

1
W429R
2011



Universidad de Valparaíso
Facultad de Odontología
Escuela de Graduados

Reparación de restauraciones cerámicas con resinas compuestas:

Revisión sistemática.

**Trabajo para optar al título de Especialista en
Odontología Rehabilitadora Estética.**

Residente: Fernando Weiss V.

Profesor guía: Jaime Sarmiento C.

Valparaíso 2011.

| |
|---------------------|
| Tabla de contenidos |
|---------------------|

| | |
|---|----|
| 1. Introducción y metodología de búsqueda..... | 3 |
| Sistematización de artículos..... | 4 |
| Artículos principales..... | 4 |
| Niveles de evidencia..... | 5 |
| 2. Generalidades..... | 6 |
| Clasificación de fracturas cerámicas..... | 8 |
| Análisis de causas de fracturas cerámicas en rehabilitación oral..... | 8 |
| Aspectos pronósticos:..... | 9 |
| 3. Cerámicas y resinas, química básica..... | 10 |
| Generalidades..... | 10 |
| Cerámicas feldespáticas, basadas en dióxido de silicio..... | 11 |
| Cerámicas reforzadas con óxido de aluminio (alúmina), de alta resistencia..... | 12 |
| Cerámicas de óxido de zirconio..... | 13 |
| Cementos de resinas compuestas..... | 13 |
| Resinas..... | 14 |
| 4. Métodos Físico químicos: grabado ácido en cerámica..... | 14 |
| Acido Fluorhídrico (AF)..... | 15 |
| Acido fosfórico y fluorfosfato acidulado (APF)..... | 16 |
| 5. Métodos químicos: silanización..... | 16 |
| Compuestos comerciales de silanos..... | 18 |
| Efecto del silano:..... | 19 |
| 6. Métodos Físicos..... | 19 |
| Sistemas de cobertura de dióxido de silicio (sílica) térmicos y piroquímicos..... | 19 |
| Microarenado (grit blasting)..... | 20 |
| Sistemas triboquímicos de impregnación de sílica..... | 21 |
| "Microcracks Healing"..... | 24 |
| Otros métodos:..... | 24 |
| 7. Aspectos Estéticos..... | 24 |
| 8. Testeos y pruebas experimentales..... | 27 |
| 9. Casos clínicos:..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Técnicas Directas:..... | 39 |
| Técnicas Indirectas:..... | 46 |
| 10. Recomendaciones y conclusiones..... | 49 |
| Anexos..... | 51 |
| Tabla comparativa de métodos clínicos y experimentales en las principales referencias revisadas..... | 51 |
| 2. Mapa conceptual de procedimientos de reparación cerámica. | 56 |
| Referencias bibliográficas..... | 57 |

1. Introducción y metodología de búsqueda.

El tema seleccionado constituye un desafío permanente para quienes trabajan en el área de rehabilitación oral y enfrentan casi diariamente situaciones de compromiso estético, ante eventuales fracasos y accidentes en rehabilitaciones cerámicas. La fractura de estructuras cerámicas es un problema de compleja solución, para el cual no existen en la actualidad protocolos simples ni universalmente aceptados, por el contrario, más bien un amplio abanico de posibilidades desde procedimientos directos en base a resina, hasta técnicas indirectas combinando metal y cerámica. En virtud de lo expuesto, el espíritu de esta revisión es exponer la multiplicidad de procedimientos asociadas a métodos de reparación cerámica, con una base científica y técnica, centrándose en el principal método que es la utilización de resinas compuestas.

Con el fin de recopilar la información pertinente, actualizada y seria, se realizó una búsqueda sistemática de artículos en PUBMED, mediante la entrada "dental ceramic + repair", encontrándose **487** coincidencias a partir de 1969 y hasta 2011. Un total de 104 artículos fueron seleccionados como relevantes a esta investigación. De los 487 artículos, la selección final contempló 99 que correspondían a años posteriores a 1985, y sólo 5 previos a esa fecha, seleccionados por su valor histórico. Esta fecha fue tomada como referencia por marcar los últimos 25 años relevantes de avances técnicos, y considerada criterio de exclusión.

De los **104** artículos **34** fueron accesibles en formato electrónico PDF, **36** por medios electrónicos sólo en abstract HTML y **34** accesibles en la biblioteca de nuestra Facultad (revistas en papel). Finalmente 383 de los 487 artículos no fueron accesibles en los medios nacionales ni con abstract, debido a ser revistas locales, de poca circulación internacional o bien artículos muy antiguos. Dentro de los artículos ubicados desde luego figuran las revistas de mayor relevancia al tema: Journal of Prosthetic Dentistry, Journal of Oral Rehabilitation, Operative Dentistry, Dental Materials, Quintessence y otras.

En suma, 104 artículos fueron accedidos y sobre ellos se resumió la actividad de esta revisión, de acuerdo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión, detallados a continuación:

| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|--|---|
| Reportes de casos de reparación cerámica, en seres humanos. | Previos a 1985 (excepto 5 artículos) |
| Estudios in vitro en adhesión de cerámica y resina. | Métodos de adhesión excluyendo cerámica |
| Revisiones sistemáticas o interinas sobre reparación cerámica. | Publicaciones en idiomas diferentes de inglés |
| Estudios comparativos. | Publicaciones no accesibles en web. |
| Pautas clínicas o artículos de recomendación | Cartas a editorial |

Sistematización de artículos.

Los artículos atinentes al tema pueden clasificarse a su vez de acuerdo a los siguientes criterios, que definirán los capítulos del trabajo de tesis:

1. Reportes de casos clínicos (Directos e Indirectos), en total 23 artículos.
2. Análisis comparativos de métodos de tratamientos superficiales: métodos químicos (26 artículos) y métodos biomecánicos (25 artículos) según outcome (resistencia a la fuerza de cizallamiento, sobrevivida de reparaciones, otros parámetros físicos), en total 51 artículos.
3. Evaluaciones estéticas de las técnicas reparadoras, sólo 4 artículos.
4. Artículos respecto a generalidades, revisiones sistemáticas, interinas y artículos de recomendación clínica, 26 artículos.

El acceso de los artículos es limitado en algunos casos sólo a revisión de abstracts on line (HTML) requiriendo suscripción no disponible en la biblioteca on line de nuestra Universidad. Los criterios se agrupan en la siguiente tabla, según tipo de artículo y tipo de acceso en internet.

| Artículos | Reportes | Generalidades | MQ | MBM | Estética | TOTALES |
|----------------|-----------|---------------|-----------|-----------|----------|------------|
| PDF | 9 | 8 | 6 | 8 | 3 | 34 |
| HTML | 6 | 9 | 13 | 7 | 1 | 36 |
| Full acceso | 8 | 9 | 7 | 10 | 0 | 34 |
| TOTALES | 23 | 26 | 26 | 25 | 4 | 104 |

MQ: métodos químicos; MBM: métodos biomecánicos

En el siguiente gráfico se puede observar una relación comparativa de la distribución de los artículos:



Artículos principales

De todos los artículos revisados, Motlú Ozcan presenta varios análisis bastante serios de los métodos y alternativas de reparación intraoral de cerámicas sobre metal, ofreciendo una síntesis

adecuada de la información disponible (Ozcan 2006 a y b) y es uno de los autores con mayor cantidad de publicaciones sobre el tema. Gomez do Santos et al (2006) ofrece tal vez el artículo más complejo (y completo en referencias) respecto a la resistencia al cizallamiento de los procedimientos adhesivos a cerámica, tal vez el principal outcome de investigación. Blatz y Sadan en 2003 ofrecen la única revisión sistemática formal sobre el tema, específicamente sobre adhesión de resinas y cerámicas, con un abordaje introductorio sobre la química de las porcelanas, pasando por sistemas de tratamiento superficial, hasta una pauta guía de procedimientos. Una revisión aún más específica (“insight review”) es la que realizan Matinlinna y Vallittu en 2007, sobre las características de la adhesión y el tratamiento superficial en los procedimientos de adhesión a cerámicas.

Sobre la base de estas 4 referencias temáticas centrales, todas de 2003 en adelante, se configuró la actual revisión, a su vez redireccionando las referencias de éstos artículos en forma retrospectiva y realizando nuevas búsquedas temáticas prospectivas, es decir posteriores a su publicación donde éstas fueran citadas.

Cabe mencionar que a pesar de los filtros de la búsqueda, algunas referencias entregadas por los motores de búsqueda de Pubmed no corresponden a los criterios de ‘reparación+ cerámica’, como el trabajo de Nismatsu et al (2002), que no aporta directamente al tema porque versa sobre adhesión de resinas a resinas y no a cerámicas, sin embargo igualmente aparece en los resultados de la búsqueda. Del mismo modo algunos trabajos como los ya mencionados de Blatz y Sadan, y Matinlinna y Vallittu no aparecen como resultado inmediato sino como referencia directa de los artículos inmediatos.

Niveles de evidencia

En general, el tema no es abordado con la óptica de la odontología o medicina basado en la evidencia, pues no existen reportes de ensayos clínicos randomizados que constituyen el más alto nivel de evidencia terapéutica clínica (Grado A, alto valor de evidencia). Los reportes de casos clínicos tampoco corresponden a estudios de cohortes o series de casos retrospectivos (casos y controles), por lo que debe descartarse el nivel de evidencia B, de valor moderado. Destaca la falta de un criterio general, pauta clínica o protocolo de reparación cerámica en el contexto clínico.

En consecuencia, al no cumplir con los criterios A y B, todas las investigaciones realizadas sobre el tema pueden clasificarse como de nivel C, es decir bajo valor de evidencia clínica, lo que las hace difícil de meta analizar. Por lo demás, la principal herramienta de meta análisis, los Forest Chart, son difícilmente aplicables a esta revisión pues los diseños experimentales no utilizan indicadores de riesgo como OR y RR, y aunque sus variables primarias son cuantitativas, todos ellos difieren en el modo de configurar la experimentación y sus múltiples variables.

2. Generalidades.

El uso de cerámicas es actualmente imprescindible en toda técnica rehabilitadora oral de alta estética, ya sea sobre implantes o sobre estructuras dentarias, como prótesis fija (PF) unitaria, plurales, laminados o carillas e incluso restauraciones posteriores como inlays, onlays y overlays. De todas ellas las PF combinadas de metal cerámica son una técnica de vasto uso en odontología, por su simpleza, versatilidad y costo relativamente accesible. Esta técnica de rehabilitación data de cerca de 40 años, y aunque en su caso, la adhesión de la cerámica al metal es excepcionalmente fuerte, pueden fracturarse o destruirse debido a traumas intraorales. Los modernos sistemas de rehabilitación cerámicas libre de metal, en todas sus variedades tampoco están exentos de pérdidas de integridad, fracturas u otras formas de fallas estructurales. Tal situación es la que justifica o hace considerar la posibilidad de reparación intraoral, directa o indirecta en lugar del recambio completo de la rehabilitación, procedimiento que puede ser costoso, difícil e incluso peligroso para las preparaciones dentarias (Pameijer y Fischer 1996) si las hubiera.

La decisión de reparar intraoralmente la rehabilitación recae entre otras consideraciones en el tipo de diseño de la subestructura que condicionó la falla, siendo el rango de posibilidades de reparación, desde una nueva cobertura cerámica tipo carilla o veneer o la reparación con resinas compuestas (Bertolotti, 1990). El método de reparación con resinas se ha reportado desde los 70' con el trabajo de Newburg y Pameijer (1978), técnica que en un principio sufrió dificultades dada la inestabilidad de los agentes adhesivos y de enlace (silano). En su revisión de 1990, Rosen reportó importantes avances con el método de reparación en base a resinas, particularmente junto al desarrollo en Japón de nuevos agentes adhesivos basados en la combinación de 4-META (Metacryloxyetil trimelitic anhídrido) y BB-0 (Oxido de Tributyl borano) inicialmente llamado Superbond y luego seguido por Panavia.

La reparación de coronas metal cerámica con resinas en general, tal vez el caso más frecuente en las reparaciones cerámicas intraorales, es una técnica que permite restablecer la función y la estética de estas rehabilitaciones usando una amplia gama de estos biomateriales o sistemas de reparación disponibles (Ozcan M 2003; Appledorn et al 1993). En general, el éxito en el tiempo de las reparaciones de cerámica, depende del tipo de tratamiento superficial aplicado, existiendo una gran variedad de técnicas de acuerdo al sustrato, extensión y modalidad de las fracturas o fallas. Zeynep et al 2007, siguiendo la recomendación clásica de Bertolotti (1989) para reparaciones en metal cerámica (fractura sólo cerámica, mixta y con exposición masiva de metal) ya comenta la diversidad de métodos para reparar porcelanas fracturadas con resinas (Beck, 1990; Pratt et al, 1989).

Existen diversos tratamientos de superficie para mejorar la unión de resinas a cerámicas y/o metal, a saber:

- ☑ Asperización mecánica de superficie con instrumentos rotatorios de diamante (Kumbuloglu et al 2003; Suliman et al 1993), que según reportes antiguos mejoraría las resistencias a la fractura de las reparaciones (Jochen y Caputo 1977; Ferrando et al 1983).
- ☑ Grabado con ácido fluorhídrico (Pameijer et al 1996; Llobell et al 1992; Kupiec et al 1996; Suliman et al 1993; Sorensen et al 1991, Stangell et al 1987; Tylka y Stewart 1994; Della Bona y van Noort 1995)
- ☑ Grabado con ácido fosfórico (Leibrock et al 1999; Llobell et al 1992)
- ☑ Grabado con fluorofosfato acidulado (Lacy et al 1988; Tylka et al 1994).
- ☑ El uso de agentes químicos como silanos y primers (Pameijer et al 1996; Kupiec et al 1996; Aida et al 1995; Berry et al 1999; Cobb et al 2000; Hayakawa 1992; Knight et al 2003; Newburg y Pameijer 1978; Taira et al 1988.)
- ☑ El microarenado con partículas de óxido de aluminio también se recomienda desde los años 80' (Bertolotti et al 1989) y los procedimientos que promueven tanto la retención como la adhesión química, como la impactación convencional con partículas de sílica mediante micro abrasión (Haselton et al 2001; Ozcan M, 2002 y 2003; Chang et al 2002; Schmage et al 2003; Sun et al 2000) o mediante equipamiento específico (Kern y Thompson 1993; Luthy et al 1990; Chang et al 2002; Ozcan et al 1998, Kupiec et al 1996; Lacy et al 1988; Wolf et al 1992) por medios triboquímicos.
- ☑ Galvanoplastia con estaño en caso de requerir adhesión a metales preciosos (Luthy et al 1990).

Desde 1988, varios investigadores que citaremos en el transcurso de esta revisión han reportado relativamente altas fuerzas adhesivas con estos tipos de materiales y métodos, apuntando sin embargo la alta sensibilidad de la técnica, el manejo de los tiempos, las temperaturas de almacenamiento de los biomateriales y la preparación de las superficies implicadas.

Considerando la gran cantidad de variables a estudiar, sus numerosas combinaciones y la falta de estandarización de las metodologías utilizadas en las investigaciones, los estudios suelen coincidir en el parámetro físico de *resistencia al cizallamiento* como un valor determinante en el éxito de la reparación con resina. Los valores de fuerza adhesiva y resistencia al cizallamiento suelen reportar amplias variaciones entre 3.0 y 37.4 MPa, dificultando determinar la mejor opción de protocolo de reparación (Oh y Shen 2003; Chung y Hwang 1997; Frankenberger et al 2000; Kelsey et al 2000; Appeldoorn et al 1993; Diaz Arnold et al 1993; Pameijer et al 1996; Shaverdi et al 1998; Wolf et al 1993; Sorensen et al 1991; Chen et al 1998; Bello et al 1985)

Rosen (1990) y Suliman (1993) encontraron que las fallas adhesivas (cohesivas) ocurrían preferentemente en la cerámica, siendo según ellos el paso más significativo el grabado ácido en superficie con ácido fluorhídrico. Esto ya había sido indirectamente demostrado con estudios de microinfiltración y tiempos de fatiga por Sorensen (1991) y Llobell et al (1992) quienes además sugerían mejorar la adhesión utilizando técnicas de tratamiento micromecánico superficial.

Clasificación de fracturas cerámicas.

Las fracturas en estructuras metal cerámica pueden clasificarse según su extensión y complejidad, siguiendo la recomendación clásica de Bertolotti (1989) y otros autores (Haselton et al 2001; Latta y Berkmeier 2000 citados por Gomes do Santos et al 2006) en:

- ☑ Simples: fracturas sólo en cerámica, cuyo pronóstico de reparación es el mejor, pudiendo ser reparaciones sobre la base de resina compuesta o bien la cementación o adhesión de fragmentos cerámicos recuperados.
- ☑ Mixtas: fracturas en cerámica con exposición de metal, que plantean dificultades en los protocolos adhesivos debida a las diferentes naturalezas de los sustratos a adherir.
- ☑ Complejas: fracturas con amplia exposición de metal, cuyo pronóstico es el más complejo, siendo a veces necesario el uso de técnicas indirectas, como se verá en los casos clínicos, o simplemente la necesidad de retratamiento.

Análisis de causas de fracturas cerámicas en rehabilitación oral.

Según Fahmy y Mohsen (2010) y Latta (2002), las fallas en la estructura de prótesis fija metal cerámica constituyen la segunda causa de reemplazo de restauraciones después de la caries dental, reportándose además una proporción de fallas de coronas de hasta 10% de los casos luego de 10 años de uso, de acuerdo con Ozcan (2003 a).

Al analizar las causas de fracturas o desprendimiento en la cerámica, el mismo Ozcan (2003 a), Araújo Raposo (2009) y Gómez do Santos et al (2006) enumeran una serie de posibles causas de fracturas o desprendimientos cerámicos en rehabilitaciones metal-porcelana, éstas podrían sistematizarse de acuerdo a la exhaustiva recopilación de Gomes do Santos et al (2006) en:

Causas dependientes del paciente: entrarían en esta categoría principalmente factores mecánicos y (para) funcionales que signifiquen la transmisión de cargas o puntos de presión más allá del límite de la resistencia de la cerámica, igualmente eventos traumáticos que superen la resistencia de los biomateriales como dietas atípicas o desórdenes conductuales por ejemplo pacientes que relatan comer huesos, abrir botellas, sufrir ataques de epilepsia –con la consecuente convulsión- o utilizar dientes como herramientas mecánicas. (Chung y Hwang 1997, Ozcan 2003 a, Latta y Berkmeier 2000, Appeldoorn et al 1993; Díaz Arnold et al 1993; Gregory y Moss 1990; Pameijer et al 199; Shahverdi et al 1998).

Causas dependientes del odontólogo: fundamentalmente relacionadas con la técnica de preparaciones dentarias, esto es la reducción axial, proximal e incisal/oclusal que determine espesores de cerámica y/o de infraestructuras insuficientes (Ahmed, 2002; Chung y Hwang 1997, Ozcan et al 2002, Díaz Arnold et al 1993; Ozcan 2003 a, citados por Gomes do Santos et al 2006). También la ubicación y diseño de puntos

de contacto y guías de desoclusión, esto es un adecuado diseño oclusal (Chung y Hwang 1997, Ozcan 2003 b, Latta y Berkmeier 2000, Díaz Arnold et al 1993, Gregory y Moss 1990, Shahverdi et al 1998; , Leibrock et al 1999; citados por Gomes do Santos et al 2006). A pesar de la consideración y corrección clínica de los factores mencionados cabe destacar la evaluación funcional del paciente, en la elección del tipo de cerámica a utilizar.

