en la actualidad, se debe evitar la selección de cementos de vidrio-ionómero como materiales de primera elección en el cementado de las restauraciones de cerámica sin metal. Cuando la capa de cemento es de 60 micras da igual el tipo de cemento que se emplee, pero cuando se dobla el grosor de la película siempre es mejor usar un cemento de resina (Panavia 21) que un cemento de vidrio ionómero o de oxifosfato de zinc^{10,37}.

El cementado de coronas de zirconio de sistema LAVA mediante el cemento RelyX Unicem de la misma casa, parece aportar resultados muy similares a otros cementos a base de resina, si bien no hay explicación que asegure una adhesión química verdadera y duradera y se requiere una supervisión de su comportamiento a largo plazo.

Comentario

Debido a la elevada oferta de materiales cerámicos de alta resistencia y su rápida evolución, el clínico puede encontrar dificultad a la hora de seleccionar el tipo de material cerámico más adecuado para cada caso concreto. Unas sencillas di-

rectrices pueden ayudar a enfocar la elección de tipo de porcelana más adecuado para lograr unos resultados óptimos.

Ciertos sistemas cerámicos son muy versátiles y pueden resultar adecuados para resolver la mayoría de las situaciones de la consulta diaria, pero para lograr los mejores resultados estéticos o una mayor resistencia mecánica en aquellos casos de mayor complejidad puede ser necesario recurrir a sistemas de materiales más específicos.

En el plan de tratamiento se deben contemplar principalmente dos factores importantes que condicionan el tipo de porcelana dental a seleccionar; dichos parámetros son el tipo de sustrato dentario subyacente y la resistencia mecánica que va a requerir el material (en función al tipo de oclusión y la biomecánica de la corona o del puente). Ambos parámetros están relacionados con la cantidad de relleno cristalino que presente la porcelana ya que, a mayor contenido de relleno cristalino, mayor será la resistencia y mayor la opacidad de la porcelana (menor estética).

Selección según el sustrato dentario

El color del sustrato dentario es fundamental a la hora de seleccionar la porcelana de restauración. De esta manera, si dicho sustrato es de un color claro y natural se aconsejará una porcelana con bajo contenido cristalino que posea una elevada translucidez y que, por tanto, se comporte de forma similar a la dentina y así se obtenga una estética mayor. Si, por el contrario, el sustrato es oscuro, ya sea por un color de diente inadecuado o porque se haya restaurado con un perno-muñón colado, se tratará de seleccionar una porcelana con una translucidez menor (correspondiente a las porcelanas de alto contenido en cristales de relleno), que enmascare el color oscuro del diente.

Según el grupo de Heffernan y cols. la escala de translucidez de las porcelanas dentales, de mayor a menor, es la siguiente: Porcelanas feldespáticas de recubrimiento, IPS Empress 0,5mm, In-Ceram Espinel, IPS Empress 2 0,5mm, IPS Empress 0,8mm, Procera Alúmina, IPS Empress 2 0,8mm, In-Ceram Alúmina, In-Ceram Zirconia y por último las aleaciones de metal^{38,39}. Aquellos sistemas policristalinos en base a zirconio, como son el sistema Lava o Procera Zirconio, se encontrarían situados entre la opacidad de In-Ceram Zirconia y la opacidad de las aleaciones metálicas. A partir de In-Ceram Alúmina la opacidad de la porcelana es suficiente para ocultar muñones metálicos. En este estudio hay que tener en cuenta que la translucidez va en función del grosor del material; y de ahí que el sistema Procera presente una translucidez más elevada que el sistema Empress 2, lo cual en la experiencia de los autores no se corresponde con la realidad clínica ni con el comportamiento general de las porcelanas en cuanto al contenido cristalino. Hay que recordar que mientras Empress 2 es un vidrio relleno de partículas, Procera es una porcelana policristalina y al carecer de fase vítrea debe presentar una mayor opacidad.

En los sistemas de zirconio influye mucho el tipo reprocesado en las cualidades ópticas y mecánicas. En este sentido los autores del presente artículo han encontrado una translucidez clínica mayor en de lo que cabía esperar en el sistema Lava (fig. 3).



