

TITULO:

CIRCONIO VS METAL. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LA CERÁMICA DE RECUBRIMIENTO.

AUTORES:

Universidad de Valencia. Facultad de Medicina y Odontología. Departamento de Estomatología. Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión

Rubén Agustín Panadero ^A / Antonio Fons Font ^B / María Fernanda Solá Ruiz ^D / María Granell Ruiz ^C / Alberto Ferreiroa Navarro ^E / Guillermo Pradíes Ramiro ^F

^A Profesor Colaborador. Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión. Departamento de Estomatología. Facultad de Medicina y Odontología de Valencia.

^B Profesor Titular. Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión. Departamento de Estomatología. Facultad de Medicina y Odontología de Valencia.

^C Profesora Asociada. Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión. Departamento de Estomatología. Facultad de Medicina y Odontología de Valencia.

^D Profesora Ayudante Doctor. Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión. Departamento de Estomatología. Facultad de Medicina y Odontología de Valencia.

^E Profesor Colaborador. Departamento de Prótesis Bucofacial. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid.

^F Profesor titular. Departamento de Prótesis Bucofacial. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid.

Autor Responsable: Dr. Rubén Agustín Panadero.

Email: rubenagustinpanadero@gmail.com

Resumen

Objetivo: Estudiar el comportamiento de la porcelana de revestimiento en coronas cerámicas con núcleo interno de circonia, tras ser sometidas a carga estática de compresión. *Material y método:* Se estudiaron 80 coronas individuales de recubrimiento completo; 60 coronas con núcleo interno de óxido de circonio, y 20 coronas con núcleo metálico (grupo control). *Resultados:* Los valores obtenidos fueron: ZirPress 1818,01 N, ZirCAD 1773,92 N, Lava™ 2210,95 N, Ceramo-metálicas 2310,49 N.

Conclusiones: La resistencia a la fuerza de compresión de los grupos Ceramometálico y Lava™ obtienen un valor medio de fractura estadísticamente mayor con respecto a las cerámicas de recubrimiento de los grupos ZirCAD y Zir-Press. Todas las porcelanas de recubrimiento analizadas superan ampliamente los valores medios de resistencia a la fuerza de compresión ejercida durante la masticación establecida en la normativa ISO 6872.

Palabras clave: Lava™, IPS e.max ZirCAD, IPS e max Ceram, IPS e max ZirPress, óxido de circonio, cerámica de óxidos, carga estática.

INTRODUCCIÓN

Debido al desarrollo de la tecnología en odontología y a las altas expectativas socio-culturales creadas sobre el tratamiento a alcanzar; el odontólogo restaurador no puede conformarse con conseguir la funcionalidad de su terapéutica, sino que debe dotarla de una estética óptima. Se nos exige la obtención del canon de belleza en cada tratamiento. A causa de todo ello, la estomatología ha apostado por la introducción de materiales de nueva generación que nos faciliten conseguir este difícil propósito.

Hegel, define la belleza como: “el resultado de la imaginación y los sentimientos, no siendo por lo tanto una ciencia exacta”. Globalmente, hablar de estética y asociarla a la Odontología resulta complicado puesto que cuando hablamos de estética nos referimos al estudio y percepción de la belleza¹.

Entre los materiales en odontología que más han evolucionado en los últimos tiempos, tenemos la porcelana dental. La introducción de las porcelanas de nueva generación (feldespáticas de alta resistencia y de cerámica de óxidos) aporta una gran belleza, inalcanzable con el uso de la restauración ceramo-metálica convencional, aunque la resistencia de esta última sigue siendo más alta. Esta es la problemática que se le presenta hoy en día al odontólogo en su consulta; apostar por la estética, sacrificando la resistencia de la restauración, o decidirse por la resistencia mermando estética al tratamiento.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La complicación más frecuente de las restauraciones de zirconium oxide based ceramic, es la fractura de la cerámica de recubrimiento². Los estudios clínicos revelan una tasa elevada de fracturas que oscilan entre el 6-15% en un plazo de tres a cinco años³. Son valores altos si los comparamos con el 4% de fractura, que presentan las restauraciones convencionales ceramo-metálicas a los 10 años^{4, 5, 6, 7}.