Causas dependientes del laboratorio y material: como deficiencias en la temperatura, ciclos y tiempos de cocción de la cerámica (factores difícilmente controlables por el odontólogo) así como la honesta selección del material especificado por el profesional; fatiga flexural de la subestructura metálica (Ozcan 2003 a, Ozcan et al 2002, Latta y Berkmeier 2000 , Shahverdi et al 1998; Llobell et al 1992, citados por Gomes do Santos et al 2006); incompatibilidad del coeficiente de expansión térmico entre la cerámica y el metal (Gregory et al 1988, Ozcan 2003 b, citados por Gomes do Santos et al 2006); fallas en la unión adhesiva (Ozcan 2003, Latta y Berkmeier 2000, Leibrock et al 1999; citados por Gomes do Santos et al 2006); porosidades en la cerámica (Ozcan 2003, Ozcan et al 2002, Llobell et al 1992, citados por Gomes do Santos et al 2006) ; inadecuado diseño de laboratorio (Chung y Hwang 1997, Ozcan 2003, Ozcan et al 2002, Díaz Arnold et al 1993, Shahverdi et al 1998; Leibrock et al 1999; citados por Gomes do Santos et al 2006).

Aspectos pronósticos:

Como anticipábamos en la introducción, las fracturas cerámicas generan tanto un serio problema estético en el sector anterior como funcional en el posterior y en menor grado viceversa (alteración en las guías excursivas y problemas estéticos a nivel de premolares) y dado que la reparación es costosa, sobretodo la repetición del tratamiento, y en cierto modo traumática o peligrosa para las inserciones, es evidente la necesidad de alternativas de reparación clínicas. De acuerdo a la mayoría de los reportes, el éxito a corto y mediano plazo de la reparación cerámica depende principalmente de la adhesión micromecánica entre la resina y el sustrato cerámico, razón por la cual los antiguos intentos de reparación en base a maniobras macromecánicas no dieron resultados.

Ozcan y Niedermeier (2002) realizaron una amplia evaluación clínica en 153 pacientes con un total de 289 fracturas cerámicas de las cuales 255 fueron prótesis fijas plurales y el resto unitarias, realizando reparaciones y seguimientos por períodos entre 2 a 40 meses. De su total, los autores califican al 66% como fracturas por actos de masticación convencional, 10% por accidentes, 6% por intubaciones quirúrgicas (Una contingencia reiterada aunque inesperada, sobretodo en servicios públicos es el daño a estructuras dentarias ocasionado por intubaciones durante anestesia quirúrgica) y el 18% remanente por acciones iatrogénicas. La incidencia de fallas en las reparaciones fue de un 8%, por diversas razones como dificultad de aislamiento o incidentes traumáticos. Según este reporte, *la sobrevida acumulativa luego de 3 años fue de 89%.*

3. Cerámicas y resinas, química básica.

Las técnicas adhesivas en las modernas cerámicas puras ofrecen un amplio rango de opciones de tratamientos altamente estéticos, y a su vez una amplia gama de tipos de cerámicas. En su revisión sistemática de 1963 a 2001, Blatz et al (2003) clasifican las cerámicas desde el *punto de vista de su reparabilidad* en cerámicas basadas en dióxido de silicio, basadas en óxido de aluminio y basadas en óxido de zirconio. Por ello señala que la adhesión a las cerámicas tradicionales basadas en dióxido de silicio resulta predecible y con buenos resultados a largo plazo, habiéndose ya generado algunas pautas clínicas. Sin embargo, la composición y física de las cerámicas de alta resistencia como las basadas en óxido de aluminio (Al_2O_3) y en óxido de zirconio (ZrO_2), difieren sustancialmente de las basadas en dióxido de silicio y requieren un tratamiento adhesivo alternativo para lograr fuerza y durabilidad en su adhesión a resinas (Blatz et al 2003).

Las por

Generalidades

Aunque no es el objetivo de una revisión sistemática realizar un marco teórico sobre determinado tópico referencial al tema de discusión específico, señalaremos algunas breves caracterizaciones sobre cerámicas dentales, basadas en las monografías de Bertoldi H. (2007) y Villarroel C. (2008), y en las citas específicas al tema de esta revisión:

En términos químicos generales, los materiales cerámicos contienen átomos metálicos y no metálicos, poseen uniones covalentes y iónicas y forman estructuras con ordenamientos espaciales cristalinos o bien irregulares, como vidrios amorfos. Por su parte, las porcelanas, como tipo especial de material cerámico, tienen como componentes básicos el feldespato, el cuarzo y el caolín. Para la fusión de sus componentes se requieren altas temperaturas. En términos físicos, poseen una alta resistencia compresiva, pero baja resistencia a la tracción y la flexión, lo que las caracteriza como materiales frágiles y propensos a las fracturas, es decir, sin capacidad de deformación permanente.

Específicamente las porcelanas dentales han variado sus componentes para asimilarse a las características estéticas de la estructura dentaria. Con este propósito se elimina el caolín (una especie de arcilla) que genera el color blanco opaco, consiguiendo un producto más translúcido. El cuarzo puede a veces conservarse o no, siendo a veces remplazado por otros cristales. De este modo, como la porcelana en general, la porcelana dental es una estructura bifásica que contiene una matriz vítrea reforzada con cristales dispersos.

Un aspecto interesante a esta revisión es la presencia de cristales en las porcelanas dentales, los cuales por una parte mejoran la resistencia a la fractura y aumentan la resistencia a la flexión, pero dificultan los procedimientos de grabado ácido, un paso esencial en los métodos de reparación. En estos procesos, además de conservar o no el cuarzo, también se agregan otros cristales como leucita, disilicato de litio, y óxidos como óxido de aluminio (alúmina), óxido de zirconio (zirconia) y otros. Las diferentes propiedades de las cerámicas determinan diferentes tipos de clasificación, por ejemplo respecto de composición y estructura, modos en que se refuerzan las estructuras, procedimiento de fabricación y

propiedades físicas (ópticas, mecánicas). Según Roulet (2001) y Fradeani (2005), un criterio de clasificación apropiado es de acuerdo a los diferentes tipos de resistencia en función a su composición:

- Porcelana feldespáticas y vitrocerámicas (basadas en silicio o de baja resistencia)
- Porcelanas de óxido de aluminio (alúmina) u óxido de zirconio (zirconia) (de alta resistencia).

A partir de este sencillo criterio de clasificación es posible caracterizar a las cerámicas en diversos subtipos y al mismo tiempo homologarlos a las resistencias ante los ácidos (fluorhídrico en particular) como cerámicas ácido resistentes o ácido sensibles, también en función al mayor o menor contenido de cristales.

Cerámicas feldespáticas, basadas en dióxido de silicio

Las porcelanas feldespáticas son, hasta la fecha, las más utilizadas en odontología. Dadas sus bajas propiedades mecánicas se utilizan sobre núcleos habitualmente metálicos u otras infraestructuras cerámicas de alta resistencia. Estas porcelanas basadas en dióxido de silicio (sílica) y vítreas, usadas para recubrir metal, o las cerámicas de alta resistencia como copings para restauraciones cerámicas puras, tienen excelentes propiedades estéticas que las hacen el material de elección para laminados de carillas e inlays/onlays. A pesar de su inherente fragilidad y limitado módulo flexural, (no mayor de 70 MPa) las cerámicas convencionales basadas en dióxido de silicio logran un buen comportamiento luego de cementaciones adhesivas en base a resinas, incrementando su resistencia a la fractura (Blatz et al 2003).

Desde un punto de vista químico, gran parte de las cerámicas dentales están basadas en dióxido de silicio (sílica, del latín *silex* –piedra fina-, químicamente SiO_2) con diferentes formas cristalinas o amorfas, dependiendo a su vez de la temperatura de cocción. Esta diversidad de biomateriales cerámicos, a su vez determina múltiples métodos de confección como sinterizado, inyección, colado y maquinado. El dióxido de silicio tiene un muy alto punto de fusión debido a la estructura de enlaces covalentes tetraédricos. Como hemos mencionado, la adición de ciertos óxidos metálicos como Na_2O , CaO , MgO , B_2O_3 cambia en gran medida su punto de fusión. En la actualidad se han introducido numerosas materiales cerámicos, basados en trióxido de aluminio, feldespatos reforzados, cerámicas inyectables y sistemas CAD-CAM¹, además de las estructuras de zirconio y alúmina, cuya propiedad de no ser grabables, como ya analizaremos, hace más compleja la adhesión a los tejidos dentales en contextos de reparación (Matinlinna y Vallittu 2007), es por esto que en condiciones clínicas, frente a un evento de reparación cerámica es conveniente que el odontólogo sepa qué tipo de cerámica está tratando o se remita a los registros previos.

Los diferentes tipos de refuerzos dependen del tipo de cristal a utilizar, que puede ser de alto contenido de leucita, disilicato y ortofosfato de litio, óxido de aluminio u otros cristales (fluorapatita, mica, etc.). Las cerámicas feldespáticas reforzadas con alto contenido de leucita (hasta 40%, por ejemplo IPS Empress clásico, Ivoclar-Vivadent, Empress Esthetic, o el sistema Finesse All Ceramic (Ceramco – Dentsply) alcanzan una alta resistencia a la fractura (100 a 120 MPa) y pueden usarse como coberturas

¹ Computed assisted design, and computed assisted manufacture.

cerámicas completas para restauraciones anteriores y posteriores, si las técnicas de adhesión con resinas están bien utilizadas (Blatz 2002). Un aspecto importante a esta revisión es que en virtud de poseer aún una importante fase vítrea pueden ser grabadas con ácido fluorhídrico (entre 7 al 10% durante 60"), mejorando así sus procedimientos de adhesión y eventuales reparaciones.

Las porcelanas reforzadas con disilicato de litio y ortofosfato de litio, son similares a las de alto contenido de leucita, con mayor resistencia a la flexión y opacidad. Al incorporar mayor contenido de cristales con otro índice de refracción su resultado es una mayor opacidad que las anteriores. Por ello su uso se restringe sólo a núcleos o copings que posteriormente se revisten con una porcelana feldespática más translúcida. La resistencia a la flexión llega hasta 350 MPa, por lo que su aplicación clínica sirve para núcleos de coronas anteriores y premolares, hasta incluso puentes cortos (un tramo) en zona anterior, por ejemplo IPS Empress 2 (Ivoclar). Este sistema posee diferentes alternativas como dentro del sistema IPS e.max (e.max Press, e.max ZirPress, e.max CAD), (Culp, 1999).

Cerámicas reforzadas con óxido de aluminio (alúmina), de alta resistencia.

La necesidad de mejorar la resistencia a las fracturas de las restauraciones cerámicas puras llevó al desarrollo de cerámicas con alto contenido de alúmina. El óxido de aluminio sirve como refuerzo de la matriz vítrea, de un modo comparable a los cristales de leucita. Pero en las cerámicas aluminosas de alta resistencia o en base a zirconia, los respectivos óxidos ya no son un refuerzo sino que forman su matriz, constituyendo hasta el 80% de su masa. En general las cerámicas que contienen menos de 15% en peso de dióxido de silicio ya no corresponden a cerámicas sílicas. Estas cerámicas se utilizan fundamentalmente para núcleos, dada su alta opacidad, y se combinan con revestimientos feldespáticos para lograr óptima resistencia con aceptable estética. Su resistencia puede fluctuar entre 200 a 600 MPa. Las cerámicas aluminosas (por ejemplo In Ceram Alumina, Vita Zahnfabrik) y las densamente sinterizadas con óxidos de aluminio de alta pureza, libres de sílica (por ejemplo Procera AllCeram, NobelBiocare) son ampliamente utilizadas y representativas de estos grupos. In-Ceram Spinell (Vita Zahnfabrik) es una cerámica infiltrada ($MgAl_2O_4$) y es levemente más débil que In Ceram alumina, pero ofrece mejores propiedades ópticas. La tercera variante, In Ceram Zirconio, es significativamente más fuerte que In Ceram Alumina, pero con peores propiedades ópticas (Blatz 2003).

Estas cerámicas, *no son grabables* a través del ataque ácido convencional con AF, por lo que se hace necesario un tratamiento superficial en base a abrasión a presión con partículas de Al_2O_3 que es efectivo y práctico para crear una superficie activada y rugosa en la superficie aluminosa. La aplicación de sílica por medios triboquímicos como el antiguo sistema Rocatec o CoJet (detallados en el capítulo 6) que permiten una unión química a silano y resina es recomendada por varios autores (Kern y Thompson 1993, en Blatz 2003) como un método de reparación estable en el tiempo.

Las resinas que contengan monómeros adhesivos fosfatados como Panavia 21 o C&B Luting proveerán la mejor durabilidad a largo plazo en concomitancia con el uso de los agente antes descritos. Estos adhesivos de monómero fosfato funcional 10-metacriloyloxydecil dihidrógeno químicamente se une a los óxidos metálicos tales como los óxidos de alumina o zirconio. El uso de silano en estos casos sin

embargo permanece controversial, señalando algunos su contraindicación (Kern y Thompson 1995, en Blatz 2003); otros su indicación como humectante (Ozcan 2001; Madani et al 2000, en Blatz 2003).

Cerámicas de óxido de zirconio.

Dependiendo de la composición específica, la resistencia a la fractura de estos materiales puede exceder los 1000 MPa. Algunos sistemas actualmente vigentes son Cercon (Dentsply), DCS system (DCS Dental AG), LAVA (3M ESPE) y Procera All Zirkon (Nobel Biocare). Las cerámicas de óxido de zirconio se indican para estructuras parciales cementadas convencionalmente o con resinas, coronas completas, pilares en implantología y postes endodónticos. Aunque la cementación puede ser convencional y no adhesiva, ésta última se recomienda en casos de anclaje comprometido o coronas cortas (Burhe 1998, en Blatz 2003).

Derand & Derand (2000) verificaron que el grabado ácido convencional *no tenía efectos* positivos sobre estas cerámicas, evaluando diferentes tratamientos superficiales y cementos de resinas y encontrando que el cemento de resina autopolimerizable Superbond C&B, mostraba los más altos niveles de fuerza adhesiva sin importar el tratamiento de la superficie (cobertura de sílica, microabrasión, AF, o asperización). En otras investigaciones para estos materiales, utilizando almacenamiento en agua por 150 días y termociclaje, sólo los cementos basados en fosfatos modificados como Panavia 21 después de abrasión con partículas 110 micrones de Al_2O_3 a 2.5 bar de presión, proveyeron duración en el largo plazo a la unión resina zirconio (Kern & Wegner 1998 en Blatz 2003).

Cementos de resinas compuestas

Aún cuando no es el objetivo de esta revisión el análisis de las propiedades físicas y químicas de los cementos basados en resina, debe señalarse que son los materiales de elección para la adhesión de restauraciones cerámicas. Sus propiedades son similares a las de las resinas tradicionales, consistiendo en rellenos inorgánicos en una matriz orgánica como Bis-GMA, TEGDMA, UDMA). Estos cementos pueden ser clasificados de acuerdo a su modo de iniciación reactiva como de autopolimerización (químicamente activados), fotoactivados o duales.

Los cementos de resina con contenidos de relleno reducidos, mejoran la fluidez incrementando la humectabilidad de la superficie y optimizando la inserción de la restauración. Sin embargo, las resinas con relleno han demostrado más altas fuerzas adhesivas que aquellas que no contienen; y las resinas híbridas mejores resultados que las de microrrelleno. Un estudio de Hahn (2001; en Blatz 2003) reveló una menor microinfiltración de interfase cuando se utilizaban resinas de alta viscosidad en lugar de cementos de resinas de baja viscosidad para cementar inlays cerámicos. De este modo las resinas de mayor cantidad de relleno podrían mejorar la resistencia a la abrasión en las áreas marginales y reducir la contracción de polimerización, facilitando además la remoción de excesos de cemento, lo que se hace más complejo en caso de resinas de baja viscosidad.

Sin embargo, el efecto del desgaste en el cemento sobre el éxito al largo plazo permanece incierto (Blatz 2003), por lo que este autor sugiere además el uso de cementos de ionómero modificado con resina que han mostrado fuerzas adhesivas a la cerámica en base a dióxido de silicio silanizada, comparables a los cementos de resina.

Resinas compuestas

El material de elección para la reparación de fracturas cerámicas es desde luego la resina compuesta. El tipo de resina también afecta de modo relevante el resultado de la unión. Resinas compuestas con mayor tamaño de partícula o híbridos ofrecen mejores resultados en términos de fuerza adhesiva y disminución del stress, al menos comparada con una resina de microrrelleno. Desde luego las consideraciones estéticas implican el uso de eventuales opacos, composites de dentina y finalmente grados variables de translucidez para esmalte según el caso clínico.

Una excelente aproximación a la composición química de las resinas compuestas puede encontrarse en el texto de Steenbecker y cols (2006), particularmente en el capítulo VIII. En el texto se clasifican todos los materiales utilizados en odontología restauradora como metálicos, orgánicos e inorgánicos, y a la combinación de dos de éstos como "composites". Las resinas compuestas son un tipo particular de biomateriales resultado de la combinación de diacrilatos y epóxidos, basados en la partícula de Bowen, un avance vigente desde de 1963, el BIS – GMA (Bisfenol A glicidil metacrilato), correspondiente a un comonomero integrado por resina epóxica y vinílica.

El Bis GMA se combina con rellenos inorgánicos basados en silicio, a través de un agente de enlace, genéricamente un vinil silano, que como veremos tiene la habilidad de unirse por su extremo silano a las partículas inorgánicas y por su parte vinil al BIS GMA. Ya sea el BIS GMA u otro componente orgánico como UDMA, esta es la fase responsable de la polimerización como proceso químico.

Los rellenos inorgánicos suelen tener presencia de sílice y llegar hasta el 80% en peso pero no más de 60% en volumen de la estructura, utilizándose además cuarzo, cristales metálicos e incluso hidroxiapatita. Es el tamaño de estas partículas lo que define el la clasificación de resinas de macropartículas (40 micrones), partícula pequeña (menores a 1 micrón), micropartículas (0,004 micrones), híbridas y microhíbridas.

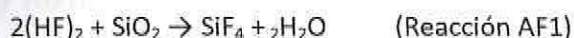
4. Métodos Físico químicos: grabado ácido en cerámica.

En general se considera que *acondicionamiento* es el proceso mediante el cual se incrementa la energía crítica de una superficie, a partir del cual pueden considerarse aproximaciones químicas, físico química y eventualmente sólo físicas. El concepto de *energía superficial crítica* (o tensión en los líquidos) es altamente relevante en estas consideraciones: cuando la tensión de un líquido es menor que la energía de una superficie, ocurrirá una expansión espontánea del líquido. Obviamente será deseable una

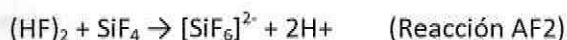
energía superficial crítica alta para promover la humectancia de un amplio rango de líquidos, condición que en muchos casos puede verse perjudicada si la superficie contiene contaminantes como grasas, aceites y proteínas (Matinlinna & Vallittu, 2007), naturalmente en ambos procesos descritos el grabado ácido juega un rol preponderante y es el tema de este capítulo.

Acido Fluorhídrico (AF)

Como revisamos en el capítulo anterior, normalmente los materiales cerámicos feldespáticos en base a dióxido de silicio son grabables con AF en gel entre 5% y 9,5% generando no sólo microrugosidades sino además promoviendo la formación de grupos hidroxilos en la superficie cerámica. El grabado toma lugar cuando en la matriz que contiene dióxido de silicio o silicatos, se forma un tetrafluorsilano con la siguiente reacción:



El tetrafluorsilano forma con el AF un ion complejo soluble, el hexafluorsilicato:



Que puede reaccionar luego con los protones para formar ácido tetrafluorsilícico² que es lavado con agua:



De este modo, la composición química de una cerámica grabada está preparada para la adhesión asistida por silano, aunque se ha propuesto que el proceso adhesivo resina-cerámica podría prescindir de la silanización. Sin embargo, aunque la fuerza adhesiva inicial pueda ser alta, se ha verificado su deterioro en el tiempo, esto probablemente asociado a una capa multimolecular de silano que es menos estable que una monocapa de silano, lo que confirma la necesidad de grabado cerámico previo a la silanización y adhesión (Matinlinna y Vallittu 2003).