Fig. 3 Comparación de la translucidez de un puente Lava (*abajo*) y del puente contralateral en metal-porcelana (*arriba*).

Selección según necesidades mecánicas

Las restauraciones de cerámica sin metal deben soportar adecuadamente las fuerzas de la masticación sin sufrir fracturas del material.

La resistencia mecánica a la flexión en orden creciente según diversos estudios es la siguiente: IPS Empress 130-180 MPa^{10,40-45}, In-Ceram Espinel 250-350 MPa^{15,41,43,46}, IPS Empress 2: 300-400 MPa^{15,47,48}, In-Ceram Alúmina 400-600 MPa^{15,18,40,48,49}, In-Ceram Zirconia 570-630MPa^{15,23,47,48,50,51}, Procera Alúmina: 600 MPa^{10,15,21,42-45,48}, sistema Lava y otros sistemas de zirconia (Procera Zirconia, Everest o IPS e.max ZirCAD): 900-1200 MPa¹⁵. De esta manera encontramos que la escala de resistencia es la inversa a la escala de translucidez y se puede seleccionar un tipo de porcelana de mayor resistencia para aquellas situaciones donde la restauración vaya a sufrir unas fuerzas oclusales mayores.

Sector anterior: restauración unitaria

En las restauraciones unitarias del sector anterior, el principal criterio a tener en cuenta en la elección del material cerámico es la estética. La resistencia mecánica, que tiene una gran importancia en las restauraciones de cerámica sin metal, debe ser considerada en segundo plano porque las fuerzas ejercidas en el sector anterior son menores, dada la disposición de las raíces y su lejanía de los músculos masticatorios y del eje de fulcro en la palanca de cierre mandibular. En estudios clínicos a medio y largo plazo se ha observado que las tasas de éxito de la mayoría de materiales para la confección de coronas de porcelana son iguales o superiores a las alcanzadas con coronas metal-porcelana, presentando una alternativa adecuada y predecible para dientes anteriores (también posteriores como se verá posteriormente)^{52,53}. En esos estudios se ha observado el éxito evaluando condiciones no objetivables en estudios *in vitro* como son: Integridad marginal, color, caries secundarias, desgaste de la corona y su antagonista, y fracturas visibles⁵⁴. Por ejemplo, el éxito de las coronas de In-Ceram ha sido evaluado en varios estudios, encontrándose unas tasas de éxito a los 3 años del 98% en dientes anteriores^{8,55,56}.



Figs. 4 y 5 Restauración de dientes anterosuperiores con buen sustrato y oclusión favorable mediante coronas Empress 2.

También las coronas Procera han obtenido resultados favorables a 10 años y funcionan de forma parecida a las coronas de metal-porcelana¹⁰, con unas tasas de éxito a los 5 años del 97% y a los 10 años del 93%⁵⁵. Diversos estudios avalan también al sistema Empress y se encuentran tasas de éxito del 98,9% a los 6 años de media en coronas del sector anterior, si bien esa tasa disminuye en el sector posterior (84%)^{57,58}.

Por otra parte, se ha observado que no hay diferencia significativa entre la fuerza de fractura de dientes restaurados con coronas metal-porcelana respecto a los restaurados con coronas de porcelana²¹. Los valores medios encontrados son los siguientes: coronas de metal-porcelana: 405 ± 130 N; Procera Alúmina 0,4 mm: 447 ± 123 N; Procera Alúmina 0,6 mm: 476 ± 174 N; y Procera Zirconia 0,6 mm: 381 ± 166 N. Con estos resultados, llaman la atención varios hechos: el primero es que salgan unos resultados inferiores para las coronas metal-porcelana que para las coronas Procera, así como que la fuerza de fractura de las primeras sea inferior a la realizada con un cierre fuerte en el sector posterior⁹. Esto no concuerda con la experiencia clínica de los autores que escriben el presente artículo, en cuya opinión, una corona metal-porcelana correctamente realizada resiste perfectamente las fuerzas oclusales de un cierre fuerte en la mayoría de los pacientes. Por otra parte, parece difícil de mantener que una corona *jacket* de Procera sea más resistente que una corona metal-porcelana, por lo que se recomienda tomar estos estudios con una especial prudencia y esperar a la realización de nuevas investigaciones de otros autores para ver la concordancia de resultados.