Hasta la fecha, son pocos los trabajos de investigación realizados sobre la resistencia *in vitro* de las porcelanas de recubrimiento sobre las cerámicas de nueva generación.

OBJETIVOS

1. Realizar un ensayo de compresión hasta la fractura de la porcelana de recubrimiento de restauraciones de óxido de circonio.
2. Estudiar a microscopía óptica y electrónica la fractura producida y los cambios ocasionados en la superficie de la restauración.
3. Realizar un estudio estadístico de los datos obtenidos en el ensayo de compresión.

MATERIAL Y MÉTODO

Se confeccionó un modelo maestro sobre el cual iban a ser diseñadas las restauraciones a estudiar. Seleccionamos un primer molar superior que tallamos de forma convencional para albergar una prótesis fija tipo Jacket.

A continuación realizamos 80 impresiones del modelo con silicona de adición (polivinilsiloxano) de consistencia pesada (Putty Elite HD. Zhermack) y fluida (Light Elite HD. Zhermack) con la técnica de doble mezcla.

Cada impresión se vacío con resina epoxi (Exakto-Form). Tras 45 minutos de polimerización, retiramos el espécimen de resina epoxi de la impresión (Figura 1) y se posicionó en un cilindro de cobre de diámetro de 2,2 cm, utilizando como material de estabilización escayola tipo IV (Vel-Mix ClassicDie Stone).

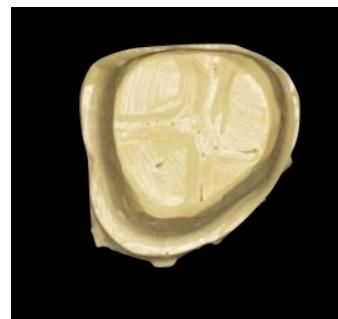


Figura 1. Vistas del modelo maestro en resina epoxi

Obtenidos los 80 especímenes, se confeccionaron 80 coronas de recubrimiento completo dividiéndolas en 4 grupos.

- GRUPO I: 20 coronas IPS e.max Zir-CAD de Ivoclar (Núcleo: IPS e.max ZirCAD; Porcelana de revestimiento: IPS e max Ceram).
- GRUPO II: 20 coronas IPS e.max ZirPress de Ivoclar (Núcleo: IPS

e.max ZirCAD; Porcelana de recubrimiento: IPS e max ZirPress).

- GRUPO III: 20 coronas Lava™ de 3M ESPE (Núcleo Lava™ Frame Zirconia; Porcelana de recubrimiento: Lava™ Ceram).
- GRUPO IV O CONTROL: 20 coronas Ceramo-Metálicas (Grupo control), con técnica de estratificación por capas de la porcelana de recubrimiento (Núcleo: Aleación Cromo- Niquel Rexillium V; Porcelana de recubrimiento: Cerámica IPS d.SIGN).

Características del diseño morfológico de la cerámica de recubrimiento.

Diseñamos la anatomía oclusal de las coronas (mediante la técnica de encerado) para que el aplicador de la carga de la Máquina Instron (bola de alúmina de 4 mm de diámetro) realice un contacto en la fosa central de la restauración con un apoyo tripódico en las vertientes internas de la cúspide vestibular y palatina (*Figura 2*).

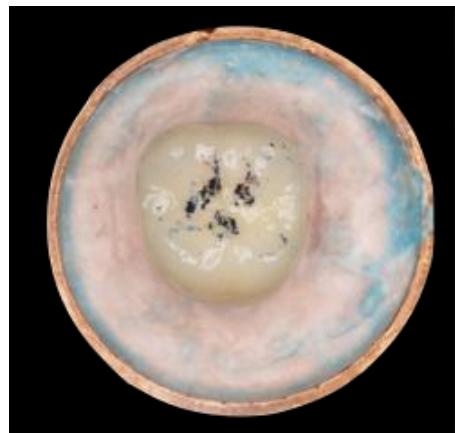


Figura 2. Puntos de oclusión deseables en las coronas que se someterán a carga

Para ello se realizó una reproducción de la parte activa del aplicador de la carga (antagonista) tomando una impresión con silicona de adición (Elite HD. Zhermack), que fue vaciado en resina acrílica (Trim II® Bosworth).