El ácido fluorhídrico ha sido usado con mayor éxito clínico en reparaciones cerámicas, con variaciones en su concentración y tiempos de aplicación. En principio el ácido disuelve selectivamente la matriz de vidrio de la cerámica creando una superficie microporosa que promueve la adhesión física de las resinas. Desde los años 90' se viene recomendando un protocolo de grabado por 3 minutos en concentraciones variables (todas alrededor de 9,5%) para cerámicas feldespáticas, lográndose buenos valores de adhesión, aunque en función del contenido aluminoso, lo que las hace más resistente al grabado.

Los tiempos y concentraciones de uso de AF son variados y dependen en último término del tipo de cerámica que se esté grabando e intentando reparar. El contenido de alúmina en la cerámica juega un importante rol en el efecto del AF, pues la alúmina incrementa la resistencia de la cerámica, siendo

² O hexafluorsilícico por el contenido de 6 iones Fluor.

altamente resistente al grabado (Hammond 2009). Otro caso, por ejemplo, el sistema IPS Empress reforzado con leucita requiere idealmente AF al 9% por 60" para un buen grabado. Si se desconoce el tipo de cerámica, el uso de AF al 4% por 5 minutos, o bien de 9,5% por 90" a dos minutos ha sido postulado como confiable. Se recomienda en tanto concentraciones menores en caso de ser imposible utilizar aislamiento en base a goma dique.

Respecto al tiempo de grabado, Güler et al (2006) realizan una serie experimental con varios protocolos de *tiempos de grabado* usando concentración constante de 9,6% de AF, incluyendo grupo control, grupo 30s; grupo 30s + 30s; grupo 60s; grupo 60+60s; grupo 120s y 180 s, dejando como constantes también el uso de Single Bond, AdheSE y resina de reparación microhíbrida Filtek Z250 (3M-Espe), sobre bloques de porcelana feldespática (VMK 95, Vita). La investigación concluyó la ventaja significativa de usar un protocolo de tiempo de 120 segundos y el sistema adhesivo Single Bond.

Acido fosfórico y fluorfosfato acidulado (APF)

Otros ácidos alternativos al AF, son el fosfórico al 37% y fluorfosfato acidulado al 1,23% aunque son menos utilizados. El primero no produce mayor alteración en la morfología de la cerámica, sino más bien limpieza química luego de las maniobras de asperización, o bien es utilizado si existe algún tipo de tejido dentario asociado para no arriesgar los tejidos blandos. El segundo en cambio, es capaz de atacar la fase vítrea cerámica, probablemente siendo capaz liberar iones de sodio, alterando la malla de dióxido de silicio. La concentración de 1,23% se usa para cerámicas, con un tiempo de 5 a 15 minutos, siendo bastante inocuo para los tejidos blandos (Reston et al 2008).

Tylka y Stewart (1994) ya sugerían mediante investigaciones avaladas por el uso de MEB, que el uso de APF no era inferior respecto a la microporosidad y los resultados de fracturas cohesivas que el AF, sin embargo la imagen no necesariamente define los niveles de resistencia al cizallamiento que se han observado en otras investigaciones posteriores, avalando preferentemente el uso de AF. Según Ahmad (2002), los alternativos ácidos ortofosfóricos y fluorfosfato acidulado al 1,23% no reportarían significativos niveles de adhesión ni duración de las reparaciones, comparativamente con AF.

5. Métodos químicos: silanización.

El uso de silanos se remonta a 1970 por Newburg y Pameijer, con poco éxito inicial debido a la inestabilidad del compuesto en solución. Según algunos autores el uso de silanos puede mejorar hasta en un 25% la fuerza adhesiva entre sustratos cerámicos y resinosos (Newburg & Pameijer, 1978; Lacy et al., 1988; Diaz-Arnold, Schneider & Aquilino, 1989, en Ozcan 2003) o bien según otras opiniones sólo en un 1 MPa (Steenbecker, comunicación personal), pero sin especificar sustratos.

Algunos autores introducen la distinción entre los efectos de un ácido como acondicionador de superficie, de un primer como un imprimador de irregularidades resultantes del proceso anterior y de un agente de enlace entre superficies de naturaleza orgánica e inorgánica, esto es el rol propiamente tal

del silano, ya que estos términos suelen usarse de forma indistinta y por tanto incorrectamente alternados (Matinlinna y Vallittu, 2007).

Los silanos según su forma de presentación pueden ser categorizados en tres grupos: una sola botella de primer silano no hidrolizado, una sola botella de primer silano hidrolizado, y 2 a 3 líquidos de primer silano. Los silanos usualmente contienen altos niveles de solventes. Los productos en botellas simples son susceptibles de tener vida media limitada y una rápida evaporación e hidrolización, haciendo la solución inútil. La apariencia del líquido es un buen indicador de su estado de conservación, si se ve traslúcido es útil, mientras que si tiene un aspecto lechoso no debiera usarse.

Muchos sistemas de adhesión de cerámicas requieren un tratamiento de silanos separado antes de la aplicación del agente adhesivo y la resina compuesta. Algunos fabricantes adicionan un acoplador de silano a sus sistemas adhesivos de modo que, siempre que sea necesario, se mezcle con los otros agentes adhesivos y se aplique en un solo paso, como Clearfil Porcelain bond Activator y Clearfil SE Bond, Kuraray. (Blatz et al 2003).

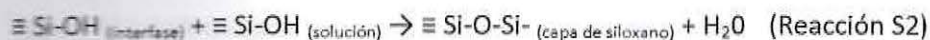
La función genérica de un silano en odontología es intermediar y promover la adhesión entre una estructura orgánica y otra inorgánica, a través de una reactividad dual. Estructuralmente un silano (tertrahidruro de silicio) es análogo a una molécula de metano o bien la versión inorgánica de este, con un Silicio central enlazado a 4 átomos de hidrógeno, de fórmula general Si_nH_{2n+2} . en términos químicos; o bien para efectos odontológicos, R-Y-SiX₃ donde R es un grupo orgánico hidrolizable, Y un enlace generalmente propileno y X un grupo hidrolizable. Esto da a la molécula su carácter bifuncional:

- El grupo funcional *no hidrolizable* con un doble enlace de carbono puede polimerizar con los monómeros contenidos en las resinas compuestas que contienen dobles enlaces
- Los grupos *hidrolizables* como metoxi-O-CH₃, etoxi-O-CH₂CH₃, reaccionan con un grupo hidroxilo presente en la superficie cerámica. (Matinlinna y Vallittu 2007)

Generalmente se acepta que los silanos deben activarse mediante hidrolización y luego aplicados al sustrato inorgánico. Con un catalizador ácido en solución de alcohol, los grupos -O-R reaccionan con agua para formar grupos silanol ácidos hidrofílicos, del tipo Si-OH. La reacción es del tipo:



Los silanoles son adsorbidos, depositados y polimerizados en la superficie del sustrato, entonces los enlaces de hidrógeno y las uniones covalentes Si-O-Si se forman en este proceso, que es la silanización propiamente tal:



Cuando se aplica en una superficie inorgánica, los oligómeros de silanol reaccionan unos con otros, formando enlaces de siloxano hidrofóbico ramificado, Si-O-Si. Con una superficie de dióxido de silicio conteniendo grupos hidroxil reversamente insertos -OH, formarán entonces uniones siloxano. Los

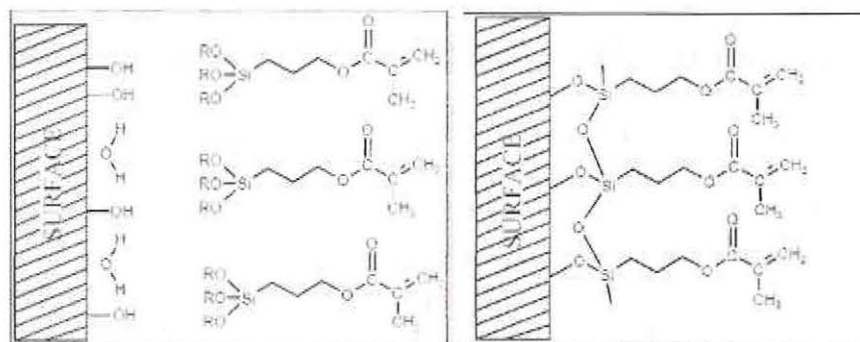
silanos se depositan en capas finas, como resultado de la silanización, se formará un siloxano tridimensional hidrofóbico y ramificado (Matinlinna y Vallittu 2007).

La baja viscosidad de la solución de silano ayudaría a la humectación, un factor decisivo, y una vez en estrecho contacto con el sustrato de dióxido de silicio, actuarían las fuerzas de van der Waals. De este modo, se formará un film de siloxano de 20 a 100 nanómetros, cuyo grosor estará principalmente determinado por la concentración de los silanos en solución y no por el tiempo de reacción; este grosor debe ser el justo como para evitar una fractura cohesiva (si es muy delgado) o la completa interacción química con la resina si es muy grueso (Matinlinna y Vallittu 2007).

Compuestos comerciales de silanos

El silano más aplicado en odontología es el 3 methacriloxipropil trimetoxisilano (MPS), usualmente prehidrolizado y diluido en solución de etanol/agua al 1,2% (cuya baja concentración garantiza mejor vida útil) y ajustado a pH 4-5 con ácido acético. Sus usos no sólo implican promover la adhesión entre resina y cerámica sino también entre metal-resina y resina-resina.

La opción de MPS naturalmente implica la ventaja de la compatibilidad de los grupos metacrilatos con los dimetacrilatos de las resinas compuestas. Las moléculas de MPS tienden a orientarse paralelas a las superficies de dióxido de silicio, en tanto si su concentración aumenta la orientación se torna más aleatoria.



A **B**
Esquema de silanización a superficies inorgánicas:

Un producto comercial como EspeSil (3M ESPE) tiene, como todos los silanos, dos brazos químicos terminales. Los grupos alcoxilo de la unidad silanol $(RO)_3Si$ en el lado izquierdo de la figura A, se orientan a la unión química con la superficie silicizada. Los grupos metacrilatos (a la derecha en la figura A) pueden copolimerizar con los monómeros de la resina. De esta forma, la unión química se logra entre la estructura inorgánica y la orgánica.

Efecto del silano:

El efecto de la adhesión del silano parece estar fuertemente influido por las condiciones ambientales y el tiempo. Ya a mediados de los 90' Eikenberg y Shurtleff (1996) señalaban el efecto de la humedad a largo plazo (mediante técnicas de almacenaje en agua por 7 meses) en la interfase adhesiva cerámica – silano – resina.

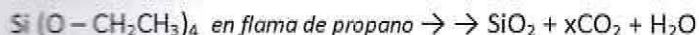
De acuerdo con las pruebas experimentales de Berry et al. (1999), existe un aumento progresivo en el tiempo de la resistencia a las fuerzas adhesivas deslizantes, en función del uso de sistemas de silano (específicamente Mirage® y Fusion®) de uno o dos pasos, en el rango de una semana a un mes, bajo conservación húmeda, esto es emulando las condiciones orales. A partir de esta experiencia los autores reafirman que el aporte del silano a las fuerzas de adhesión entre cerámica y resina son más de orden químico que micromecánico. Estos hallazgos son también consistentes con los de Cochrane et al. (1988), Bailey (1989), Diaz-Arnold, Schneider & Aquilino (1989) y Appeldoorn et al. (1993) y pueden explicarse según Berry, por la humectación de la interfase que promueve más entrecruzamiento y densificación del silano en la resina compuesta, descartándose diferencias entre presentaciones de una o más mezclas respecto de su efecto sobre la adhesión final.

6. Métodos Físicos

Sistemas de cobertura de dióxido de silicio (sílica) térmicos y piroquímicos.

Los sistemas de cobertura de dióxido de silicio (sílica) térmicos y piroquímicos, como Silicoater Classical, Silicoater MD y Siloc, han sido usados como procedimientos de laboratorio por cerca de 20 años. Los sustratos son típicamente aleaciones metálicas como Cro-Co o aleaciones con metales nobles, pero el sistema de revestimiento de sílica también puede usarse en cerámicas.

El sistema Silicoater consiste en un carrusel en el cual el arenado pretratado pasa por una flama especial. La solución cobertora es entonces inyectada en la flama y el resultado es una cobertura de sílica piroquímica, de aproximadamente 0,1 a 1 micrón de espesor. El silano en cuestión a utilizarse posteriormente es el tetraetoxisilano (TEOS), y la reacción química es:



El tiempo y la distancia del tratamiento pueden variar. La temperatura es de 150 a 200° cuando los fragmentos de sílica altamente reactivos, del tipo $-\text{Si}(\text{OH})_x-\text{C}$ (donde $x=1,2,3$) alcanzan la superficie del metal, condensándose e impregnándose en ella, esperándose a su enfriamiento para la aplicación del silano de enlace. Esta pre capa es de 50 a 80 nanómetros de espesor. Después del secado del silano y su tiempo de reacción (aproximadamente 5 minutos) se realiza el procedimiento adhesivo con las resinas. Una nueva versión piroquímica también indicada para cerámica es una pieza de mano compacta para

uso extra oral, PyroSilPen (Bredent) que emplea el mismo principio piroquímico que Silicoater, sin embargo no existen estudios hasta el 2007 (Matinlinna y Vallittu 2007) ni hasta el 2011.

Microarenado (grit blasting)

En su texto sobre adhesión, Henostroza et al (2003) dedican un apartado en el capítulo de adhesión a estructuras no dentarias, señalando como una de las técnicas utilizadas para la retención micromecánica el uso de microabrasión a la que también denomina clínicamente micro arenado. Sin embargo el texto no repara mayormente en el procedimiento ni ofrece referencias, razón por la cual se puede entender que no existe conocimiento muy difundido al respecto, lo que justifica además la extensión de este apartado en la presente revisión.



Imagen de un microarenador clínico, tomado de Henostroza et al (2003)

De acuerdo a Matinlinna y Vallittu (2007) el asperizado y la abrasión con piedras diamantadas en cuanto tratamiento puramente mecánico, sería inconsistente y arbitrario; en cambio un tratamiento mecánico mucho más indicado en varias aplicaciones tecnológicas es el microarenado. Esta técnica logra limpiar cualquier sustancia grasa o impureza de las superficies cerámicas y crear adhesión micromecánica. En los laboratorios dentales el procedimiento se suele llevar a cabo usando partículas de alúmina (110 micrones) con aire presurizado a 380 KPa, a una distancia de 10 mm, por 10 a 15 segundos. Sin embargo debe notarse que las partículas de alúmina embebidas en el sustrato proveen enlaces hidrolíticamente inestables de $=Al-O-Si\equiv$ que son más débiles que los enlaces del tipo $\equiv Si-O-Si\equiv$ (Matinlinna y Vallittu 2007).

Por lo anteriormente expuesto, los términos abrasión de partículas mediante aire, arenado, asperizado o cobertura de sílica pueden aparecer en la literatura como sinónimos, pero en rigor deben distinguirse cuidadosamente.

En general, los procedimientos micromecánicos que mejores fuerzas adhesivas han demostrado experimentalmente son el microarenado y luego el grabado con ácido fluorhídrico, seguido de la aplicación de silano y sistemas adhesivos. El método de arenado ha resultado eficiente tanto para exposición de superficies metálicas y/o cerámicas (Ahmad 2002)

Naturalmente existen diversos reportes con combinaciones de métodos, es decir: asperizado, microarenado, grabado, silanizado y aplicación de primers – adhesivos (de uno o varios pasos), sin existir algún grado de acuerdo sobre la mejor combinación de técnicas.

Sistemas triboquímicos de impregnación de sílica

Dentro de los sistemas de adhesión metal – resina, uno de los más antiguos es Rocatec (Guggenberger, 1989). El sistema se basa en un principio *triboquímico*³ de aplicación de una capa de sílica por medios de arenado, utilizando granos de 110 micrones de óxido de aluminio o bien modificado con ácido silícico, sistema denominado Rocatec Plus. Como en el caso anterior, la presión de arenado embebe la superficie de partículas de sílica haciendo la superficie posteriormente más adhesiva por medio del silano, de este modo la aplicación posterior de silanos implicará una unión covalente entre la capa de sílica en el sustrato (metal y/o cerámico) y la resina compuesta (Matinlinna y Vallittu 2007). Debe añadirse a lo anterior que este método secundariamente también provee de retención micromecánica. Las fuerzas compresivas y traccionales logradas experimentalmente por este método avalan su uso clínicamente.

El actual sistema comercializado por 3M ESPE (hasta el 2005) consta de un kit que contiene el Kit Rocatec junior Blasting* (figura a continuación), una botella de silano y varios tipos de partículas que combinan tamaños (de 30 y 110 micrones) así como óxido de aluminio modificado con sílice y una punta aplicadora* (Rocatec Tip) que permite lograr presiones de 2,8 bar o 40 psi (3M 2005).



Kit Rocatec junior Blasting y punta aplicadora

Es destacable que estos sistemas aplican también para el tratamiento de superficies cerámicas no grabables basadas en alúmina y zirconia, de forma extraoral como procedimiento de laboratorio. En el procedimiento, el impacto de las partículas sobre la superficie de sustrato crea una alta temperatur

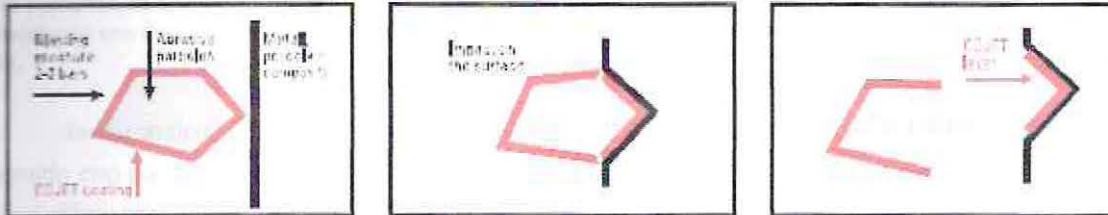
³ La triboquímica puede definirse como la reacción química entre las moléculas de una superficie y de un lubricante en condiciones de contacto en desplazamiento y en condiciones de lubricación límites, particularmente útil en procesos industriales con usos combinados de metales e hidrocarburos. Este tipo de reacciones no es muy comprendida en la actualidad (Stephen y Hsu 2006). En términos más simples, triboquímica significa la creación de uniones químicas usando energía mecánica, que en este caso es provista por el arenado.

local, cercana a 1200° , causada por la transferencia de la energía cinética de las partículas. Para uso intraoral existen sistemas como CoJet Sand (3M-ESPE) y Rocatector (Ronvig), DentoPrep y Microetcher (Danville).

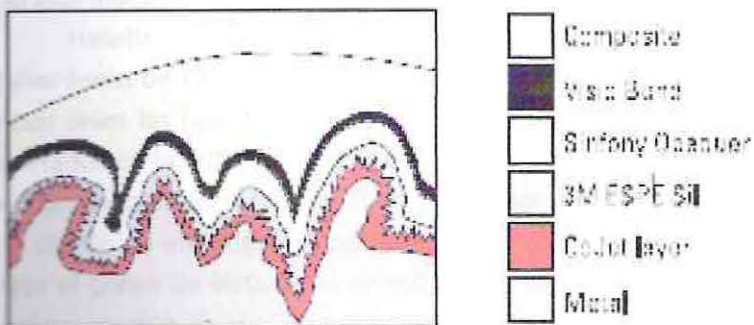
Varios investigadores señalan que la fuerza adhesiva lograda tras estos procedimientos, definida por el uso ulterior de silanos puede aumentar hasta un 65% (Meiners et al, 1990; Janda y Kleben 1992; May et al 1995; citados por Matinlinna y Vallittu 2007) y en consecuencia, la tecnología triboquímica es altamente recomendable para uso odontológico (Sun et al 2000).