El segundo hecho llamativo de este estudio radica en que un material *a priori* más resistente, como es el zirconio, tenga una resistencia menor que otro menos resistente, como es la alúmina. Esto no concuerda con el resto de las investigaciones consultadas^{15,23,47,48,50,51}, ni con la opinión clínica de los presentes autores.

Una vez valorada la situación individual en función del sustrato y de la oclusión del paciente que va a condicionar la resistencia de la restauración, se proponen una serie de pautas para la elección del material más adecuado:

- *Sustrato favorable y oclusión favorable*: Se aconseja el empleo de aquellas porcelanas más translúcidas, como son Empress 2, IPS e.max Press o In-Ceram Espinel, que

aportan una elevada estética y cuya resistencia es suficiente, dados los menores requisitos mecánicos exigidos para estos casos (figs. 4 y 5).

- *Sustrato favorable y oclusión desfavorable*: En este caso se debe prescindir de parte de la translucidez a favor de una mayor resistencia mecánica. Los materiales cerámicos de elección serán vidrios rellenos de cristales del tipo de In-Ceram Alúmina o Zirconia o bien cerámicas policristalinas en base a alúmina (Procera Alúmina) o zirconia (IPS e.max ZirCAD, LAVA, Procera Zirconia).
- *Sustrato desfavorable y oclusión favorable*: Los materiales cerámicos de elección serán los mismos que en el caso anterior, pero no por sus propiedades mecánicas, sino porque reducen la translucidez (figs. 6 y 7).



Figs. 6 y 7 Restauración de ambas arcadas en un caso de tinción severa por tetraciclinas y con oclusión favorable. Incisivos inferiores con carillas opacificadas, el resto con coronas LAVA.

- **Sustrato desfavorable y oclusión desfavorable:** Cuando tanto el sustrato como la oclusión no son favorables, la elección siempre debe ir enfocada a la selección de materiales policristalinos (Procera Zirconia, IPS e.max ZirCAD o Lava).

Debe tenerse en cuenta respecto a la oclusión que los factores oclusales se deben estudiar *a priori* en el articulador mediante unos modelos de estudio. Por otra parte, las oclusiones especialmente negativas, tales como las borde a borde que no se puedan modificar, en opinión de estos autores, deberían ser contraindicación de las restauraciones de porcelana sin metal.

Sector posterior: restauración unitaria

En el sector posterior la belleza estética de cualquier restauración de porcelana sin metal ha de ser suficiente pues, en opinión de los autores, cualquier restauración de cerámica sin metal proporciona mejor estética que una restauración metal-porcelana. Si tenemos en cuenta que las restauraciones con metal han sido consideradas hasta ahora con una estética satisfactoria y que la incidencia de la luz en el sector posterior está mucho más atenuada que en el sector anterior, es muy improbable que cualquier restauración *jacket* correctamente realizada pueda detectarse como algo artificial por un observador externo. Por tanto, lo que debe primar a la hora de seleccionar el sistema es la resistencia mecánica a la flexión. Incluso los sistemas cerámicos de menor resistencia han demostrado eficacia a la hora de restaurar un diente^{52,57}, si bien para los casos en los que la oclusión sea más potente se debe seleccionar una porcelana basada en alúmina o zirconia que asegure una suficiente resistencia mecánica. El éxito de las coronas de In-Ceram ha sido evaluado en varios estudios y se ha encontrado unas tasas de éxito a los 3 años del 94% en dientes posteriores^{55,56}. Cabe esperar resultados igualmente favorables en materiales de mayor resistencia, como son los sistemas de zirconio (fig. 8).