Cementado de las coronas a los modelos.

Una vez confeccionadas las coronas, se llevó a cabo su cementación mediante un cemento de resina de polimerización dual. Sobre ellas se aplicó, durante 5 minutos, una

fuerza de 1 Kg de peso, para la correcta distribución del cemento y asentamiento de la misma (*Figura 3*).



Figura 3. Báscula de un Kg de peso que ejerce la fuerza sobre la corona para su asentamiento correcto mientras se realiza su cementación.

Ensayo de compresión:

El ensayo de compresión de las muestras fue realizado en una máquina Instron (*Figura 4*).



Figura 4. Contacto entre antagonista y vertientes internas de la muestra.

El aplicador de la carga de dicha máquina descendía sobre la muestra ejerciendo una fuerza vertical y continua, con una velocidad de avance de cruceta de 0,5 mm por minuto, realizando un recorrido vertical descendente perpendicular a la zona oclusal de la restauración. La bola de alúmina del aplicador establecía un contacto tripódico con

las vertientes internas de las cúspides vestibulares y cúspide palatina de la corona (*Figura 5*).



Figura 5. Abrazadera del aplicador de la carga y mesa de fijación de los especímenes

La máquina se detenía cuando se producía la fractura de la porcelana de revestimiento y nos medía la fuerza en Newtons a la que se producía dicho fracaso (*Figura 6*).



Figura 6. Fractura de la porcelana de recubrimiento tras someterla a carga.

Procesado de imagen de las muestras examinadas

Se examinaron a microscopía óptica y electrónica una muestra de cada grupo de coronas de óxido de circonio (Grupos I, II y III).

Las muestras se analizaron en:

- Zona superficial externa de la fractura.
- Zona transversal de la restauración o estructura interna

Para analizar la superficie externa de la fractura las muestras fueron acondicionadas en su tamaño. Para ello se seccionó el cilindro de cobre que sujetaba el muñón del espécimen, dejando únicamente un anillo de 4 mm de grosor, con la máquina Struers Accutom-5, con refrigeración con agua a baja velocidad, 0,25 mm/min, para no dañar la muestra (3000 rpm), con un disco de corte diamantado 50 A15 Struers.

Para analizar la estructura interna de la fractura, las muestras fueron embebidas en resina epoxi de fraguado lento (Epofix Kit) en un pequeño molde de polipropileno. Las muestras fueron cortadas transversalmente con una cortadora de precisión con un hilo de acero diamantado de diámetro 0,3 mm a baja velocidad.

A continuación, las superficies fueron devastadas y pulidas con discos de diferentes granulometrías (con partículas de granulometría descendente hasta las 0,05 μm), para conseguir un plano uniforme del área a examinar. El pulido se llevó a cabo con la máquina Struers LaboPol-21.

Procesado de las muestras para su observación en M/E de Barrido (SEM).

Para poder visualizar las muestras en microscopía electrónica de barrido, las restauraciones fueron metalizadas con oro con la técnica de evaporización (Figura 7).



Figura 7. Pincelado con plata líquida del espécimen.

A continuación, se introdujo la muestra en un aditamento específico para captar imágenes en el microscopio electrónico, en un Jeol JSM 6300 el cual estaba equipado con una micro-sonda de análisis por energías dispersivas de Rayos-X Link de Oxford Instruments Ltd.

Estudio estadístico de los datos: Se realizó un Análisis Descriptivo y Bivariante que contiene, la variable resistencia, media, desviación estándar, rango y mediana.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los diferentes aspectos analizados, los dividiremos en:

- 1.Resultados del **ensayo de compresión y análisis estadístico** de los mismos.
- 2.Resultados del estudio a **microscopía óptica y electrónica** de las muestras ensayadas.