A modo de ejemplo, el funcionamiento del sistema Cojet Sand puede resumirse en el siguiente esquema:

Cobertura triboquímica con CoJet Sand

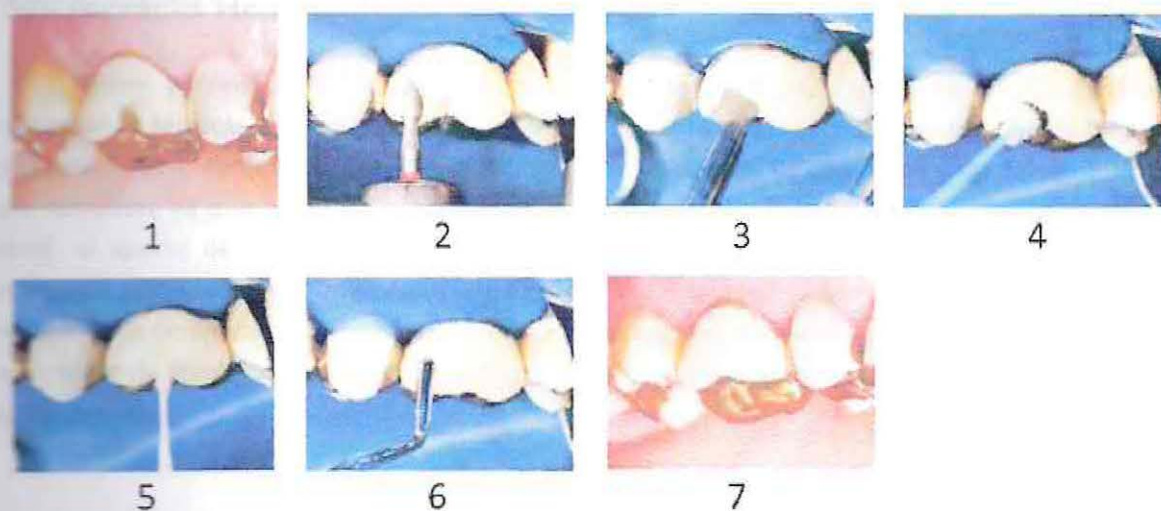


A continuación se muestran las capas reparativas



Naturalmente la capa metálica puede también ser la capa de cerámica.

También en su manual técnico, 3M hace referencia a la investigación de Ozcan y Niedermeier (2002), una de las pocas investigaciones que utiliza curvas de supervivencia Kaplan Meier para demostrar longevidad de restauraciones, y que también es referida en esta revisión, presentando el siguiente caso clínico de interés didáctico:



En la secuencia se observa: 1-Condición inicial de la fractura, vista vestibular; 2-preparación mecánica de la superficie; 3- Pre-tratamiento con CoJet; 4-Silanización EspeSil; 5-Aplicación de Sinfony Opaquer; 6-Reparación con Filtek Z250; 7-Restauración final.

En su artículo de 2000, Frankenberger et al. vuelven a testear simultáneamente la eficacia del arenado con partículas de óxido de aluminio revestidas con dióxido de silicio, mediante el sistema CoJet, sobre diferentes sustratos metal cerámicos y cerámicos puros, indicando como una de las principales ventajas del sistema, poco mencionada en otras investigaciones, que su aplicación es posible en sustratos mixtos como interfaces metal porcelana, de forma simultánea, en un solo paso.

Haselton et al. (2001) también procura un diseño experimental que testea la fuerza adhesiva de cizallamiento de Cojet Sand versus un análogo de Ivoclar (Ceramic Repair System), reportando que en ambos casos las fuerzas llegaron a rangos de 14,3 a 25 MPa, lo que es comparable a los 16 a 20 MPa reportados en la adhesión a esmalte con resinas. Su estudio concluye con la superioridad comparativa de Cojet Sand en lograr mayor fuerza adhesiva. Sin embargo Hammond (2009) es ligeramente crítico de este diseño de investigación por el uso de sólo 300 ciclos de termociclaje cuando lo mínimo necesario desde el punto de vista de la investigación, son 1000 ciclos. No obstante existen pocas evidencias de experimentación in vivo, salvo la aportada por Burke et al (2002) de la cual lamentablemente no tenemos acceso al artículo completo.

En suma, como se ha demostrado tanto in vivo como in vitro, se puede lograr una predecible reparación de cerámica (principalmente para las basadas en dióxido de silicio) utilizando el sistema Colet-Sand, que permite el tratamiento de estratos cerámicos y metálicos en un solo paso, y eventualmente evitando el uso de técnicas en base a AF. El protocolo sugerido por Hammond (2009) es en base a una aplicación de 10 a 15'' bajo 30 a 40 psi de presión, variando el tiempo en función de la extensión de la falla.

El sistema Cojet-Sand lamentablemente no está disponible en la actualidad en Chile, y aparentemente tampoco en Latinoamérica.

“Microcracks Healing”

Fisher y Weiss (2008) relatan sus resultados desde la experiencia de la ingeniería mineral, extrapolando técnicas a la reparación de cerámicas con microcracks, como resultado de la fabricación o manipulación en laboratorio, por lo que si bien su aplicación no es clínica, no deja de ser interesante a esta discusión, ya que es de las pocas investigaciones que aporta imágenes de microscopía de barrido (SEM). El aporte de Fisher y Weiss al ámbito odontológico es un método de “curación” de cracks cerámicos por medio de infiltración vítrea, mediante la verificación de igualdad de propiedades mecánicas en cerámicas curadas versus normales. Los autores concluyen que el método de infiltración es perfectamente viable para evitar repeticiones costosas de estructuras cerámicas aluminosas en las fases de laboratorio.

Otros métodos:

Un artículo, de De Souza y cols (2007) publicado en Photomedic Laser Surg. Intenta dar cuenta de la posible efectividad de tratamientos superficiales con Laser Er:Yag (Erbio: $Y_3Al_5O_{12}$) comparando este método con otros convencionales como diversos arenados, asperizado mecánico y tratamientos ácidos. La investigación sin embargo sólo demostró la ya consabida superioridad de Cojet, relegando el uso de Laser a resultados de mediana intensidad en cuanto a la variable de evaluación, resistencia adhesiva al cizallamiento.

7. Aspectos Estéticos.

Pese a lo que pudiera esperarse, existe escasa evidencia de investigación específica acerca de resultados o evaluaciones estéticas de reparaciones de resina sobre cerámicas y/o metales. Los resultados más bien se evalúan a la luz de reportes de casos clínicos, como se detallará en el capítulo 9.

Saygili G. et al, (2006) comparan tres sistemas de reparación cerámicos en base a resina utilizando Charizma, Clearfil y Silux Plus, en conjunto con métodos de envejecimiento acelerado (termociclaje), evaluando la estabilidad colorimétrica con los parámetros CIELAB⁴.

⁴ En estas investigaciones el sistema de color CIELAB se utiliza para cuantificar el color de una muestra, expresándolo en términos de 3 coordenadas (L*, a*, b*) que ubican al objeto en un espacio de color tridimensional. L* se define como la luminosidad, a* como el componente rojo-verde y b* como el componente amarillo-azul. En este estudio se utilizaron fondos negros para obtener las mediciones (Saygili et al 2006). De este modo la estabilidad de color se determina por la diferencia (DE) antes y después de, en este caso, un proceso de envejecimiento acelerado. Las diferencias de color a nivel basal se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{(L,a,b)} = ((L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2)^{1,2}$$

En tanto las diferencias luego del proceso de envejecimiento acelerado se calcularon con la siguiente fórmula (*):

Un estudio previo con resinas compuestas determinó que los cambios de color con ΔE^* menor que 3.3 eran tolerables (Ruyter JE et al 1987 en Saygili et al 2006). Otros autores han concluido que valores de ΔE^* entre 1 y 2 pueden ser percibidos por el ojo humano (Seghi RR et al 1986; Seghi RR et al 1990 citado por Saygili et al 2006). Por lo anterior, Saygili y los demás autores de este estudio no pudieron percibir diferencias visuales de color con ΔE^* de 3.3 y por lo tanto, usaron este valor como guía para determinar relevancia clínica.

Los cambios de color de la resina pueden ocurrir a través de varios mecanismo como por ejemplo formación de productos pigmentados de degradación, cambios en la estructura superficial debido al desgaste y por envejecimiento extrínseco (Douglas RD, 2000 citado por Saigili et al 2006). Los autores concluyen que, dentro de las limitaciones del estudio, después de 300 horas de envejecimiento acelerado, se demostró un significativo cambio de color a nivel cuantitativo. Dos de las resinas híbridas usadas (Charisma y Clearfil) mantuvieron una estabilidad de color aceptable, en tanto Silux Plus (de microrrelleno) demostró menor estabilidad.

El estudio de Kim y Lee (2007) se basa en la hipótesis nula que no existirían diferencias significativas en los cambios de color metaméricos dependientes del tono de la cerámica, la marca de la resina de reparación (ABT Arabesk Top, FSP Filtek Supreme, TCR Tetric Ceram) y la iluminación; de este modo su estudio se propuso evaluar tales diferencias metaméricas y en el ángulo de tono entre la cerámica y la cerámica reparada con resina bajo tres iluminaciones estándar D65, A y F2⁵ (Kim SH, Lee YK 2007).

La hipótesis nula de este estudio antes planteada fue rechazada porque sí hubo diferencias significativas en los índices de metamerismo y las proporciones de cambio en el ángulo de tono dependiendo del tono de la cerámica, la marca de la resina y la iluminación. Cuando la iluminación cambió de D65 a A, FSP mostró las menores modificaciones en el índice de metamerismo independiente del tono de cerámica; y TCR mostró el menor cambio al cambiar de D65 a F2. Los tonos de las resinas también influyeron en el índice de metamerismo, de tal forma que el tono A3.5 mostró los menores valores en las tres marcas de resinas, independiente del tono cerámico (Kim SH, Lee YK 2007).

La media en la proporción de cambios en el ángulo de tono entre cada color de cerámica y entre todos los tonos de las marcas de resina mostró similar tendencia cuando la iluminación cambió a F2 (con TCR mostrando los menores cambios), pero la tendencia fue diferente cuando la iluminación cambió al A. La luz fluorescente tiende a acentuar el rango de azul del espectro de colores, mientras que la luz incandescente acentúa los tonos amarillo rojizos (Yap et al 1999, en Kim SH, Lee YK 2007). Dos iluminaciones estándares se recomiendan en colorimetría, el tipo A debiera ser usado en todas las aplicaciones de colorimetría que impliquen luz incandescente y el tipo D65 debiera usarse en todos los cálculos colorimétricos que requieran luz natural (ISO 10526, CIE standard illuminant for colorimetry

$$\Delta E^*_{(L^*, a^*, b^*)} = \left((L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2 \right)^{1/2}$$

ΔE^* y ΔE son cambios de color en el material, L^* y L son luminosidad y a^* , a y b^* , b son coordenadas de color.

⁵ La iluminación D65 corresponde a lo que comúnmente se entiende como luz ambiente de medio día, la iluminación A correspondería grosso modo a la luz de filamentos de tungsteno o ampolla común en tanto la iluminación F2 pertenece al rango F1-F6 de las lámparas comúnmente conocidas como fluorescentes. (Colorimetry, en Wiley On Line Library, 2007)

1999; en Kim SH, Lee YK 2007). Otra iluminación, F2 se agregó en este estudio para observar el color bajo luz fluorescente (ASTME 1990 en Kim SH, Lee YK 2007), aunque al testear metamerismo la elección más apropiada de iluminación depende de la aplicación. (Craig y Powers 2002, en Kim SH, Lee YK 2007)

De este modo, y dentro de las limitaciones del estudio, puede concluirse que el efecto metamérico entre las cerámicas y las resinas varía dependiendo del tono de cerámica, la marca de la resina y la fuente de luz. Sin embargo, hubo una interacción significativa entre todos los pares de variables independientes tales como el tono cerámico, la marca y la iluminación (A y F2) ambas en el índice de metamerismo y en los cambios de las proporciones de ángulos de tono.

El significado práctico de esta discrepancia y el método clínico de aplicación es están aún poco claros y debieran estudiarse aún más, no obstante los resultados de este estudio confirman que los tonos deben ser combinados bajo la luz que corresponda a su uso específico (lo cual no queda tampoco claro en el estudio).

Utilizando básicamente los mismos materiales y variando los objetivos esta vez no respecto a metamerismo sino en cuanto a transmisión de luz, Lee YK (2007 b) varía la metodología de su estudio previo junto a Kim SH (2007 a) revisado previamente. Esta vez los objetivos de su investigación fueron evaluar las diferencias en parámetros de translucidez (TP) según la iluminación, para determinar la correlación entre la proporción de contraste (CR) y tres valores de TP referentes a la iluminación, y medir la correlación entre las diferencias en TP (ΔTP) y color ($\Delta E^* ab$) según la iluminación, basadas en la cerámica dental y la cerámica reparada con resina. Para mayor claridad léase su objetivo en el idioma original de publicación, el cual probablemente sea una traducción al inglés del coreano⁶.

Respecto a la correlación entre los cambios de translucidez y color de acuerdo a la iluminación, aunque hubo correlaciones significativas entre porcelana y resina reparativa, la correlación fue positiva en el caso de las resinas compuestas, pero negativa en el caso de cerámicas. Los grados de correlación también variaron con la iluminación (A – D65 versus F-D65=-0,37 versus -0,69 en porcelana y 0,65 versus 0,47 en resina compuesta). Por lo tanto la dirección del cambio de color y translucidez fue diferente dependiendo del material. El significado práctico de este resultado es poco claro (al igual que en su estudio previo) y se requiere más investigación (Lee YK 2007 b).

⁶ Párrafo original: *The objectives were to evaluate the difference in the translucency parameter (TP) by the illuminants, to determine the correlation between the contrast ratio (CR) and three TP values relative to the illuminants, and to measure the correlation between the differences in TP (ΔTP) and color ($\Delta E^* ab$) by the illuminants based on dental porcelain and porcelain repairing resin composites.*

Tabla resumen de resinas usadas por Lee YK en (2007 y 2007 bis)

| Marca comercial | Clases | Composición |
|--|---------------------------|--|
| Arabesk Top (ABT) In Cimara (porcelain repair kit) | A2, A3, A3.5 | 56% de partículas de relleno de 0,05 a 0,7 micrones |
| Filet Supreme (FSP) | A2B, A3B, A3.5B, A2E, A3E | 58 a 60% de relleno de partículas de 5 a 20 nanómetros |
| Tetric Ceram (TCR) In Cera Repair Intro Kit (porcelain repair kit) | A2, A3, A3.5 | 60% de relleno de particular de 0.04 a 3.0 micrones, con media de 0,7. |

8. Testeos y pruebas experimentales

Una gran parte de la investigación relativa al problema de reparaciones cerámicas, se centra fundamentalmente en la exploración de una variable primaria, la resistencia a las fuerzas de cizallamiento (Shear bond strength) en modelos experimentales utilizando como variables secundarias, diferentes tipos de resinas, sistemas adhesivos y sistemas de tratamiento superficial. Es por esto que este capítulo dedica especial interés a aquéllas investigaciones que presentan estos diseños multivariados, centrados en la evaluación de una propiedad física, modulando las restantes variables de adhesión.

Según Gómez do Santos et al (2006), quien presenta uno de los más completos y complejos diseños de experimentación sobre el tema, los sistemas de reparación CoJet (CJ), Clearfil SE Bond (CF) y Bistite II DC (BT) -que están especialmente indicados para reparación de rehabilitaciones metal cerámica- tienen secuencias definidas en el uso de sus productos, sin embargo, a juicio de la autora son costosos y no existiría suficiente evidencia para respaldar su efectividad. Por esa razón su estudio abordó la resistencia adhesiva de estos sistemas comparándolas con un protocolo de más simple y de menor costo (ScotchBond Multipropósito), además analizando el modo de falla, siempre en forma experimental *in vitro*.

La investigación de Gomez do Santos realiza una serie comparativa de pruebas con varios protocolos de reparación cerámica y metal, que aparece como lo más aproximado a un protocolo común de reparación, falencia metodológica que se ha observado y relatado en esta revisión, ya en un par de ocasiones.

La investigación de Gomez do Santos que se resumen en la siguiente tabla, en la próxima página:

Tabla comparativa de métodos de reparación en metal y cerámica

| Métodos de reparación para metal | | Métodos de reparación para cerámicas | |
|--|--|--|---|
| Sistema | Secuencia | | |
| Clearfil SE Bond (MCL) Kuraray | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Primer de metal Primer para Opaco Opaco Composite Clearfil AP-X | Clearfil SE Bond (PCL) Kuraray | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Gel grabador K Primer y activador Adhesivo Composite Clearfil AP-X |
| Bistite II DC (MBT) Tokuyama | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Cemento de resina dual Composite Palfique | Bistite II DC (PBT) Tokuyama | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Primer cerámico A y B Cemento de resina dual Composite Palfique |
| Cojet Sand (MCJ) 3m ESPE | Abrasión por partículas en chorro de aire con sílica Silano ESPE Sil Opaco Sinfony Adhesivo Visio-Bond Composite Z100 | Cojet Sand (PCJ) 3m ESPE | Abrasión por partículas en chorro de aire con sílica Silano ESPE Sil Adhesivo Visio-Bond Composite Z100 |
| Scotchbond M.P.Plus (control, MSB) 3M ESPE | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Acido fosfórico Adhesivo SBMPP Opaco Resina Z100 | Scotchbond M.P.Plus (control, PSB) 3M ESPE | Abrasión por partículas en chorro de aire con AIO2 Acido fosfórico Silano SBMMP Adhesivo SBMPP Resina Z100 |
| Cojet y MSB. (MCJSB) | Abrasión por partículas en chorro de aire con sílica. Acido fosfórico Silano SBMMP Adhesivo SBMPP Opaco Resina Z100 | Cojet y MSB. (PCJSB) | Abrasión por partículas en chorro de aire con sílica. Acido fosfórico Silano SBMMP Adhesivo SBMPP Resina Z100 |

El estudio de Gomes do Santos concluye que dentro de sus limitaciones, son posibles algunas afirmaciones respecto a los tratamientos de reparación metal cerámicos, de forma que:

- ☑ El grupo CoJet mostró superioridad estadística en relación a otros grupos.
- ☑ Para porcelana, el grupo ScotchBond, CoJet y Bistite II mostraron los mayores niveles de resistencia al cizallamiento, con mayor probabilidad de fallas cohesivas del sustrato.
- ☑ Para metal, todos los sistemas experimentales probados presentaron fallas adhesivas, excepto para el grupo Clearfil SE, que mostró mayor presencia de fallas cohesivas a nivel de la resina.

Cabe destacar finalmente que el estudio de Gomez do Santos es una completísima y actualizada investigación que aporta por sí sola más de 50 referencias bibliográficas.

Leibrock et al, (1999) plantean un estudio comparativo experimental con múltiples grupos de sistemas de reparación de cerámicas, bajo diferentes regímenes de termociclaje, que se resumen en la siguiente tabla:

Procedimiento acondicionador para las pruebas de sistemas de reparación de cerámica, agrupados por sistema de reparación.

| | | Tratamiento de superficie: | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|----------------------------|-------------|---------|----------------|----|------------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| Sistema de Reparación | Marca | Mecánico | | | Químico | | Acondicionamiento | | | |
| | | Piedra diamantada (50µ) | Carborundum | Arenado | H3PO4 | HF | Silano | Primer | Adhesivo | Composite |
| Kit Z100 | 3M | + | | | 35%, 15'' | | Keramik primer | | Adh. Multipropósito | Z100 |
| Monobond S Tetric | Vivadent | + | | | 32%, 60 a 90'' | | Monobond S | | Heliobond | Tetric |
| Sillistor | Kulzer | + | + | | | | Silicer | | Silbond | Charisma |
| Command Ultrafine | Kerr | | | + | 35%, 60 a 90'' | | Porcelain repar primer | | Bonding Resin | Ultrafine |
| All Bond 2/HF | Bisco | + | | + | | | Porcelain primer | Primer A&B | Bonding Resin | Bisfil M |
| All Bond 2/AP | Bisco | + | | + | | | Porcelain primer | Primer A&B | Bonding Resin | Bisfil M |
| Porcelain Etch | Ultradent | + | | | | | Silano | Permagen A&B primer | Bonding Resin | Microfill |

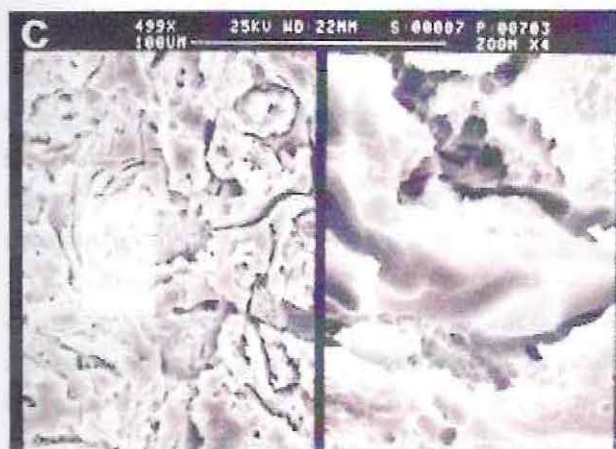
En su estudio, Leibrock aporta una secuencia ilustrativa de imágenes de MEB representando diferentes procedimientos acondicionadores de cerámica que se detallan a continuación:



(A) Sistema Monobond S Tetric®, piedra diamantada (50 micrones) y grabado con H₃PO₄ al 32%; se observa una superficie microrrugosa compatible con la necesidad de adhesión micromecánica



(B) Sistema Sillistor®, piedra diamantada (50 micrones) y subsecuente abrasión con piedra de carborundum K1; la superficie lograda luego del tratamiento es más bien plana.