Sector anterior: restauración mediante PPF

Los puentes dentales confeccionados mediante porcelanas de alta resistencia tienen su principal indicación en el sector anterior, donde la estética juega un papel fundamental. Todos los materiales cerámicos modernos de alta



Fig. 8 Restauraciones unitarias realizadas en zirconio Lava.

resistencia han demostrado unas propiedades mecánicas que los hacen aptos para su uso clínico en la confección de puentes de tres unidades en el sector anterior con garantías de éxito, siempre y cuando la oclusión sea favorable, utilizándose en los casos comprometidos las porcelanas de mayor resistencia. Sí debe tenerse en cuenta que las porcelanas feldespáticas no son aptas para la confección de puentes dentales.

In-Ceram Alúmina fue el primer material en emplearse para la realización de prótesis parciales fijas completamente cerámicas¹⁵, y hoy en día han demostrado su éxito clínico para la reposición de un solo diente en el sector anterior (también en el posterior)^{42,57}. El éxito de los puentes de tres piezas de Empress 2 en el sector anterior parece satisfactorio por la experiencia clínica de los autores, que han encontrado en la bibliografía estudios solamente del sector posterior, donde más exigente es la oclusión respecto a la resistencia, la supervivencia es del 93% a los dos años⁸. A pesar de estos resultados, la casa comercial no aconseja la confección de puentes cerámicos del sector posterior (sólo hasta el segundo premolar), si bien su empleo en el sector anterior aporta excelentes resultados clínicos⁵⁹, proporcionando una mayor belleza respecto al sistema In-Ceram, debido a su mayor translucidez. Por tanto, en una gran cantidad de situaciones, hay que tener en cuenta el uso de un material cerámico intermedio en las características ópticas y mecánicas seleccionando una porcelana de alto relleno de cristales (Empress 2, IPS e.max Press, In-Ceram).

El sistema Procera Alúmina es un sistema que presenta una técnica de laboratorio muy sensible, puesto que las cofias de los retenedores y los púnticos del puente se presentan como piezas separadas que se unen mediante aplicaciones de porcelana con pincel en las zonas de los conectores y se sinterizan nuevamente. Si tenemos en cuenta que los puentes cerámicos se fracturan por los conectores y que este tipo de fabricación tiene como puntos débiles y sensibles a la técnica la unión de los púnticos con la cofia del retenedor, los autores aconsejan seleccionar el sistema Procera Alúmina para la confección de determinadas coronas unitarias, pero no para la realización de puentes dentales, debido al riesgo de fracturas. Esto no concuerda con los excelentes resultados presentados en algún artículo⁵⁹, pero sí con la experiencia de los autores. No sucede lo mismo con los puentes de Procera Zirconia, ya que la técnica de fabricación es diferente al obtenerse la estructura completa del mismo bloque de Zirconia sin tener que unir las partes posteriormente y, por tanto, sin ese punto sensible a la técnica.

En los puentes dentales los requisitos mecánicos vienen determinados no sólo por la oclusión del paciente, sino también por la biomecánica del puente (longitud, anchura, curvatura del mismo) y del espacio protético existente para los conectores. Cuando se tenga que confeccionar un puente de cuatro piezas en el sector anterior, se englobará en la biomecánica desfavorable. De cualquier manera, y aunque el comportamiento mecánico es fundamental en el empleo de los puentes dentales, el comportamiento óptico debe ser también valorado.

El esquema que proponen los autores a la hora de planificar el tratamiento es el siguiente:



Figs. 9 y 10 Resolución de un caso de agenesia de incisivos laterales con sustrato favorable con puentes de porcelana Lava.

- **Biomecánica favorable y sustrato favorable.** Las porcelanas más translúcidas, como Empress 2, IPS e.max Press o In-Ceram Espinel, son suficientes para resolver la mayoría de estos casos favorables (figs. 9 y 10).
- **Biomecánica favorable y sustrato desfavorable:** Los materiales cerámicos de elección serán aquellos cuyas propiedades ópticas permitan enmascarar ese sustrato desfavorable, como son In-Ceram Alúmina o Zirconia o bien Procera, e.max zirconio o Lava (figs. 11 y 12).
- **Biomecánica desfavorable y espacio protético suficiente:** En este caso se debe incrementar la resistencia mecánica al máximo y sólo se deben seleccionar cerámicas policristalinas en base a zirconio (IPS e.max ZirCAD, LAVA). En este apartado se incluyen los puentes dentales de 4 piezas en el sector anterior.
- **Sustrato desfavorable y espacio protético inadecuado:** Esta situación supondría una contraindicación del empleo de puentes de cerámica sin metal.