1. ENSAYO DE COMPRESIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

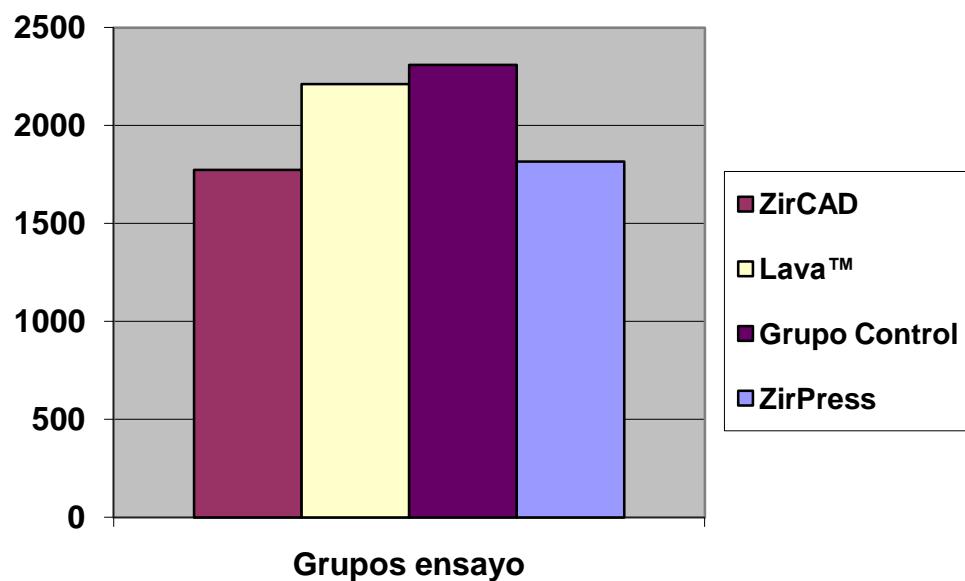
Analizando la resistencia de la porcelana de recubrimiento en cada grupo ensayado (*Tabla 1*)(*Gráfica nº1*), podemos decir que el grupo IV o control obtuvo los mejores valores del estudio (2310,49 N), seguido, en segundo lugar, por el grupo III (2210,95 N). El grupo II (1818,01 N) y el grupo I (1773,92 N), se situaron en tercer y cuarto lugar respectivamente.

Fuerza (Newton)			Fuerza (Newton)			Fuerza (Newton)	
ZirPress			ZirCAD			LAVA	
1	1722,12915		11(1)	2336,91791		1	1520,13539
2	1775,81919		12(2)	1567,77584		2	2304,04555
3	2279,17999		13(3)	1940,93719		3	2906,06791
4	2077,18623		14(4)	1961,75487		4	2236,25465
5	2206,05122		15(5)	1929,54974		5	2399,9937
6	1530,18837		16(6)	1660,43231		6	1385,88805
7	1677,86934		17(7)	xxxxxxxxxx		7	2365,78687
8	1722,84086		18(8)	1911,40099		8	2449,68034
9	1789,92005		19(9)	xxxxxxxxxx		9	2679,20859
10	1725,5098		20(10)	1408,75191		10	1808,73603

Promedio	1850,66942		1839,69009			2205,57971
desvest	247,569538		287,198768			488,524538