(C) Sistema Porcelain Etch®, piedra diamantada (50 micrones) y grabado con AF al 9%, con evidente y favorable microretentividad tras el tratamiento.

En su investigación, Leibrock y su equipo concluyen que para la reparación de restauraciones metal cerámica el uso de piedras diamantadas de acabado y el uso consecutivo de agentes grabadores provee una superficie con adecuada microrugosidad. Igualmente indica que el uso de HF podría ser evitable al no parecer mucho mejor que otros ácidos más débiles (pero que requieren más tiempo), en tanto que los sistemas de microarenado no parecen ser muy superiores a otros sistemas de reparación convencional.

De este modo Leibrock afirma que la reparación de fracturas de cerámica sin gran exposición de áreas de metal puede ser una alternativa clínicamente viable al reemplazo completo de la rehabilitación, ya que algunos de los sistemas testeados en su investigación (Z 100 Kit®, Monobond S:Tetric® y Porcelain Etch®) demuestran valores de resistencia al cizallamiento al nivel de lo logrado por una buena adhesión de resina a metal luego de 2 años simulados por termociclaje. No obstante lo anterior, la experiencia clínica demostraría la necesidad de no prescindir de retenciones macromecánicas de ser posible, especialmente donde exista relativamente pocas superficies cerámicas remanentes donde adherir composite.

Ozcan M et al (2009), realiza una comparación entre tres sistemas de reparación cerámica (Bisco Repair Kit-BISCO, Cojet Repair kit-3M-ESPE, Clearfil Repair Kit-Kuraray.) Los materiales y sus características se resumen en la siguiente tabla:

| Marca comercial | Fabricante | Composición química. |
|--|------------|---|
| Bisco Repair kit, porcelain etchant, porcelain primer. | Bisco | 9,5% HF, Silano con metacrilato en alcohol |
| One Step | | Bis-GMA, BPDMA, HEMA, CQ, ácido p-dimetilaminobenzoico (co.iniciador), acetona, relleno de vidrios 8,5% |
| Cojet Repair Kit (CJ) | 3M - ESPE | Partículas de trióxido de aluminio recubiertas con sílica, de 30m. |
| Espe Sil | | 97% etanol, 1-3 Metacriloxipropil, trimetoxi silano. |
| Visio Bond | | Diciclopentil dimetilen diacrilato, ácido 2 propenoico, 2 metil 2-(2-hidroxietil)(3-metoxipropil)(amino P etil ester) |
| Clearfil Repair Kit | Kuraray | |
| 4-Etchant Gel | | H ₂ PO ₄ 40% |
| Clearfil SE Bond Primer | | MDP, HDMA, monómeros de dimetacrilato, agua, fotoiniciador. |
| Clearfil porcelain Bond Activator | | Bisfenol a polietoxi dimetacrilato, 3 Metacriloxipropil, trimetoxi silano. |
| Composite W3D-Master | Wilcos | Partículas de relleno de dióxido de silicio, vidrio de F-Al-Ba, bis GMA, TEGDMA y monómeros tetrafuncionales. |

Ozcan resume esta investigación señalando que el primer paso de los tres sistemas testeados (Bisco Repair Kit, CoJet Repair Kit y Clearfil Repair Kit) implican mecanismos de preparación superficial seguidos por la aplicación de componentes químicos. Mientras que el método Bisco Repair Kit está basado en la aplicación de AF en gel para disolver la matriz vítrea y crear microretención mecánica, los otros sistemas usaban abrasión por aire (CoJet Repair Kit) o asperizado por diamante (Clearfil Repair Kit).

Al evaluar los resultados en seco, es decir sin procedimientos de simulación de envejecimiento, el uso de AF se mostró superior a la abrasión con aire o al asperizado. Inversamente, la durabilidad de la adhesión química se hizo más dominante luego de las condiciones de envejecimiento. Los resultados a largo plazo en almacenamiento en agua y termocilaje mostraron leves diferencias entre los métodos Bisco Repair Kit y CoJet Repair Kit, siendo indicativos de que el uso de prehidrolización, mediante silanos de tipo MPS y sistemas adhesivos, eran más favorables para CoJet Repair Kit. El decremento de la fuerza adhesiva para Bisco Repair Kit desde condiciones en seco y luego a envejecimiento podría explicarse porque el consumo de agua entre las áreas de unión fue más alto que para CoJet Repair Kit. Por otra parte, el método de reparación Clearfil Repair Kit (con piedras de diamante finas y aplicación de H_3PO_4 al 40%) produjo los peores resultados en condiciones secas y de humectación y termocilaje. Ya que los resultados fueron también más bajos que los de los otros dos métodos, puede concluirse que el asperizado de superficie no es efectivo como los otros dos métodos. Desde un punto de vista clínico los métodos Bisco Repair Kit y Clearfil Repair Kit no requieren la compra de implementos adicionales, como dispositivos de abrasión por aire, por ello estos métodos pueden considerarse costo efectivos y prácticos pero los resultados obtenidos no fueron favorables implicando que el condicionamiento físico químico a través de la silicatización (triboquímica) aún parece ser necesario.

En situaciones clínicas con rehabilitaciones cerámicas parciales que muestren astillado o fractura también se utilizarán las superficies cerámicas adyacentes con AF gel y silano. Se hacen necesarios, según Ozcan et al (2009) futuros estudios para hallar si es que la adhesión obtenida con carillas cerámicas excede la del núcleo de la cerámica reforzada o contribuye a mejorar la adhesión. Finalmente los autores concluyen que:

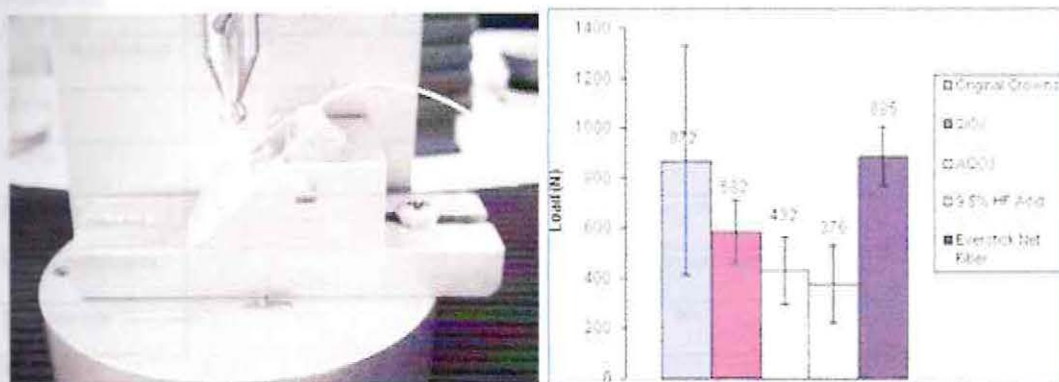
El almacenamiento en agua y el termocilaje disminuye la fuerza adhesiva de la reparación en los casos que se use Bisco Repair Kit y Clearfil Repair Kit, pero no afecta los resultados obtenidos con CoJet Repair Kit. La incidencia de fallas adhesivas aumenta en todos los métodos experimentados después de termocilaje siendo la más alta la del método Clearfil Repair Kit.

Ozcan, M. (en Ozcan et al 2006 b), realiza otro estudio comparativo *in vitro* en diferentes modalidades de tratamiento superficial para reparación de cerámicas fracturadas sobre metal. Utiliza un diseño experimental aleatorio, con 4 grupos de tratamiento a saber (1) ácido fluorhídrico al 9,5%; (2) microabrasión con partículas de Al_2O_3 de 50 μm (3) microabrasión con partículas de 30 μm de SiO_x y (4) la aplicación de dos capas de *E-glass fiber-reinforced composite* (FRC, StickTech).

Posteriormente se señala el uso de sistemas adhesivos convencionales para estos propósitos, a saber Espe Sil, Scotch Bond Multipropósito y resina Tetric Ceram. Sin embargo el diseño no es claro metodológicamente con respecto a si es aditivo o no, dejando sólo en claro que es un diseño cruzado.

Todas las muestras reparadas fueron sometidas a carga experimental en una máquina de prueba universal (LRX Material Testing Machine, Lloyd Instruments), que se observa en la figura a continuación.

De acuerdo a este diseño experimental no se observaron diferencias significativas en los niveles de fuerzas para la producción de fracturas, entre los tres primeros métodos de tratamiento superficial, no obstante el método de FRC habría mostrado una muy superior resistencia a la fractura, como se observa en el gráfico.



LRX Material Testing Machine y gráfico de Fuerza ejercida para fractura final.

Estos resultados deberían tomarse con cautela, pues el estudio contó sólo con 9 muestras, un tamaño muy pequeño, tampoco indicándose en la metodología cómo y por qué se definió este tamaño (por ejemplo señalando potencia del estudio o limitaciones del estudio). Dado ese tamaño muestral, es de esperar que el comportamiento de los datos no hubiera sido normal (como se intuye por las altas DS dentro de cada grupo), sin embargo el estudio no realiza un análisis de normalidad ni tampoco una aproximación. Señala el uso de la prueba paramétrica ANOVA con corrección de Bonferroni, sin embargo, esta prueba es clásicamente utilizada en conjuntos de datos donde se tiene la certeza de que la distribución de ellos es normal.

Por estas razones metodológicas, un estudio representativo y publicado además en una revista de prestigio y seriedad, debiera tomarse con muchas precauciones, casi como un informe preliminar o un estudio piloto. No obstante lo anterior, este estudio es uno de los más citados en las revisiones posteriores al 2006.

Yesil, Z. (2007) plantea una investigación experimental in vitro con el fin de analizar el efecto de diferentes superficies y diferentes materiales (cerámica, metal cerámica y metal) en términos de resultados en fuerzas adhesivas para reparar porcelana y comparar estos factores unos con otros. En su investigación se determinó estadísticamente que el tipo de subestructura, las aplicaciones en superficie y sus interacciones no eran relevantes. Las más altas fuerzas adhesivas se observaron en las muestras con subestructuras metálicas, superficies que fueron preparadas con abrasión por aire. Los más bajos resultados adhesivos se observaron en las muestras con subestructura metálica preparadas con asperización con diamante (Yesil 2007). En su investigación llama la atención la falta de un análisis multivariado conjunto en lugar de analizar variable por variable en forma independiente, llegando así a resultados contradictorios con la mayoría de la literatura revisada.

Pameijer y Fisher (1996) plantean una investigación relevante desde el punto de vista de su metodología, con un diseño de investigación en fases progresivas y testeos alternativos para verificar diferentes niveles de resistencia a las fuerzas deslizantes con diferentes tratamientos cerámicos superficiales. Los autores reportan las siguientes tablas de materiales y métodos usados para la preparación de las superficies, previo a las técnicas de reparación.

Comparación (1) de grupos testeados sin termociclaje

| TRATAMIENTO | Grupo A | Grupo B | Grupo C | Grupo D | Grupo E |
|-------------------------|-------------------------------|---------|--------------------------|------------|----------------|
| Preparación superficial | Glaseado | Arenado | Arenado y grabado con HA | Asperizado | Grabado con HA |
| Acido fluorhídrico (HA) | Porcelain Etch Gel (Pulpdent) | | | | |
| Silano | Scotch Prime (3M) | | | | |
| Primer | Permagen A&B (Ultradent) | | | | |
| Adhesivo | Permagen (Ultradent) | | | | |
| Resina compuesta | Amelogen (ultradent) | | | | |
| Termociclaje | No | | | | |
| Media | 3,75 | 10,64 | 14,39 | 9,34 | 13,65 |
| DS | 0,3 | 4,1 | 2,6 | 1,8 | 2,5 |

En esta investigación, el grupo A, con glaseado superficial intacto, mostró los menores valores de resistencia adhesiva a las fuerzas de cizalladura, luego de recibir el mismo tratamiento general que los demás especímenes en los grupos B (microarenado), C (microarenado y AF), D (asperizado) y E (grabado con AF). También hubo diferencias significativas entre los grupos B y D y entre los grupos C y E. El grupo C fue quien obtuvo los mayores valores experimentales, con 14.39 ± 2.6 MPa de resistencia a las fuerzas deslizantes, seguido de cerca por el grupo E (13.65 ± 2.5 MPa). Dado que no existieron diferencias significativas en las resistencias resultantes para estos autores, para aquellos subgrupos, en el uso de grabado sólo y grabado junto a microarenado, ellos sugieren en términos prácticos el uso de grabado con HA sólo como condición suficiente para lograr una buena adhesión. Posteriormente los investigadores añaden más grupos experimentales haciendo variaciones en el uso de silanos y sistemas adhesivos, como se indica en la siguiente tabla, previo a la intervención de termociclaje:

Comparación (2) de grupos testeados sin termociclaje

| TRATAMIENTO | Grupo E | Grupo F | Grupo G | Grupo H | Grupo I |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Preparación superficial | Grabado con HA | | | | |
| Acido fluorhídrico (HA) | Porcelain Etch Gel (Pulpdent) | Porcelain Etch Gel (Ultradent) | Porcelain Etch Gel (Ultradent) | Porcelain Etch Gel (Kerr) | Porcelain Etch Gel (Bisco) |
| Silano | Scotch Prime (3M) | Silano (Ultradent) | No | Silano (Kerr) | Silano Porcelain Primer (Bisco) |
| Primer | Permagen A&B (Ultradent) | Permagen A&B (Ultradent) | Permagen A&B (Ultradent) | Optibond prime (Kerr) | Allbond 2 Primer A&B (Bisco) |
| Adhesivo | Permagen (Ultradent) | Permagen (Ultradent) | Permagen (Ultradent) | Optibond fotocurable (Kerr) | Allbond 2 (Bisco) |
| Resina compuesta | Amelogen (Ultradent) | Amelogen (Ultradent) | Amelogen (Ultradent) | Composite XRV (Kerr) | Aelite (Bisco) |
| Termociclaje | No | | | | |
| Media | 13,65 | 15,66 | 10,44 | 10,8 | 14,9 |
| DS | 2,5 | 7,2 | 5 | 5,2 | 4,7 |

En esta segunda fase, fundamentalmente para testear la eficacia de silanos, los grupos F, I y el grupo E que recibieron silano, tuvieron los más altos valores medios de resistencia mecánica al cizallamiento, sólo los grupos G y H tuvieron valores menores.

En una tercera fase, Pameijer y Fisher evalúan el efecto del termociclaje, combinado con los diferentes tratamientos superficiales ya antes descritos:

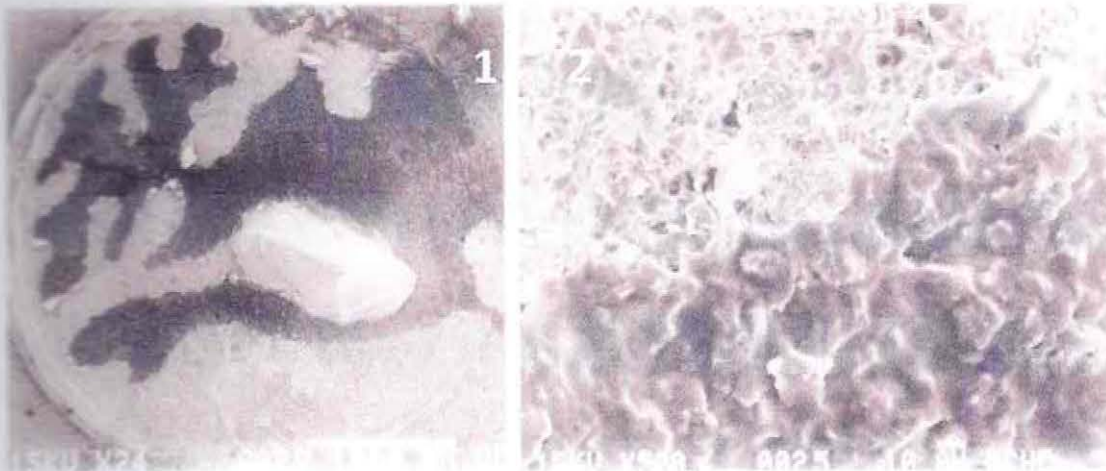
Efecto del termociclaje en la fuerza adhesiva de cerámicas reparadas.

| TRATAMIENTO | Grupo J | Grupo K | Grupo L | Grupo M | Grupo N |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Preparación superficial | Grabado con HA | | | | |
| Acido fluorhídrico (HA) | Porcelain Etch Gel (Pulpdent) | Porcelain Etch Gel (Pulpdent) | Porcelain Etch Gel (Pulpdent) | Porcelain Etch Gel (Ultradent) | Porcelain Etch Gel (Ultradent) |
| Silano | Scotch Prime (3M) | Scotch Prime (3M) | Silano (Ultradent) | Silano (Ultradent) | Silano (Ultradent) |
| Primer | Permagen A&B (Ultradent) | Scotch Prime (3M) | No | Permagen A&B (Ultradent) | No |
| Adhesivo | Permagen (Ultradent) | Scotchbond MP (3M) | Permagen (Ultradent) | Permagen (Ultradent) | Permagen (Ultradent) |
| Resina compuesta | Amelogen (ultradent) | Z-100 (3M) | Amelogen (ultradent) | Amelogen (ultradent) | Amelogen (ultradent) |
| Termociclaje | Si | | | | |
| Media | 6,8 | 6,2 | 6,0 | 9,4 | 6,2 |
| DS | 1,9 | 2,4 | 2,1 | 2,8 | 2,7 |

Todos los grupos registraron más bajos valores de Resistencia; siendo el grupo M el de valor más elevado, con una diferencia significativa respecto de los demás, reforzando la idea del uso de silano para estos propósitos (aún cuando lo realmente diferente es en este caso el uso de primer). En este estudio sólo en las cerámicas con glaseado intacto las fracturas fueron adhesivas, en tanto en las superficies tratadas fueron principalmente cohesivas, lo que quedó confirmado con las observaciones de MEB, encontrando sólo trazas de resina en la zona de fractura, rodeadas de cerámica.

De acuerdo con Pameijer y Fisher, todos los casos de fracturas cerámicas, incluso con exposición de metal, ya eran tratables con métodos de reparación de resina, en los años 90'. En su interesante estudio concluyen que:

- Las reparaciones de cerámicas no deben realizarse sobre superficies sólo glaseadas.
- Los sistemas Ultradent produjeron los más altos valores de resistencia al cizallamiento, seguidos por Bisco y 3M.
- Si bien la combinación de microarenado y AF en conjunto a sistemas de primers y adhesivos produjeron excelentes resultados, desde un punto de vista clínico el uso de AF solo, puede ser considerado igualmente adecuado.
- En este estudio el uso de silano (especialmente el sistema de Ultradent) mejoró considerablemente la fuerza adhesiva, y este sistema fue menos afectado por el termociclaje que otros sistemas.