Sector posterior: restauración unitaria mediante PPF

La confección de puentes cerámicos en el sector posterior se debe valorar bajo unos criterios mecánicos muy meticu-

losos, ya que la mejora estética que se puede lograr no va en proporción a la resistencia mecánica que aporta un puente de metal-porcelana.

De cualquier manera, la indicación de un puente cerámico en el sector posterior sería la de reponer un solo diente empleando bien In-Ceram Alúmina o Zirconia o, mejor, un sistema policristalino de zirconia (e.max zirconia, Lava) que presentan la mayor resistencia a la flexión. El sustrato base, por tanto, no es relevante, puesto que todas estas porcelanas son bastante opacas. Como ejemplo, el material de menor resistencia de los propuestos, In-Ceram Alúmina, ha demostrado una tasa de éxito del 90% a 5 años en la reposición de premolares y molares^{42,57}, si bien en otros estudios se ha encontrado que la tasa de fracaso aumenta en el sector posterior⁶⁰. Cabe esperar un mejor comportamiento de aquellos materiales de mayor resistencia *in vitro* a pesar de no haber estudios clínicos que avalen su resultado clínico a largo plazo^{61,62} (fig. 13).

La confección de puentes de cerámica sin metal de cuatro piezas para reponer dos dientes ausentes no está justificada, debido a las elevadas exigencias mecánicas a las que será sometido, y no hay documentación científica que avale este tipo de procedimientos (figs. 14 y 15).



Figs. 11 y 12 Caso en el que uno de los dientes presenta un muñón colado que debe enmascararse (sustrato desfavorable). Puente de zirconio Lava.



Fig. 13 Puente posterior de tres piezas para reponer un primer premolar en zirconio Lava.

Ajuste marginal

El tema del ajuste marginal es uno de los más importantes a la hora de lograr una adecuada longevidad en el medio oral, puesto que, junto con el tipo de cemento, es el factor que va a determinar la filtración marginal y por ello la aparición de caries secundaria. Una de las principales cualidades que presentan las casas comerciales de porcelanas dentales, el buen ajuste marginal que presenta su producto. Existe la creencia, que los sistemas CAD/CAM logran un ajuste mejor que los sistemas de procesamiento por técnicos de laboratorio, hecho que debe ser revisado.

Actualmente se acepta como clínicamente válido un ajuste marginal menor de 120 micras, evaluable al pasar una sonda nueva sin detectarse desajuste clínico.

Los sistemas tradicionales de metal porcelana han demostrado que los ajustes logrados son muy buenos (entre 87 ± 34 micras)². Las porcelanas de confección en laboratorio por técnicas manuales obtienen diferentes grados de ajuste en función del tipo de manejo. Así una porcelana como Empress 2, que es inyectada bajo presión siguiendo un procesamiento de cera perdida, logra los mejores ajustes de todas las porcelanas, situándose en un margen de 46 ± 16 micras^{2,63}. La porcelana tipo In-Ceram que se maneja con

técnica de slip-cast puede estar sobre las 112 ± 55 micras², aunque otros estudios muestran resultados mucho mejores^{47,63}, siempre dentro de los límites aceptados. Las nuevas tecnologías de cerámica dental incorporan un procesamiento por medio de ordenador que se presenta como carente de errores y, por tanto, como la técnica que logra menor desadaptación marginal. De esta manera los estudios dan un ajuste a la misma porcelana In-Ceram procesada por CAD/CAM de 83 ± 33 micras², a Procera Alúmina de 63 ± 13 micras^{42,45,64,65} y a sistemas CAD/CAM de zirconia de 60-75 micras⁶.