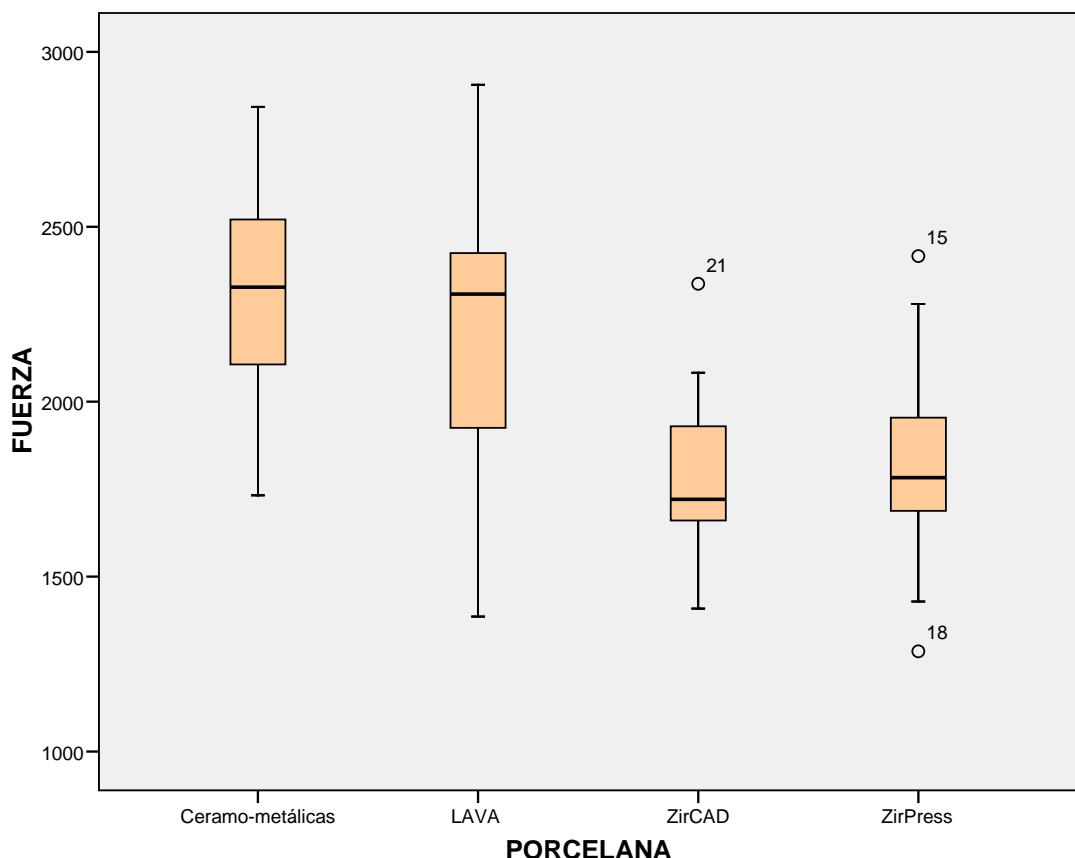
Fuerza (Newton)			Fuerza (Newton)	
C-M Press			Ceramo-m	
1	1804,99952		1	2488,60228
2	1963,97898		2	1732,22661
3	1788,98592		3	2842,94764
4	1669,99599		4	2553,01253
5	2080,52239		5	1776,5309
6	1753,97842		6	2761,99
7	2638,95218		7	2395,10065
8	1861,00264		8	2332,87003
9	2349,99568		9	2277,84552
10	2283,98407		10	2190,52692
Promedio	2019,63958			2335,16531
desvest	313,870059			367,337772

Tabla 1. Valores de fractura de la porcelana en (N)



Gráfica n° 1: Fuerza con la que se fractura la porcelana de recubrimiento de cada grupo.

En el análisis de la distribución de los valores obtenidos a través de un diagrama de cajas o Box-Plot observamos la igualdad entre el grupo III y el grupo control (cajas de amplitud similar y alturas parecidas) y la superioridad de estos con respecto a los grupos I y II(*Gráfica nº2*).



Gráfica nº2. Diagrama de cuartiles

Analizamos mediante las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney los distintos grupos con respecto al grupo control (*Tabla 2*). El nivel de significatividad empleado fue del 5% (p-valor=0.05).

Porcelanas	p-valor
ZirPress vs. Control	0,000
ZirCAD vs. Control	0,000
LAVA vs. Control	0,565

Tabla 2. p-valor.