1- Microfotografía electrónica de barrido, mostrando un típico patrón de fractura en un espécimen de mediana fuerza adhesiva. 2- Microfotografía electrónica de barrido, mostrando la separación entre porcelana y resina, destacando los pequeños remanentes de resina embebidos en la cerámica.

Las imágenes de MEB muestran los típicos patrones de fractura en un caso de resistencia media (figura 1), en tanto en la figura dos también de MEB, muestra la separación entre porcelana y resina, con fragmentos de resina rodeados de cerámica (Pameijer y Fisher 1996)

Panah et al (2008) realizan un testeo experimental in vitro, verificando las variaciones en las fuerzas traccionales necesarias para colapsar la unión entre resina y cerámica utilizando varios métodos conjuntos comparativos de tratamiento de superficie, entre ellos microarenado con partículas de óxido de aluminio de 50μ a 35 psi, ácido fluorhídrico al 9,5% por 30", uso de silano y adhesivos de resina; además la combinación de dos de los tres primeros y la combinación de todos secuencialmente. La investigación de Panah et al. registró 4 tipos de fallas:

Tipo 1: adhesiva (si uno de los lados fracturados en la superficie de resina o cerámica permanecía sólo con adhesivo).



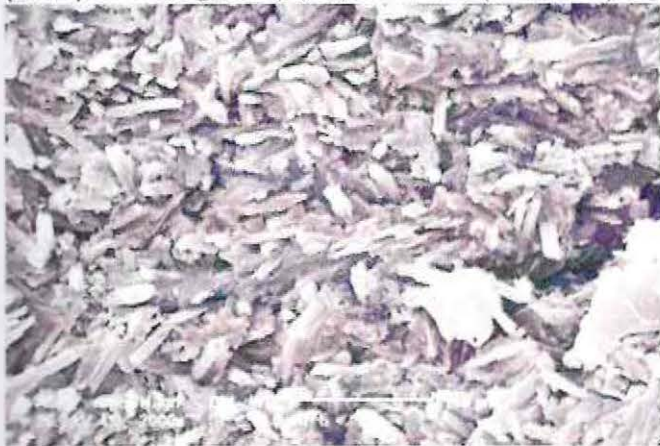
Ejemplo de fractura tipo I: superficie de fractura en el grupo microabrasión-AF. La capa adhesiva fue totalmente des-adherida desde la superficie cerámica.

Tipo 2: Cohesiva en la capa adhesiva (la fractura se extiende dentro del adhesivo);



Fractura de superficie en la capa de silano, ejemplo de modo 2.

Tipo 3: cohesiva en resina (la fractura se extiende totalmente en el composite) o cohesiva en cerámica (no reporta fotografías) y Tipo 4: mixta (la falla implica al menos 2 de estos materiales).



Fractura de superficie en superficie tratada con AF, mostrando remanentes de resina en el lado derecho de la microfotografía.

Los resultados de esta investigación se resumen en la siguiente tabla:

Micro resistencia traccional (MPa), valores mecánicos en las fallas de los grupos de prueba (MPa) y número de fallas prematuras:

| Grupo experimental ¹ | n | Media y DS | Fallas prematuras |
|---------------------------------|----|--------------|-------------------|
| NT | 10 | 4.1 (3,06) | 3 |
| Al | 10 | 7.56 (4.11) | 2 |
| HF | 10 | 14.04 (2.60) | 0 |
| S | 10 | 14.58 (2.14) | 0 |
| Al + HF | 10 | 15.56 (3.36) | 0 |
| Al + S | 10 | 23.02 (4.17) | 0 |
| HF + S | 10 | 24.70 (4.43) | 0 |
| AL + HF + S | 10 | 26.00 (3.71) | 0 |

¹ NT= no tratado, AL=arenado con partículas de óxido de aluminio; HF= grabado con ácido fluorhídrico; S=Silano.

Los resultados evidencian que el uso combinado de al menos 2 métodos de tratamiento superficial (uno de ellos idealmente silano) se aproxima al resultado ideal de todos los métodos combinados y supera con mucho al uso de sólo un método o ninguno de ellos.

Oh y Shen (2003) comparan de un modo muy simple 3 estructuras cerámicas (feldespática, reforzada con leucita y en base a disilicato de litio), versus 4 diferentes tipos de tratamiento superficial, a saber grabado ácido (AF 5% por 2 minutos), microarenado (partículas de 50- μm Al_2O_3) la combinación de éstos y la superficie cerámica sólo pulida, utilizando como adhesivo Heliobond y resina Tetric Ceram. El experimento naturalmente demostró superioridad en el tratamiento conjunto químico y mecánico, y a su vez la cerámica en base a disilicato de litio obtuvo las más altas resistencias a las fuerzas tensionales (23.1 MPa, contra 13,5 y 9,3 de los otros dos). Sin embargo, este estudio omite dos consideraciones relevantes, esto es en primer término el uso de silano, que de acuerdo a los autores se eliminó deliberadamente para no introducir otra variable más de investigación, y el uso de métodos de simulación intraoral, como almacenamiento en agua o termociclaje, que han demostrado importantes cambios en las fuerzas adhesivas (Hammond 2009).

Van der Vyver et al. (2005) sometieron a prueba experimental de resistencia al cizallamiento in vitro 4 sistemas de reparación cerámicos sobre bloques de porcelana Cerec Vitablocs Mark II, a saber:

- Scotchbond/ Relyx (S/3M)
- Ultradent Porcelain Repair Kit (U, Ultradent)
- Vivadent Ceramic Repair Kit (V, Vivadent)
- Prime & Bond NT/ Calibra Silane Coupling Agent (Dentsply).

Luego de un procedimiento de pseudo termociclaje y almacenamiento en agua, todos los resultados de pruebas de resistencia al cizallamiento mostraron finalmente fracturas cohesivas con rangos similares de resistencias, por lo que los autores concluyen que teóricamente los 4 sistemas pueden ser confiablemente utilizados para reparación de cerámicas.

Kumbuloglu et al (2003) realiza lo propio con un diseño experimental muy similar al anterior, sobre bloques de IPS Empress 2, Ivoclar-Vivadent, comparando tres kits de sistemas de reparación tras termociclaje y almacenamiento en agua:

- Silistor intra-oral para cerámica (Heraeus Kulzer),
- Cimara (Voco),
- Ceramic Repair (Ivoclar-Vivadent)

Como es de esperar, el sistema mejor evaluado en este caso fue Ceramic Repair, con niveles de hasta 7.0 MPa, muy superiores a los otros dos, aunque no demasiado alentadores comparados con otros estudios.

Knight et al (2003) comparan 4 métodos de reparación de porcelana para efectos de medir su resistencia al cizallamiento, luego de termociclaje y almacenamiento en agua, utilizando los siguientes sistemas:

- Premier MicroDose Porcelain Bonding/Optibond FL adhesive/Prodigy composite;
- Premier MicroDose Porcelain Bonding/PQ1 adhesive/Amelogen composite;
- Ultradent Porcelain Etch/Optibond FL adhesive/Prodigy composite;
- Ultradent Porcelain Etch/PQ1 adhesive/Amelogen composite.

Luego de las pruebas de resistencia al cizallamiento, los autores llegan a la conclusión que no existieron diferencias significativas en las resistencias al cizallamiento logradas, siendo los mejores resultados cercanos a los 21 MPa, y demostrando la casi totalidad de preparaciones estudiada, fracturas cohesivas en porcelana (Knight et al 2003).

Della Bona y van Noort (1995) cuestionan la validez de los métodos de prueba para fuerzas traccionales. En su diseño experimental utilizan tratamientos de superficies en base a AF y en base a fluorofosfato acidulado (APF) y concluyen que los resultados basados en pruebas de fuerzas de cizallamiento y modelaciones con elementos finitos (FEA) muestran que estos test tendrían el sesgo inherente de testear la fuerza sobre el material en su base y no en su interfase adhesiva. En las pruebas tensionales, las fallas ocurren invariablemente en las capas adhesivas, con AF y APF exhibiendo similares mejoras en la adhesión de resinas a cerámica. Por estas razones Della Bona y van Noort concluyen que las pruebas tensionales son más apropiadas que las pruebas de cizallamiento para evaluar las capacidades adhesivas de las resinas a las cerámicas.

Van der Vyver et al (1996) revisa siete diferentes sistemas adhesivos en combinación con resinas, desde el punto de vista de la resistencia al cizallamiento tras la unión a cerámica, en este caso Cerec Vitablocs Mark II porcelain. Los sistemas testeados y sus valores en MPa obtenidos con máquina Instron para el esfuerzo físico ya indicado fueron:

- Scotchbond Multi-Purpose (SMP): 22,6
- All-Bond 2 (AB): 17,1
- Optibond (OB): 17,1
- C&B Metabond (CB): 25,8
- Imperva Bond (IB): 18,3
- Silistor (S): 16,4
- Mirage Bond (MB): (1)13,6 y (2)6,0.

Cuando se usó el sistema Mirage Bond, la porcelana fue grabada con ácido hidrófluorídrico al 9,6 % por 2 minutos (10 muestras=MB1) o con Gel APF al 4 % por 2 minutos (10 muestras= MB2). Estos resultados demostraron una superioridad estadística de C&B Metabond y Scotchbond Multi-Purpose, mostrando la mayoría de las muestras fracturas cohesivas tras el esfuerzo de cizallamiento, no así el subsistema MP2. Esto indica que en general, según Van der Vyver (1996) todos los sistemas testeados son compatibles con reparación de sistemas cerámicos Cerec.

9. Casos clínicos:

En general los casos son clasificados como directos si implican la reparación utilizando técnicas adhesivas con resinas compuestas e indirectos asociados a grandes áreas de reparación con métodos de laboratorio.

Un ejemplo de ello es Robbins (1998), quien aporta una clasificación útil, indicando sus reportes de casos como reparaciones de cerámica, reparaciones mixtas metal-cerámica y reparaciones sobre metal. El primer caso lo tipifica como el más simple y menciona la posibilidad de confeccionar una carilla cerámica para tal fin, luego señala que es más frecuente la reparación en resina y finalmente en el mismo apartado señala como posible la adhesión de fragmentos cerámicos utilizando resinas libres de relleno, dando cuenta de un caso con 2 años de seguimiento, haciendo referencia al sistema Clearfil Porcelain bond, según el autor, el único existente en aquella época. En los casos mixtos el autor propone reparación de resina directa, en tanto en casos con gran exposición de metal, la solución coincide con la de varios autores que refieren métodos indirectos (overcasting) posteriormente cementados con agentes como C&B metabond o Panavia 21.

A continuación se presentará una selección de casos clínicos representativos de las técnicas clínicas más frecuentes.

Técnicas Directas:

Ahmad I. (2002), ofrece una ilustrativa secuencia de pasos básicos y comunes a la técnica de restauración de cerámica en base a resinas compuestas:



Esquema de pasos y técnicas de restauración cerámica

De derecha a izquierda, la técnica secuencia ilustra el inicio mediante técnicas de asperización de la superficie cerámica con diamante de alta velocidad (tema controvertido según varios autores por la ya mencionada eventual propagación de líneas de fractura, véase capítulo 3), luego la aplicación de ácido fluorhídrico (tip celeste), silano (verde) y agente adhesivo (rosado); posteriormente las capas de resina

compuesta necesarias eventualmente con activadores de superficie, opaco, capa de dentina y superficie final de esmalte.



Ejemplos de casos de fractura cerámica (Ahmad, 2002),

En el primer caso, indicando una inadecuada reducción incisal de la preparación, resultando en bordes frágiles y delgados de cerámica, con astillamiento del borde incisal; en el segundo caso, mostrando una PFP con inadecuado diseño de la subestructura metálica, resultando en cerámica sin soporte adecuado y resultado de fractura.

Ozcan M, (Ozcan et al 2006 a) refiere un procedimiento para reparación de dientes cerámicos en bases de polimetilmetacrilato, lo que si bien no es un problema tan común como la reparación de Prótesis Fija, puede considerarse por su metodología, principios y resultados, como atinente a esta revisión. En este caso se exhibe otra aplicación del sistema CoJet (3M ESPE) basado en la cobertura triboquímica de sílica, que al igual que Rocatec, provee una retención micromecánica por abrasión con aire, así como una unión químico física entre la resina y la superficie cerámica usando silano como agente de enlace, tema ya descrito en el capítulo 6.

En esta caso la reparación consistió en la adhesión de un diente protésico cerámico desprendido desde su base acrílica. La superficie protésica del polimetil metacrilato (PMMA) debe ser abrasionada con partículas de $50\ \mu\text{m}\ \text{Al}_2\text{O}_3$ para limpiar y remover contaminantes y promover la adhesión. Luego las superficies acondicionadas son silanizadas con ESPE-Sil (3M ESPE) dejándose secar por 5 minutos



Técnica de reparación adhesiva en una prótesis removible.

Se aplicó una resina adhesiva como Heliobond polimerizando por 20" a 800 mW/cm². Finalmente el protocolo termina con el uso de cemento adhesivo, como Variolink II. Como comentario personal, parece ser demasiada sofisticación para una situación relativamente trivial y poco frecuente ya que la inmensa mayoría de los pacientes desdentados totales o amplios parciales utilizan dientes acrílicos y no cerámicos.

Matsamura y Atsuta (1996) reportan un caso de reparación indirecta de PFP usando una suerte de carilla cerámica sobre metal, cementada posteriormente con cementos de resina, que en su experiencia dio una vida útil de 5 años.

Reston et al (2008) aportan una revisión somera de la técnica completa de reparación de cerámica mediante resina y finalmente tres casos clínicos que no detallan mayormente en su proceder, como por ejemplo el tipo de cerámica a reparar y el tipo de resina a utilizar.

Las imágenes de sus casos clínicos iniciales y finales son las siguientes:



Caso 1: fractura cerámica en talón de intermediario de PFP, reposición de fragmento



Caso 2, fractura parcial en intermediario de PFP, corrección en resina



Caso 3, amplia fractura de zona vestibular, overlay cerámico, reparación con resina.

Cardoso y Filho (1994) señalan un método indirecto muy básico basado en la reparación de una PFP de central a canino (9 a 11) con fractura cerámica y exposición de metal; la técnica consistió en la confección de una corona periférica parcial ("modificada" según señalan los autores) y posteriormente cementada con ionómero de vidrio para no "afectar la estética de la cerámica", logrando según los autores un buen resultado funcional.

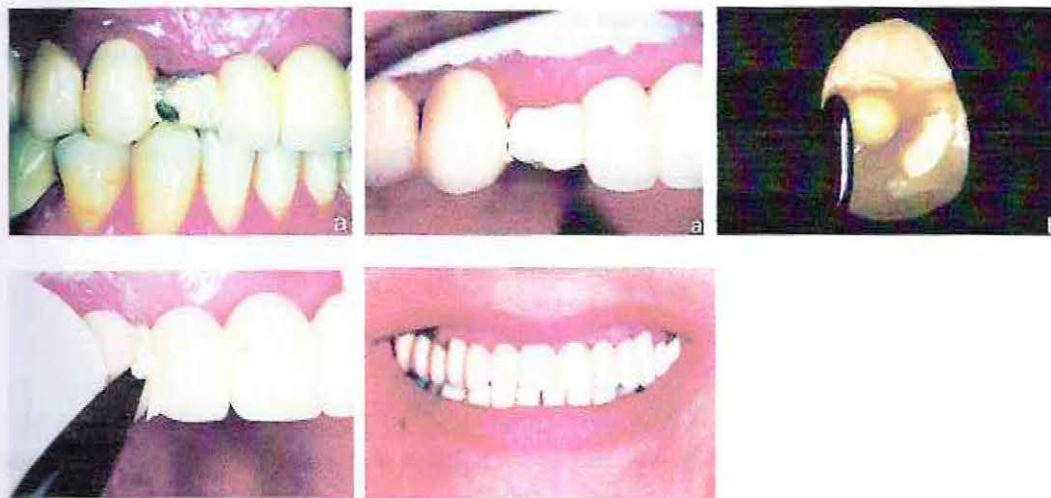
Araújo Raposo (Araújo y cols. 2009) presenta dos secuencias de casos clínicos directos con y sin reposición de fragmento cerámico, que contrastan con las técnicas invasivas indirectas de otros autores para similares condiciones iniciales. El primer caso es una fractura incisal en una rehabilitación metal cerámica extensa que se soluciona sin reposición de fragmento cerámico, con tratamiento en base a resina como elección:

La técnica consistió en aislamiento y aplicación de ácido fluorhídrico al 10% (Porcelain conditioner; Dentsply) por 2 minutos en la superficie de la cerámica feldespática, luego silanización por un minuto en la zona grabada (Silano, Angelus) seguida por sistema adhesivo Scotchbond Multipropósito (3M/ESPE). Finalmente el caso fue restaurado con resina microhíbrida Four Seasons (Ivoclar Vivadent), iniciando con una capa A2, luego A2 esmalte y esmalte traslúcido.



Secuencia de imágenes de caso clínico Araujo 2009

En un segundo caso, algo más complejo, el autor demuestra la técnica de reparación utilizando un amplio fragmento cerámico a adherir sobre la rehabilitación original de 14 unidades metal cerámica. La técnica de tratamiento superficial es idéntica al caso anterior para ambas superficies, utilizando resina de fotocurado para la unión de los fragmentos. El autor señala por qué descartó la utilización de resinas de autocurado o curado dual, en virtud de la eventual pérdida de sustancia cerámica, la que no debiera ser reemplazada por un material de baja resistencia compresiva.



Técnica en segundo caso de Araujo 2009

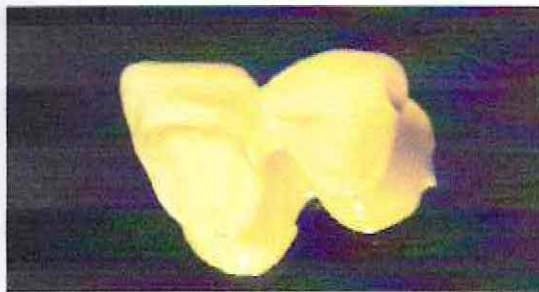
Sugiere finalmente el autor el uso de agentes adhesivos de un solo paso para reducir la viscosidad y mejorar la penetración de los monómeros en las superficies tratadas.

Ambas técnicas descritas son aplicables a situaciones en que no hay exposición de metal, en aquél caso el autor coincide con la mayoría de las referencias en la necesidad de tratamiento superficial del metal (arenado con partículas de 30 micrones, como CoJet Sand, 3M-ESPE) y el uso de agentes de enlaces específicos como Clearfil SE Bond⁸ (Kuraray)

Turkaslan (2008) detalla la reparación de una PFP de cerámica libre de metal. El caso correspondía a una PFP en base a cerámica reforzada con disilicato de litio (IPS-Empress 2, Ivoclar, Vivadent). El autor también señala la posibilidad de reparar PFP en base a cerámicas aluminosas (In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia) o zirconio de estabilización tetragonal. En estos casos la recomendación del autor es utilizar una conexión de pilares - intermediarios con área seccional de 12 mm a 16 mm. El autor recomienda el uso de resinas compuestas reforzadas con fibra, para mejorar las propiedades mecánicas de la reparación y mantener las propiedades estéticas (EverStick C&B, StickTech.)

⁸ Sistema de primer y adhesivo autograbante de fotocurado, es la evolución de Clearfil Liner Bond 2, aparecido en 1993 como sistema pionero autograbante.

La secuencia del caso se resume en las siguientes imágenes:



Izq: corona de inserción e intermediarios separados debido a fractura en el conector, Der: área de restauración aislada con goma dique



Izq: surcos creados en la superficie palatina del puente, Der: los surcos son grabados con ácido fluorhídrico al 9% y silanizados.