Los procesados por sistemas CAD/CAM tienen, como cualquier otra técnica, limitaciones, empezando porque requieren una nueva impresión de las preparaciones (escaneado) y finalizando porque las fresas de las unidades de tallado tienen una forma y tamaño que no pueden dar una morfología perfecta a las pequeñas irregularidades que puede presentar una línea de terminación. Por otro lado, hay que diferenciar dos subgrupos dentro de los sistemas CAD/CAM. Uno está formado por aquellas máquinas que fresan un material parcialmente sinterizado, el cual, tras la sinterización final, contrae un 15-20% (p. ej., Procera Alúmina o Lava). En el otro grupo se fresa un material totalmente sinterizado o para ser infiltrado con vidrio que no contrae tras el fresado (p. ej., Procera Zirconio o In-Ceram CAD/CAM). No parece lógico que ambos tipos de procesamiento, por mucho que se estime informáticamente la contracción de sinterización, logren unos ajustes iguales, hecho que no sólo no es así sino que los estudios revisados presentan datos en los que los ajustes son mejores en los sistemas con contracción volumétrica que en los que no hay dicha contracción^{2,42,45,63-65}. En opinión de estos autores y bajo la experiencia clínica, los sistemas CAD/CAM logran un ajuste peor que las técnicas convencionales de confección de coronas *jacket*. Además del desajuste marginal también se observa una menor adaptación a las paredes axiales lo cual acarrea una menor retención de las restauraciones.

Lo que sí que parece claro es que el mejor ajuste se logra con la técnica de inyección bajo presión, obteniéndose resultados mejores aún que con la técnica de metal-porcelana, lo cual puede ser debido a las pequeñas desadaptaciones



Fig. 14 Estructuras de Lava para confección de puentes.



Fig. 15 Detalle en boca.

ciones que provocan en el metal las cocciones de la porcelana de recubrimiento. Por este motivo, el que la casa comercial saque al mercado la misma porcelana para sistemas CAD/CAM lo único que logra es empeorar la adaptación marginal de su producto.

Conclusiones

1. Las restauraciones unitarias con coronas *jacketen* el sector anterior son una solución protética que proporciona una gran belleza y una suficiente resistencia.
2. La elección del tipo de cerámica en restauraciones unitarias del sector anterior se basa en el tipo de sustrato y el tipo de oclusión.
3. Las restauraciones unitarias *jacketen* el sector posterior proporcionan una suficiente resistencia y fiabilidad si se emplean porcelanas de alta resistencia.
4. Los puentes parciales fijos de cerámica sin metal muestran fiabilidad documentada solamente para el sector anterior.
5. La planificación del tratamiento en puentes sin metal del sector anterior se basa en el color de sustrato, la oclusión y el espacio protético.
6. A mayor espacio protésico disponible, mayores posibilidades de emplear una porcelana translúcida a pesar de tener un sustrato inadecuado.
7. Son necesarios estudios prospectivos a largo plazo para avalar científicamente el uso clínico de los materiales más novedosos, sobre todo en restauraciones amplias.
8. Los sistemas de procesamiento CAD/CAM no aportan los mejores ajustes marginales, pero su adaptación entra dentro de los límites clínicamente aceptables.