Cuando comparamos las resistencias de las distintas porcelanas entre sí, exceptuando el grupo control, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre el grupo III y los grupos I y II (*Tabla 3*). Por lo que deducimos que los grupos I y II son estadísticamente menos resistentes que el grupo III y el grupo IV o control.

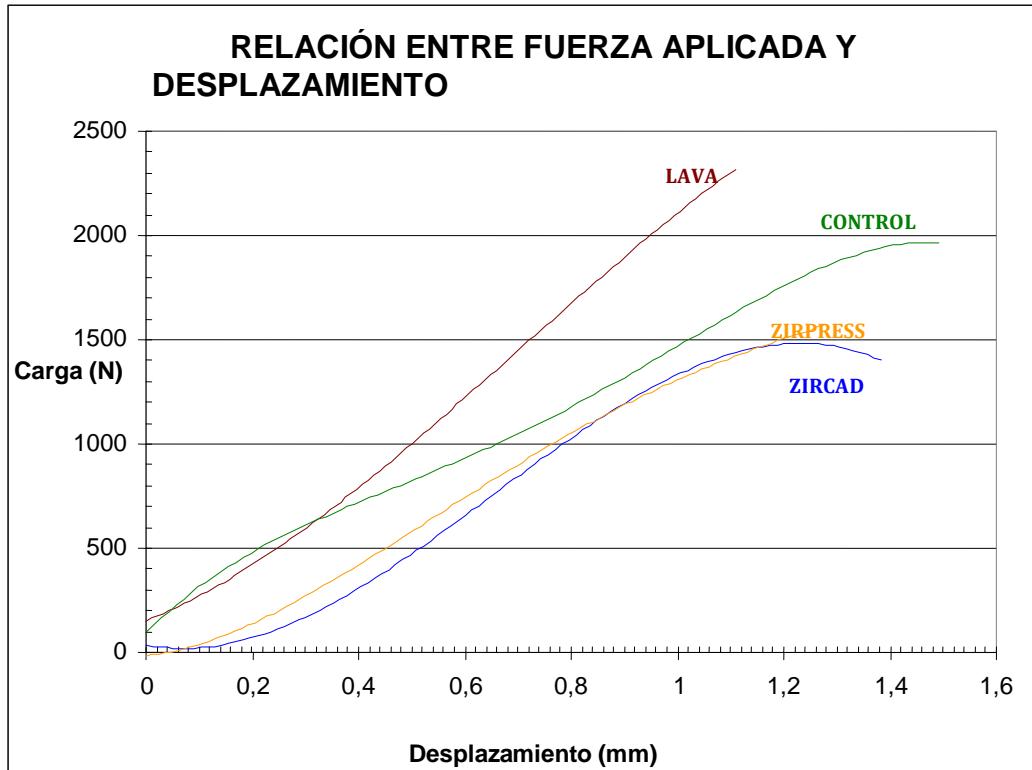
Porcelanas	p-valor
LAVA vs. ZirPress	0,002
LAVA vs. ZirCAD	0,001
ZirPress vs. ZirCAD	0,553

Tabla 3. p-valor.

Relación entre la fuerza aplicada y la deformación de la corona

En este apartado se analizan, para las distintas porcelanas, la forma en que se relacionan la carga o fuerza ejercida sobre la corona y la consecuente deformación de ésta.

Si comparamos los comportamientos medios de los cuatro grupos de porcelanas de recubrimientos, el resultado es el siguiente (*Gráfica nº 3*).



Gráfica nº 3. Relación entre Fuerza y Desplazamiento entre porcelanas.

Analizando esta última gráfica, podemos afirmar que el grupo III presenta una tendencia más resistente que el resto de grupos.

Los grupos I y II presentan comportamientos similares en cuanto a la evolución carga-desplazamiento.

2. RESULTADOS DEL ESTUDIO A MICROSCOPÍA ÓPTICA Y ELECTRÓNICA DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS.

Zona superficial externa de la fractura.