Básicamente la estructura de reposición de diente 2.3 colapsó luego de 5 años, en la conexión del pilar de diente 2.4. en la figura se observa un surco en la cerámica del intermediario. El tratamiento mecánico de superficies fue en base abrasión de partículas usando Al_2O_3 de 50 μm (Korox, Bego) con dispositivo clínico de abrasión (CoJet, 3M-ESPE) a una distancia de 10 mm y presión de 250Kpa bar por 10 segundos. El tratamiento químico consistió en grabado con AF al 9% (Pulpdent) por 5 minutos y finalmente silano (Pulpdent)

Luego se utilizó un bloque de resina con fibra de refuerzo E-glass (EverStick C&B, StickTech) impregnada en adhesivo y adaptada con resina fluida. La inserción mesial fue cementada con Panavia, el resultado estético se observa en las siguientes figuras.



Izq: vista oclusal del área restaurada luego de pulir, Der: vista vestibular del área restaurada luego de 3 semanas.

Bagis B. (2009) señala también un caso de fractura de PFP de reposición de ambos premolares superiores. La secuencia de imágenes es la siguiente:



Imagen radiográfica y clínica del caso de fractura en intermediarios, ya con reparaciones previa reparación.



La secuencia muestra grabado ácido, cobertura triboquímica y posicionamiento de refuerzo de fibra de vidrio.



Polimerización de la resina junto al refuerzo de fibra, aplicación de resina de refuerzo y vista final oclusal.

Aún cuando el caso es más complejo que el anterior, la resolución es similar en cuanto al uso de resina de refuerzo sobre un lecho cerámico en la zona de fractura⁹, el tratamiento mecánico mediante microabrasión, químico con ácido fluorhídrico y sistema adhesivo de cementación combinado con resina de relleno posterior (Surefil). El caso de Bargis fue relatado como reparación para un fracaso al mes posterior a la instalación del puente, en tanto el seguimiento a más de 12 meses de la reparación continuaba exitoso, lo que hace pensar en que las causas probablemente se debieran a una incorrecto diseño de oclusión en la zona de la conexión, por lo que el autor cita a Dos Santos (2006) para complementar las posibles causas de fracaso. Sin embargo señala igualmente que este tratamiento es "provisorio" en la medida que se evite el recambio de PFP por eventual daño a los pilares, tiempo y costo.

⁹ El autor señala la importancia del uso de piedras de 30 micrones ya que 50 o más pueden provocar cracks en la estructura cerámica, así como el beneficio del uso conjunto de arenadores en base a óxidos de a sílice y aluminio con partículas de 110 micrones

Wiegand et al 2008 reportan un caso de reparación de resina en los casos habituales de recesiones gingivales con exposición de metales en la interfaz coronoradicular. Lamentablemente el artículo no tiene acceso completo (revista Schweiz Monatsschr Zahnmed).

Técnicas Indirectas:

Algunos autores como Fahmy, señalan sus dudas respecto al uso de técnicas directas, indicando que el uso intraoral de AF es peligroso debido a su efecto cáustico, en tanto que la microabrasión por sí sola provee una fuerza adhesiva insuficiente y el uso de partículas más gruesas induce fracturas y pérdida de sustancia en la cerámica (Moore et al, 1982). Muchos reportes son escépticos respecto a la durabilidad en el largo plazo de las reparaciones cerámicas con resinas debido a la hidrólisis de silano (Kato et al, 1997) y de las condiciones estéticas de las resinas luego de su uso intraoral, así como su vida útil en general (Creugers 1992; Swift et al, 1992; Boyer et al 1984; Chiba et al 1989, citados por Fahmy 2010). No obstante sus referencias son un tanto antiguas y han sido ampliamente superadas por publicaciones más recientes en el orden contrario de tales afirmaciones.

Fahmy plantea un diseño experimental utilizando técnicas de reparación indirecta, mediante el uso de cerámicas de ultra baja fusión (ULFCs), que entre otras de sus propiedades destaca gracias a su habilidad de no producir desgaste en los antagonistas, como las cerámicas de alta fusión.

El estudio de Fahmy concluye que:

- ☑ El grupo de Omega-Ducera LFC indirecto, logró los valores estadísticos medios más altos de resistencia adhesiva al cizallamiento.
- ☑ Todos los valores de Resistencia en métodos directos están dentro de los valores para reparaciones de resinas.
- ☑ Ambos subgrupos experimentales, directos como indirectos, mostraron significativamente menores valores comparados con los valores iniciales de la cerámica Omega.
- ☑ Los subgrupos de Vision y Finesse (indirectos) registraron medias estadísticamente iguales a los grupos de reparación cerámica directa con resina.

Shimizu (Shimizu 2009), refiere un caso clínico en el cual una PFP metal cerámica sufre el desalojo parcial de una porción cerámica, la que luego es restaurada por métodos indirectos mediante una suerte de inlay metal resina con un medio de anclaje en forma de pin (intaglio¹⁰) cementado sobre el remanente metálico del puente. En este caso la superficie interna fue tratada con partículas de 50 µm de óxido de aluminio (Aluminous Powder WA 360, Pana Heraeus Dental Inc.). La superficie es tratada con un acondicionador de metal y silano, finalmente cementada con Super Bond (C&B Ivory, Sun Medical). A pesar que la técnica es interesante en su procedimiento y durabilidad, no demuestra una estética relevante.

¹⁰ Término tomado de las técnicas de escultura en relieve.



Secuencia clínica del caso de Shimizu

El primer para uso en metal contenía tanto monómero de tione (VBATDT) para ser usado en aleaciones preciosas y también monómero de fosfato hidrofóbico (MDP) diseñado para aleaciones no preciosas.

Quarnstrom, F. (Quarnstrom 2003 et al, en su artículo publicado en JADA, con sólo 3 referencias bibliográficas) señala otro método de resolución de PFP fracturada en cerámica, aún cuando el método indicado parece ser algo extremo en relación al tamaño de la fractura incisal, la que podría haberse reparado o intentado reparar con resina compuesta.

Véase la secuencia del caso:





Secuencia caso clínico Quarnstrom 2003.

El procedimiento descrito en las imágenes, es solucionado con una corona overlay, cementada con primers y adhesivos (no los menciona) y finalmente con resina. No describe tratamiento provisorio, más que una suerte de carilla acrílica cementada con óxido de zinc eugenol (i?) y en desoclusión. Aun cuando este caso está publicado en una revista de prestigio, no parece ser la suerte de inspiraciones de la odontología estética moderna.

Galiatsatos (Galiatsatos 2005) demuestra un procedimiento intraoral indirecto similar al de Quarnstrom, que del mismo modo él califica como "nuevo" y que sin detallar con mayor precisión (en su reporte de tres páginas) parece ser no otra cosa que una solución periférica parcial sobre un tallado similar a un muñón en la inserción mesial de una PFP, finalmente cementada con cemento de resina ((Panavia 21; Kuraray)



Caso clínico de Galiatsatos 2005.

A pesar de la vasta información publicada, no parece existir una sistematización de protocolos de reparación que considere desde la causa del fracaso o accidente, el tipo de fractura y el tipo de restauración, como una suerte de algoritmo conceptual de guía clínica.

10. Recomendaciones y conclusiones

Dada la fragilidad natural de los materiales cerámicos, el aumento en su uso como material de rehabilitación y el aumento en las expectativas de vida de los pacientes, es mucho más probable que los odontólogos enfrentemos frecuentemente situaciones de necesidad de reparación intraoral por restauraciones fracturadas o dañadas. Aunque las alteraciones oclusales y traumas son las más comunes causas de fractura en las restauraciones, también lo son otras causas detalladas en el capítulo 2, como inadecuada reducción de las preparaciones, microporosidades, incompatibilidad de coeficientes de expansión térmicos, etc. Enfrentado a esta situación el paciente y el odontólogo deben evaluar la posibilidad de rehacer la rehabilitación o repararla, considerando múltiples aspectos prácticos, funcionales y biológicos.

Las alternativas de reparación, como hemos visto en el capítulo 9 de casos clínicos pueden ser directas e indirectas. Estas últimas requieren más tiempo, más costo y eventualmente mayor dificultad, pero permiten resolver situaciones donde ha existido gran pérdida de sustancia o donde la estética juega un rol crucial. Una reparación directa, como hemos visto básicamente a lo largo de toda esta revisión provee una solución práctica, inmediata, de menor costo y facilidad relativas. Las desventajas incluyen menor resistencia a las cargas, mayor riesgo de desgaste y menores propiedades estéticas de la resina en relación a la cerámica. El éxito de una reparación, durable, resistente y estética depende en gran medida de la adhesión entre la corona y la resina reparativa, y esta adhesión depende de las condiciones químicas y físicas logradas en las superficies a tratar. Por ello, tradicionalmente todos los métodos buscan promover adhesión micromecánica, como el arenado con partículas abrasivas, asperizado con diamante y el grabado ácido con AF y otros compuestos; en caso de tener superficies aún mayores también se han utilizado métodos macromecánicos.

De acuerdo a Kussano et al. (2003), la combinación de microarenado con ácidos y la silanización de cerámica produce los mejores resultados reparativos. Cuando la falla afecta sólo a la porcelana, el acondicionamiento ácido es efectivo incrementando la microretención mecánica (Latta et al, 1998); pero se ha observado que el uso de silanos mejora considerablemente la fuerza adhesiva (Chen et al, 1998), tanto que el uso de AF no sería en este caso tan necesario, según Kussano, gracias a la reacción silánica con los grupos OH superficiales, siendo estos agentes de enlace los componentes esenciales de los procedimientos de reparación, modificando la estructura superficial y modelando una mayor reactividad con el composite, permitiendo una adhesión química (más que mecánica) entre la fase inorgánica de la cerámica y la orgánica de la resina. Teóricamente según la autora, y varios otros investigadores, la adhesión en base a silano de las reparaciones de resina sería estable en el tiempo; y su no utilización

implicaría mucho menores fuerzas adhesivas independientemente del tipo de tratamiento superficial aplicado (Shaverdi et al 1998; Lacy et al. 1998; Berry 1999).

Con el método de grabado ácido con AF se remueve selectivamente parte de la matriz vítrea de la cerámica exponiendo la estructura cristalina, utilizando rangos de concentración y tiempo de 4% a 9,5% por 2 a 5 minutos respectivamente. En estos casos no todos los odontólogos reparan en el tipo de sustrato cerámico y su susceptibilidad al grabado. Por ejemplo, para el sistema IPS Empress con refuerzo de leucita, se recomienda el uso de AF al 9% por 60 segundos; más detalles sobre estas condiciones se han dado ya en los apartados del capítulo 3, por ejemplo en relación al contenido aluminoso. El uso de abrasión por aire por sí solo no ha demostrado concluyentemente su beneficio, en tanto la asperización con diamante es sindicada por algunos autores como causante de eventuales tensiones y micro-cracks en la cerámica. Numerosos estudios han mostrado la dificultad adicional de reparación de sectores que involucren ambos, metal y cerámica, apareciendo como solución relativamente reciente el uso de dispositivos como Cojet 3M, con tecnología triboquímica, ya explicada en detalle en el capítulo 6, apartado 3, y el consiguiente uso de silanización.

Además del beneficio químico de la copolimerización del silano con la resina y la superficie cerámica, su acción incrementa la humectabilidad de la superficie cerámica mejorando aún más la unión a resina; sin embargo debe considerarse la precaución de no mezclar marcas comerciales incompatibles, comprometiendo así el resultado de la adhesión. Algunos estudios han reportado que utilizar aire tibio puede mejorar la fuerza de la adhesión de la resina intermediada por silano a la cerámica, al promover la evaporación de solventes permitiendo una más completa reacción. A pesar que existe acuerdo sobre la temperatura (38°) no lo hay sobre el tiempo de aplicación, siendo una recomendación estándar 60”.

A pesar que los factores pronósticos más relevantes son sin duda el tratamiento superficial y las condiciones intraorales, no menor relevancia tiene la naturaleza de la resina compuesta seleccionada, como se ha discutido en el capítulo 3. Por ejemplo los composites híbridos y con mayor contenido en peso de relleno, generalmente resultan en mayores fuerzas adhesivas que los de microrrelleno, siendo aconsejable dejar estos relegados a zonas de menor stress masticatorio

Aún cuando ningún artículo lo relate, puede existir un efecto potencial debido a los procedimientos de pulido inmediatos; otros estudios en tanto sí relatan un posible aumento mediato en las fuerzas adhesivas. Por lo anterior sería aconsejable otorgar el mejor contorno posible a las reparaciones previo a su fotopolimerización, de modo de evitar la necesidad de un pulido demasiado extenso, en forma inmediata, posponiéndolo 24 horas.

Luego de revisar semi exhaustivamente el tema, se evidencian algunas necesidades metodológicas y clínicas a saber:

- ☑ La necesidad de una guía clínica, protocolo o algoritmo de decisión que considere diferentes factores causales y pronósticos para la toma de decisiones respecto a la mejor alternativa de tratamiento para cada caso en particular.
- ☑ La necesidad de una estandarización en los protocolos de investigación, respecto del tipo de biomateriales a utiliza, tiempos de aplicación y concentraciones, modelos de envejecimiento (in vitro) y patrones de seguimiento (in vivo).

Anexos

Tabla comparativa de métodos clínicos y experimentales en las principales referencias revisadas.

| Autor | Año | Estructura de análisis | Tipo de Falla/Diseño experimental | Tratamiento de superficies | | | | Cementación |
|--------------------|--------|----------------------------|--|---------------------------------------|--|--|---|-------------------------------|
| | | | | Químico | Mecánico | Resina | Activación | Cementación |
| Turkaslan S, et al | 2008 | PFP 10-11-12, IPS Empress2 | Fractura de conexión | 9% AF (Pulpdent Corp) por 5 min | Microabrasión 50 μm Al ₂ O ₃ (Korox) con CoJet, 3M-ESPE. | Refuerzo E-glass (EverStick C&B, | Silano (Pulpdent Corp) | Panavia F 2.0, Kuraray, Japan |
| Robbins | 1998 | Cerámica | Fractura de fragmento conservado | AF 1,23% | NS | NS | Scotchprime 3M; Clearfil porcelain bond | NS |
| | | Metal cerámica | Fractura de cerámica con exposición moderada de metal | NS | Micro arenado 50 μm Al ₂ O ₃ | Resina sin relleno | All Bond 2; C&B; Panavia. | NS |
| | | Metal | Fractura con exposición total de metal | NS | Overcasting | NS | NS | C&B Metabond, Panavia 21 |
| Bargis, B | 2009 | PFP 3-4-5-6, Zirconio | Fractura de conexión, reparación con fibra de refuerzo | AF 6% (Porcelain Bonding Kit) 5 mins. | Microarenado 30- μm óxido de aluminio (Al ₂ O ₃ -CoJet System, 3M ESPE) | Stick Resin, StickTech; SureFil Dentsply. | Silane coupling agent (ESPESil, 3M ESPE) + Single Bond. | Rely X ARC, 3M ESPE |
| Örcan, M | 2006 b | In vitro | Fractura experimental | AF al 9,5% | microabrasión con partículas de Al ₂ O ₃ de 50 μm | Composite E-glass (FRC, Stick, StickTech). | Espe Sil, Scotch Bond Multipropósito | NS |
| | 2006 b | | | | microabrasión con partículas de 30 μm de SiO _x | Tetric Ceram | Silano (?) | |
| Quarmstrom, E. | 2003 | PFP anterior | Fractura cerámica, overlay sobre metal | NS | Surcos retentivos en intermediario | NS | NS | NS |