Bibliografía

1. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent* 2000 Apr;83(4):412-7.
2. Yeo IS, Yang JH, Lee JB. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2003 Nov;90(5):459-64.
3. Quintas AF, Oliveira F, Bottino MA. Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. *J Prosthet Dent* 2004 Sep;92(3):250-7.
4. Campbell SD, Sozio RB. Evaluation of the fit and strength of an all-ceramic fixed partial denture. *J Prosthet Dent* 1988 Mar;59(3):301-6.
5. Goldin EB, Boyd NW 3rd, Goldstein GR, Hittelman EL, Thompson VP. Marginal fit of leucite-glass pressable ceramic restorations and ceramic-pressed-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 2005 Feb;93(2):143-7.
6. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001 Jul-Aug;26(4):367-74.
7. McLean JW. The failed restoration: causes of failure and how to prevent them. *Int Dent J* 1990 Dec;40(6):354-8.
8. Esquivel-Upshaw JF, Anusavice KJ, Young H, Jones J, Gibbs C. Clinical performance of a lithia disilicate-based core ceramic for three-unit posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004 Jul-Aug;17(4):469-75.
9. Lang BR, Maló P, Guedes CM, Wang RF, Kang B, Lang LA, Razzoog ME. Procera AllCeram Bridge. *Applied Osseointegration Research* 2004;4:13-21.
10. Haag P, Andersson M, VonSteyern PV, Odén A. 15 years of clinical experience with Procera Alumina. A review. *Applied Osseointegration Research* 2004;4:7-12.
11. Walton TR. An up to 15-Year Longitudinal Study of 515 Metal-Ceramic FPDs: Part 1. Outcome. *Int J Prosthodont* 2002;15:439-445.
12. Walton TR. An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: Part 2. Modes of failure and influence of various clinical characteristics. *Int J Prosthodont* 2003 Mar-Apr;16(2):177-82.
13. Lindquist E, Karlsson S. Success rate and failures for fixed partial dentures after 20 years of service: Part I. *Int J Prosthodont* 1998 Mar-Apr;11(2):133-8.
14. Holm C, Tidehag P, Tillberg A, Molin M. Longevity and Quality of FPDs: A Retrospective Study of Restorations 30, 20, and 10 Years After Insertion. *Int J Prosthodont* 2003;16:283-289.
15. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004;92:557-62.
16. Raigrodski AJ, Chiche GJ. The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001 Nov;86(5):520-5.
17. Raigrodski AJ. Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dent Clin North Am* 2004 Apr;48(2):viii, 531-44. Review.
18. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am* 2004 Apr;48(2):viii, 513-30. Review.
19. Fischer H, Weber M, Marx R. Lifetime prediction of all-ceramic bridges by computational methods. *J Dent Res* 2003 Mar;82(3):238-42.
20. Fons-Font A, Solá-Ruiz MF, Martínez-González A, Casas-Terrón J. Clasificación actual de las cerámicas dentales. *RCOE* 2001; 6(6):645-656.
21. Potiket N, Chiche G, Finger IM. In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2004 Nov;92(5):491-5.
22. Filser F, Kocher P, Weibel F, Luthy H, Schärer P, Gauckler LJ. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 2001 Apr;4(2):89-106.
23. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003 Mar;89(3):268-74. Review.
24. Pagniano RP, Seghi RR, Rosenstiel SF, Wang R, Katsube N. The effect of a layer of resin luting agent on the biaxial flexure strength of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2005 May;93(5):459-66.
25. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Cementado adhesivo de restauraciones cerámicas sin metal altamente resistentes. *Quintessence* 2004;1:33-41.
26. Magne P, Belser U. Restauraciones de porcelana adherida en dientes anteriores, método biomimético. Barcelona: Quintessence; 2004.
27. Valandro LF, Della Bona A, Antonio Bottino M, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent* 2005 Mar;93(3):253-9.
28. Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005 Jun;93(6):551-558.
29. Gemalmaz D, Ergin S. Clinical evaluation of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2002 Feb;87(2):189-96.
30. Padrós F, Padrós JL, Maanero JM. Los fastidiosos enigmas de la adhesión dentinaria (nuevas reflexiones) Ideas y trabajos odontoestomatológicos 2000;1(1):8-37.33

31. Gu XH, Kern M. Marginal Discrepancies and Leakage of All-Ceramic Crowns: Influence of Luting Agents and Aging Conditions *Int J Prosthodont* 2003;16:109-116.
32. Albert FE, El-Mowafy OM. Marginal adaptation and microleakage of Procera AllCeram crowns with four cements. *Int J Prosthodont* 2004 Sep-Oct;17(5):529-35.
33. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003 May;89(5):479-88.
34. Valandro LF, Della Bona A, Antonio Bottino M, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent* 2005 Mar;93(3): 253-9.
35. Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *Int J Prosthodont* 2005 Jan-Feb;18(1):60-5.
36. Sadan A, Blatz M, Lang B. Clinical considerations for densely sintered alumina and zirconia restorations: Part 2. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:343-349.
37. Albert FE, El-Mowafy OM. Marginal adaptation and microleakage of Procera AllCeram crowns with four cements. *Int J Prosthodont* 2004 Sep-Oct;17(5):529-35.
38. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *MAJ Prosthet Dent* 2002 Jul;88(1):4-9.
39. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002 Jul;88(1):10-5.
40. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001;85.
41. Touati B, Miara P, Nathanson D, Giordano R. *Odontología Estética y restauraciones cerámicas*. Barcelona: Masson; 2000.
42. Fons A, Solá MF, Granell M, Oteiza B. Cofías internas para jackets diseñadas y maquinadas por ordenador: sistema All-Ceram. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 1999;1(1):74- 80.
43. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent* 1996 Aug;76(2):140-4.
44. Schirra C, Hegenbarth EA. Cofías de cerámica de óxido de aluminio elaboradas individualmente mediante tecnología CAD/CAM para restauraciones íntegramente cerámicas sobre dientes e implantes. *Quintessence Int*. 1998;49:33-42.
45. Andersson M, Razzoog ME, Oden A, Hegenbarth EA, Lang BR. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. *Quintessence Int*. 1998 May;29(5):285-96.
46. Pröbster L. El desarrollo de las restauraciones completamente cerámicas. Un compendio histórico (II). *Quintessence Int*. 1997;48: 1069-1085.
47. Álvarez-Fernández MA, Peña-López JM, González-González IR, Olay-García MS. Características generales y propiedades de las cerámicas sin metal. *RCOE* 2003;8(5):525-546.
48. Suárez ML, Pradíes GJ, Serrano B, Lozano JF. In-Ceram Zirconia: Alternativa estética en puentes posteriores. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 2000;2(5):407-412.
49. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater* 2004 Jun;20(5):441-8.
50. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. *Int J Prosthodont* 2002 Jul-Aug;15(4):339-46.
51. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater* 2004 Jun;20(5):449-56.
52. Segal BS. Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. *J Prosthet Dent* 2001 Jun;85(6):544-50.
53. Pallis K, Griggs JA, Woody RD, Guillen GE, Miller AW. Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J Prosthet Dent* 2004 Jun; 91(6):561-9.
54. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2000 Apr;83(4):396-401.
55. Odman P, Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001 Nov-Dec;14(6):504-9.10
56. McLaren EA, White SN. Survival of In-Ceram crowns in a private practice: a prospective clinical trial. *J Prosthet Dent* 2000 Feb;83(2):216-22.
57. Von Steyern PV, Ola Jönsson O, Nilner K. Five-Year Evaluation of Posterior All-Ceramic Three-Unit (In-Ceram) FPDs. *Int J Prosthodont* 2001;14:379-384.
58. Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int* 2002 Jul-Aug;33(7):503-10. Related Articles, Links
59. Solá MF, Labaig C, Suárez MJ. Cerámica para puentes de tres unidades sin estructura metálica: Sistema IPS Empress 2. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 1999;1(1):41-47
60. Sorensen JA, Kang SK, Torres TJ, Knode H. In-Ceram fixed partial dentures: three-year clinical trial results. *J Calif Dent Assoc* 1998 Mar;26(3):207-14.
61. Tinschert J, Zvez D, Marx R, Anusavice KJ. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent* 2000 Sep;28(7):529-35.
62. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina and zirconia-based three unit fixed partial dentures: a laboratory study. *J Prosthet Dent* 2003 Nov;90(5):459-64.
63. Albert FE, El-Mowafy OM. Marginal adaptation and microleakage of Procera AllCeram crowns with four cements. *Int J Prosthodont*. 2004 Sep-Oct;17(5):529-35.
64. May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent* 1998 Oct;80(4): 394-404.
65. Suárez MJ, González de Villambrosia, Pradíes G, López Lozano JF. Ajuste marginal de las coronas de Procera AllCeram. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 2003;5:240-244.