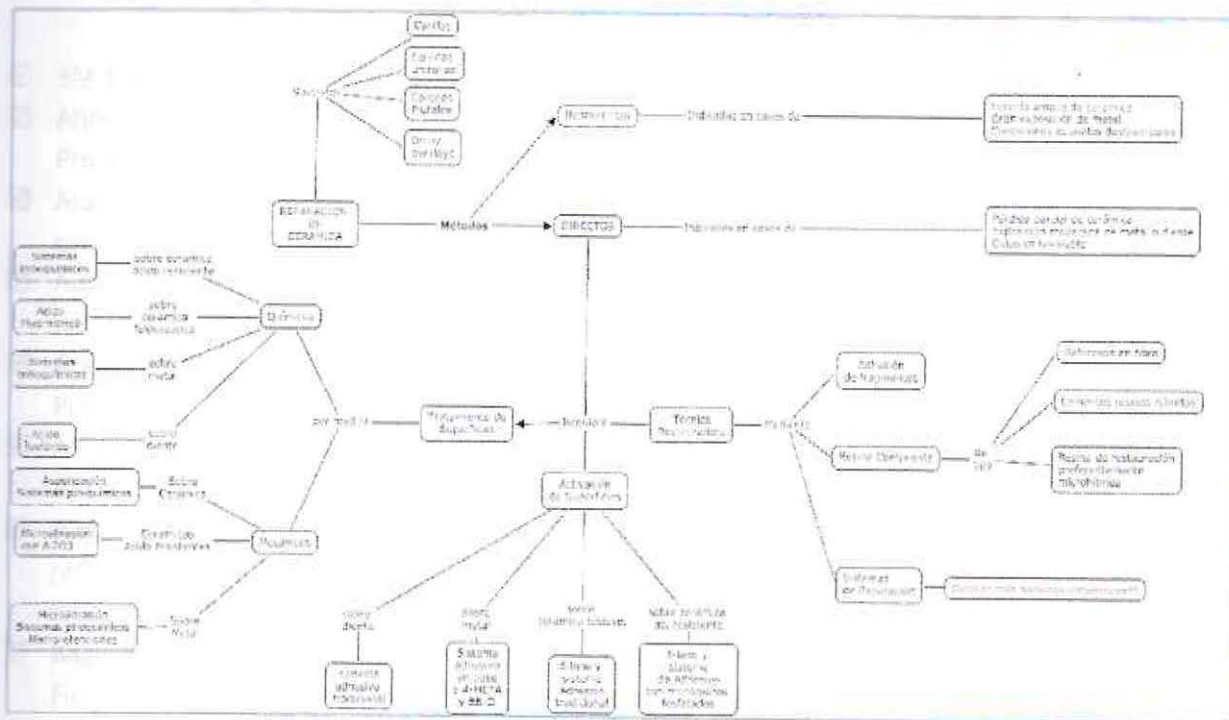
| | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--|------------------------------------|---|--|---|--|----|
| Araújo, LH. | 2009 | PFP anterior, cerámica feldespática | Fractura cerámica incisal | AF al 10% (Porcelain conditioner; Dentsply) 2 minutos | Resina microhibrida 4 Seasons (Ivoclar Vivadent), | Scotchbond Multipropósito (3M/ESPE). | NS | |
| | | Cerámica con exposición de metal | | | Microabrasión de partículas de 30 micrones, como CoJet Sand, 3M-ESPE | Clearfil SE Bond (Kuraray) | NS | |
| Matsumura & Atsuta | 1996 | PFP anterior metal cerámica, | Fractura cerámica en Intermediario | | Airbrush (microabrasión con partículas de alúmina) | V Primer | C&B Metabond (4-Meta) | |
| Ozcan, M | 2006 a | Diente cerámico sobre base acrílica | Desprendimiento | | Microabrasión con partículas de 50 µm Al ₂ O ₃ | ESPE-Sil (3M ESPE), Heliobond | Variolink II. | |
| Shimizu, H | 2009 | PFP/Metal Porcelana | Fractura parcial de cerámica | | microabrasión 50 µm óxido de aluminio (Aluminous Powder WA 360), Macroretenciones. | VBATDT+MDP Acondicionador de metal y silano | Super Bond (C&B Ivory, Sun Medical | |
| Galiatsatos, A | 2005 | PFU | Desprendimiento de cerámica | NS | NS | NS | Panavia | |
| Yesil, Z | 2008 | Porcelana sobre metal: Ceramco, Burlington; Ni-Cr (Wiron 99, Bego) | Experimental | Clearfil Se Bond Primer, Kuraray; Clearfil SE Bond. | NS | Valux Plus 3M-Espe | NS NS | |
| Berry, T. | 1999 | Porcelana Vita VMK68 body porcelain | Experimental, fuerza tensional | | Grit silicon carbide. | Mirage FLC | Silanos (Cerinate Prime, Mirage 1 y 2 pasos, Fusion) | NS |
| Fisher y Weiss | 2008 | Ceralox, SPA-RTP-SB, Sasol | Experimental, curación de cracks | NS | Infiltración vítrea | Al ₂ Alumina Glass-Powder, Vita* | NS | NS |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|------|---|---|--|---|--|---|-------------------|
| Panah et al | 2008 | Disilicato de litio, IPS Empress 2 | Experimental, fuerza tensional. | AF (Ultradent porcelain etch 9.6% Buffered, lot no. B1VBC, Ultradent | Microabrasión con óxido de aluminio 50- μ m a 35 psi desde 10 mm por 15 mins. | Tetric Ceram Ivoclar Vivadent | Silano (Monobond-S, Ivoclar Vivadent) Heliobond, Ivoclar Vivadent. | NS |
| Fahmy et al | 2010 | Feldespática convencional (VITA Omega) + 3 tipos de ULFC (Finesse, Duceram, Vision Low) | Experimental, fuerza tensional | AF 9% por 2 minutos (Ultradent) | Microabrasión con óxido de aluminio 50- μ m a 3 bar. | Filtek Z250 | Ceramic Primer Monobond-S (Ivoclar) + Adper Single Bond2, 3M. | NS |
| Della Bona y van Noort | 1995 | Cerámica feldespática VITA | Experimental, fuerza tensional | AF 9,6% y fluorofosfato acidulado (APF) 4% | NS | Prisma Universal Bond, Dentsply | Silano Mirage-Chameleon; Prisma APH Dentsply | NO |
| Kussano et al | 2003 | Metal Cerámica (Durabond, cerámica?) | Experimental, fuerza tensional | Acido fosfórico 35% 1 min. AF 10% gel, Dentsply. | 50 m óxido de aluminio + Retenciones mecánicas | Z100 3M | Silano Ceramic Primer, 3M. Scotch Bond MP Plus, 3M. | NO |
| Gomes dos Santos, et al. | 2006 | Metal o Cerámica feldespática (Vera Bond II; Noritake SP) | Experimental, fuerza tensional | Acido fosfórico, K-etchant gel (Clearfil SE) | Abrasión con partículas de óxido de aluminio y sílica. | Z100, Clearfil APX, Palfique. | Alloy primer, Espe Sil, Visio Bond, SBMMP. Primer (Clearfil SE), Ceramic Primer A-B (Bistite II). | Dual (Bistite II) |
| Leibrock et al | 1999 | Cerámica Vita Vacuum, Aleación Dentitan | Experimental, fueza deslizante, similar a bis a bis | H3PO4 al 32% y 35%, AF al 8% y 9% | Rocatec (alumina 110 micrones), Diamante de 50 micrones. | Z100, Tetric, Charisma, Ultrfine, Bisfil M, Microfill. | Silano, Primer y sistemas adhesivos | NS |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------|--|---|--------------------|--|--|-----------------------------|-----|
| Ozcan et al | 2009 | Cerámica feldespática reforzada con alúmina (Vitadur-a, VITA) | Experimental, | H3PO4 40%, HF 9,5% | Partículas de trióxido de aluminio (30 micrones) | W3D Master | Silano y sistemas adhesivos | NS |
| Saigiliy et al | 2006 | IPS Empress | Prueba estética, estabilidad de color tras envejecimiento | NS | NS | Charizma (Haerus K); Clearfill (Cavex); Silux Plus (3M). | NS | NS |
| Lee YK, et al | 2007 b | IPS d.Sign, Ivoclar | Pruebas estéticas de metamerismo y tinte | NS | NS | Arabesk Top, Filtek Supreme, Tetric Ceram | NS | NS |
| Lee YK | 2007 a | IPS d.Sign, Ivoclar | Pruebas estéticas de traslucidez y contraste | NS | NS | Arabesk Top, Filtek Supreme, Tetric Ceram | NS | NS |
| Cardoso & Filho | 1994 | PPF metal cerámica 3 unidades | Excesivo grosor de metal en incisal de inserción | NS | Fresado multihoja, para corona cerámica parcial | NS | NS | CIV |
| Oh & Shen | 2003 | Cerámica feldespática, reforzada con leucita y disilicato de litio (Ivoclar-Vivadent) | Experimental, fuerza adhesiva | AF 5% por 2 min | Microabrasión con 50-micrones de Al2O3 a 35 psi | Tetric Ceram | Heliobond | No |
| Frankenberger et al | 2000 | Cerámica feldespática (Vita); Reforzada con Leucita (IPS Empress); feldespática sobre metal. | Experimental, fuerza adhesiva | AF 5% por 60" | CoJet-Sand 30 micrones, 3M | Resina opaca (?) | ESPE-Sil por 5 min. | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|------|----------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------|-----------------------|----|
| Haselton et al | 2001 | Cerámica feldspática y metal | Experimental, fuerza adhesiva | | CoJet Sand 3M vs Ivoclar Ceramic Repair sistem | | | |
| Ozcan y Niedermeier | 2002 | Cerámica de PFP y PFU | Fracturas cerámicas in vivo | NS | Cojet Sand 3M, 30 micrones | | ESPE-SII | |
| Reston et al | 2008 | Cerámica feldspática sobre metal | Fracturas cerámicas en PFP, PFU y overlay cerámico | AF y fosórico | Asperización con diamante | NS | silano | No |
| Güler et al | 2006 | Cerámica feldspática | Experimental, resistencia al cizallamiento | AF 9,6% en diferentes tiempos | NS | Filtek z250 | Single Bond y Adhe SE | No |

2. Mapa conceptual de procedimientos de reparación cerámica.



Referencias bibliográficas.

- ☑ 3M-ESPE. The Chairside System for Durable Repairs. Manual técnico PDF) en www.3mespe.com.
- ☑ Ahmad, I.: Salvaging fractured porcelain crowns with a direct composite repair technique. *Pract Proceed Aesthet Dent* 2002; 14(3):233-238.
- ☑ Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent* 1995; 73:464-70.
- ☑ Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1993;70:6-11.
- ☑ Araújo Raposo LH, Antunes Neiva N, Rodrigues Da Silva G, Lemes Carlo H, Soares Da Mota A, Do Prado CJ, Soares CJ.: Ceramic Restoration Repair: Report Of Two Cases. *J Appl Oral Sci.* 2009.
- ☑ ASTM E 308-90, Standard test methods for computing the colors of objects by using CIE system. ASTM; 1990.
- ☑ Augusti D, Spreafico D, Casali S, Motta G, University Of Milan, Italy. Published At: 0588 Ced 2005, En http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/conventional-lab/rocatoc/
- ☑ Bagis B., Ustaomer S., Lassila L., Vallittu P., Provisional Repair of a Zirconia Fixed Partial Denture with Fibre-Reinforced Restorative Composite: A Clinical Report. *JCDA.* Vol 75 (2) March 2009.
- ☑ Bailey JH. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. *J Prosthet Dent* 1989;61:174-177.
- ☑ Beck DA, Janus DE, Douglas HB. Shear bond strength of composite resin porcelain repair materials bonded to metal and porcelain. *J Prosthet Dent* 1990;64:529-533.
- ☑ Bello JA, Myers ML, Graser GN, Jarvis RH. Bond strength and microleakage of porcelain repair materials. *J Prosthet Dent* 1985;54:788-91.
- ☑ Berry T, Barghi N, Chung K. Effect of water storage on the silanization in porcelain repair strength. *J Oral Rehabil* 1999;26:459-463.
- ☑ Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Adhesive monomers for porcelain repair. *Int J Prosthodont* 1989;2:483-489.
- ☑ Bertolotti RL, Paganetti C. Adhesion monomers for fixed partial denture (porcelain/ metal) repair. *Quintessence Int* 1990;21:579-82.
- ☑ Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002;33:415-26.
- ☑ Blatz MB; Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literatura. *J Prosthet Dent* 2003; 89:268-74.
- ☑ Boyer DB, Chan KC, Reinhart JW: Build-up and repair of light-cured composites: bond strength. *J Dent Res* 1984;63:1241-1244
- ☑ Burke FJ. Fracture resistance of teeth restored with dentin-bonded crowns: the effect of increased tooth preparation. *Quintessence Int* 1996; 27:115-21.
- ☑ Cardoso AC; Filho PS. Clinical and laboratory techniques for repair of fractures porcelain in fixed prostheses: a case report. *Oper Dent.* 1994. 25(12) pp 835-8.

- ☑ Chang JC, Koh SH, Powers JM, Duong JH. Tensile bond strengths of composites to a gold-palladium alloy after thermal cycling. *J Prosthet Dent* 2002;87:271-6.
- ☑ Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper Dent* 1998;23:250-257.
- ☑ Chiba K, Hosoda H, Fusayama T: The addition of an adhesive composite resin to the same material: bond strength and clinical techniques. *J Prosthet Dent* 1989;61:669-675
- ☑ Chung KH, Hwang YC. Bond strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997;78:267-74.
- ☑ Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent* 2000;25:427-
- ☑ Cochran, M.A., Carlson, T.J., Moore, B.K., Richmond, N.L. & Brackett, W.W. (1988) Tensile bond strengths of five porcelain repair systems. *Operative Dentistry*, 13, 162
- ☑ Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials. 11th ed. Mosby: St. Louis; 2002. pp. 30–38.
- ☑ Creugers NH, Snoek PA, Kayser AF: An experimental porcelain repair system evaluated under controlled clinical conditions. *J Prosthet Dent* 1992;68:724-727.
- ☑ Culp L. Empress 2. First year clinical results. *J Dent Technol* 1999;16:12-5.
- ☑ [De Souza-Zaroni WC, Youssef MN. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. *Photomedic Laser Surg.* 2007 Aug; 25 \(4\): 291-6.](#)
- ☑ Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res* 1995;74:1591-1596.
- ☑ Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13:131-5.
- ☑ Diaz-Arnold AM, Wistrom DW, Aquilino SA, Swift EJ Jr. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent* 1993;6:291-4.
- ☑ Diaz-Arnold AM, Schneider RL, Aquilino SA. Bond strength of intraoral porcelain repair materials. *J Prosthet Dent* 1989;61:305-309.
- ☑ Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent.* 2000;83:166–170.
- ☑ Fahmy NZ & Mohsen CA. Assessment of an Indirect Metal Ceramic Repair System. *Journal of Prosthodontics* 19 (2010) 25–32.
- ☑ Ferrando JM, Graser GN, Tallents RH, Jarvis RH. Tensile strength and microleakage of porcelain repair materials. *J Prosthet Dent* 1983;50: 44-50.
- ☑ Frankenberger R, Kramer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silicacoated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 2000;25: 209-15.
- ☑ G. Saygılı, S. S,Ahmali , F. Demirel. Colour stability of porcelain repair materials with accelerated Ageing. *Journal of Oral Rehabilitation* 2006 33; 387–392
- ☑ Galiatsatos A. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2005;93:321-3.
- ☑ **Gomes dos Santos J, Garcia Fonseca J, Adabo GL, Dos Santos Cruz CA. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent* 2006; 96:165-73.**

- ☑ [Güler AU; Yilmaz F; Yenisey M, Güler E; Ural C. Effect of acid etching time and self etching adhesive on de shear bond strength of composite to porcelain. \(20\) J.Adhes Dent. 2006 Febr; 8 \(1\) : 21-5.](#)
- ☑ H. Fischer, R. Weiss, R. Telle. Crack healing in alumina bioceramics. *Dental materials* 24 (2008) 328–332.
- ☑ Hammond BD. Intraoral Repair of Fractured Ceramic Restorations. *Journal Compilation* © 2009, Wiley Periodicals Volume 21, Number 4, 2009.
- ☑ Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001;86:526-31.
- ☑ Hayakawa T, Horie K, Aida M, Kanaya H, Kobayashi T, Murata Y. The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dent Mater* 1992;8:238-40.
- ☑ ISO 10526, CIE standard illuminant for colorimetry, ISO 10526:1999(E), CIE S 005-1998.
- ☑ Jochen DG, Caputo AA. Composite resin repair of porcelain denture teeth. *J Prosthet Dent* 1977;38:673-679.
- ☑ Kato H, Matsumara H, Tanaka T, et al: Bond strength and durability of porcelain bonding systems. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 511-517.
- ☑ Kelsey WP 3rd, Latta MA, Stanislav CM, Shaddy RS. Comparison of composite resin-to-porcelain bond strength with three adhesives. *Dent Mater* 2000;48:418-21.
- ☑ Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *Dent Mater* 1993;9:155-61.
- ☑ Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998;14:64-71.
- ☑ Kim SH, Lee YK*, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Metameric effect between dental porcelain and porcelain repairing resin composite. *dental materials* 23 (2007) 374–379
- ☑ Knight JS, Holmes JR, Bradford H, Lawson C. Shear bond strengths of composite bonded to porcelain using porcelain repair systems. *Am J Dent* 2003;16:252-4.
- ☑ Kumbuloglu O, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta Odontol Scand* 2003; 61:268-72.
- ☑ Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1996;76:119-24.
- ☑ Kussano CM, Bonfante G, Batista JG, Henrique J, Pinto N. Evaluation of Shear Bond Strength of Composite to Porcelain According to Surface Treatment. *Braz Dent J* (2003) 14(2): 132-135
- ☑ Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988;60:288-91.
- ☑ Latta MA, Barkmeier WW. Approaches for intraoral repair of ceramic restorations. *Comp Cont Educ Dent* 2000;21:635-644.
- ☑ Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil* 1999;26:130-7.
- ☑ Llobell A, Nicholls JJ, Kois JC, Daly CH. Fatigue life of porcelain repair systems. *Int J Prosthodont* 1992;5:205-13.
- ☑ Luthy H, Marinello CP, Scharer P. Factors influencing metal-resin tensile bond strength to filled composites. *Dent Mater* 1990;6:173-7.

- ☑ **Matinlinna JP; Vallittu PK: Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces – an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. Journal of Oral Rehabilitation 2007 34; 622–630**
- ☑ Matsamura H., Atsuta M.: Repair of an eight unit fixed partial denture with a resin bonded overcasting: a clinical report. J. Prosth Dent. Vol 75 (6) 1996. 594-96.
- ☑ Moore PA, Manor RC: Hydrofluoric acid burns. J Prosthet Dent 1982;47:338-339
- ☑ Newburg R, Pameijer CH. Composite resin bonded to porcelain with silane solution. JADA 1978;96:288-91.
- ☑ Nisamatsu H.; Atsuta M.; Matsumura H.: "Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontics microfilled composite". Journal oral Rehab. 29. Pp644-648, 2002.
- ☑ Oh Ws; Shen C. Effect Of Surface Topography On The Bond Strength Of A Composite To Three Different Types Of Ceramic. Journal Of Prosthetic Dentistry 2003 (90:241–6)
- ☑ Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. Int J Prosth 2002;15:299-302.
- ☑ Ozcan M, Pfeifer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding dentistry. Quintessence Int 1998;29:713 24.
- ☑ Özcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA. Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. Dental materials 25 (2009) 1477–1483.
- ☑ Ozcan M, Van Der Sleen JM, Kurunm H, Vallittu PK: Comparison Of Repair Methods For Ceramic-Fused-to-Metal Crowns. Journal of Prosthodontics, Vol 15, No 5 (September-October), 2006: pp 283-288 (b)
- ☑ Ozcan M. A Practical Method for Chairside Repair of Debonded Porcelain Denture Teeth. J Prosthodont 2006; 15:47-50 (a)
- ☑ Ozcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. Journal of Oral Rehabilitation 2003 30; 194–203.
- ☑ Pameijer CH, Louw NP and Fischer D. Repairing fractures porcelain: how surface preparation affects shear force resistance. Am Dent Assoc 1996; 127;203-209. (artículo patrocinado por Ivoclar Vivadent)
- ☑ Panah FG; Sosan Mir Mohammad Rezai, Leila Ahmadian, The Influence of Ceramic Surface Treatmentson the Micro-shear Bond Strength of Composite Resin to IPS Empress 2. Journal of Prosthodontics 17 (2008) 409–414.
- ☑ Pratt RC, Burgess JO, Schwarts RS, Smith JH. Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems. J Prosthet Dent 1989;62:11-13.
- ☑ Quarnstron FC; Aw T.: Repairing fractured porcelain-fused-to-metal bridge pontics. J Am Dent Assoc 2003;134;1097-1100.
- ☑ [Reston EG](#), [Filho SC](#), [Arossi G](#), [Cogo RB](#), [Rocha Cdos S](#), [Closs LQ](#). Repairing ceramic restorations: final solution or alternative procedure? [Oper Dent](#). 2008 Jul-Aug;33(4):461-6.
- ☑ [Robbins JW](#). Intraoral repair of fractures porcelain restoration. Oper Dent. 1998 (23) 203-7.
- ☑ [Rosen H](#). Chairside repair of ceramometal restorations. J Can Dent Assoc 1990;56:1029-33.

- ☑ Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3:246–251.
- ☑ Schmage P, Nergiz I, Herrmann W, Ozcan M. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to
- ☑ Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res.* 1990;69:1180–1183.
- ☑ Seghi RR, Johnston WT, O'Brien WT. Spectrophometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent.* 1986;56:35–40.
- ☑ Shahverdi S, Canay S, Sahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *J Oral Rehabil* 1998;25:699-705.
- ☑ Shimizu H, Takahashi Y. A Resin-Bonded Overcasting with Highly Filled Composite Resin to Salvage a Broken Metal-Ceramic Fixed Partial Denture: A Case Report . *cda journal* , vol 37, no 2. 2009.
- ☑ Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont* 1991;4:17-23.
- ☑ Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain/composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater* 1991;7(2):118-23.
- ☑ Stangell, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 1987;66:1460-1465.
- ☑ Stephen M, Hsu et al En Effect of materials on tribochemical reactions between hydrocarbons and surfaces 2006 *J. Phys. D: Appl. Phys.* 39 3128-3137
- ☑ Suliman AH, Swift EJ Jr, Perdigao J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 1993;70:118-20.
- ☑ Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterization of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent* 2000;28:441-5.
- ☑ Swift EJ Jr, Le Valley BD, Boyer BD: Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater* 1992;8:362-365
- ☑ Taira Y, Yoshida K, Matsumura H, Atsuta M. Phosphate and thiophosphate primers for bonding prosthodontic luting materials to titanium. *J Prosthet Dent* 1998;79:384-8.
- ☑ Turkaslan S, Tezvergil-Mutluay A. Intraoral repair of all ceramic fixed partial denture utilizing preimpregnated fiber reinforced composite. *Eur J Dent.* 2008 Jan;2(1):63-8.
- ☑ Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent* 1994;72:121-127.
- ☑ [Van der Vyver PJ, de Wet FA, Botha SJ. Shear bond strength of five porcelain repair sistema on cerec porcelain. *Journal of Southafrican Dental Assoc.* 2005 jun; 60\(5\): 196-8 quiz 216,218.](#)
- ☑ [Wiegand A,Schmid M,Schidlin PR. Esthetic repair of crown margins with composite. A case report. *Schweiz Monatsschr zahnmed.* 2008; 118\(5\):427-35.](#)
- ☑ Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *Am J Dent* 1993;6:155-8.
- ☑ Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. *Dent Mater* 1992;8:158-61.

- ☑ Yap AU, Sim CP, Loh WL, Teo JH. Human-eye versus computerized color matching. *Oper Dent* 1999;24:358–63.
- ☑ Yesil ZD; Karaoglanoglu S; Akgül N; Ozdabak N; Ilday NO. Effect of Different Surfaces and Surface Applications on Bonding Strength of Porcelain Repair Material. *Clinical Research in dentistry*, Apr. 2007.
- ☑ Yesil ZD; Karaoglanoglu S; Akgül N; Ozdabak N; Ilday NO.: “Effect of Different Surfaces and Surface Applications on Bonding Strength of Porcelain Repair Material”. *NYSDJ* • APRIL 2007.
- ☑ Yong-Keun Lee. Changes in the translucency of porcelain and repairing resin composite by the illumination. *Dental Materials* 23 (2007) 492–497.