El tipo de fractura en todas las coronas analizadas fue de patrón radial o periférico. La deformación del material de recubrimiento se produce en la zona de oclusión, desarrollándose la fractura contigua a ella de forma radial (*Figura 8*).

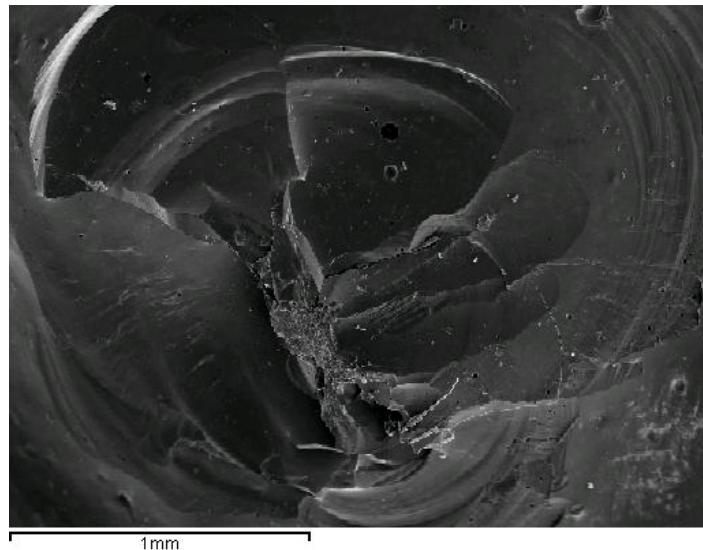


Figura 8. Imagen 50X de la zona de oclusión con el antagonista (bola de alúmina).

Zona transversal de la restauración o estructura interna

1. Análisis de la interfase Circona-Porcelana:

Como podemos observar en las imágenes que se muestran a continuación, la unión entre ambas estructuras se debe principalmente a una retención micromecánica. La zona superficial de la circona presenta unas convexidades y concavidades microscópicas que facilitan el consiguiente engranaje de la porcelana de recubrimiento. No se ha demostrado ningún tipo de unión química (*Figura 9*).

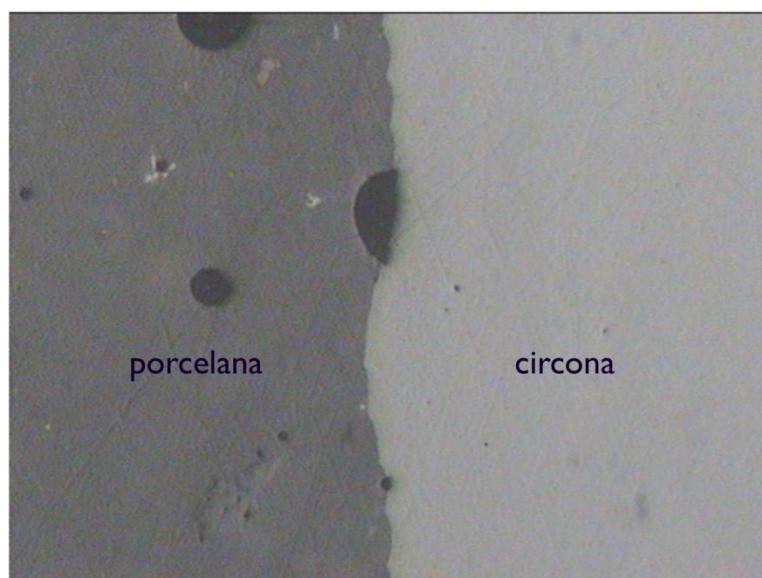


Figura 9. Imagen a 100X Microscopía óptica de interfase circona-porcelana (Corona ZirCAD)

2. *Análisis de la fractura interna en un corte transversal:*

Los fracasos de las restauraciones se produjeron en dos tipos de localizaciones:

1.Fallo cohesivo o situado en la estructura interna de la porcelana de recubrimiento. Este tipo de fracaso es el más frecuentemente observado en nuestro ensayo, y es el tipo de fallo clínico que definimos como chipping o delaminado (*Figura 10*).

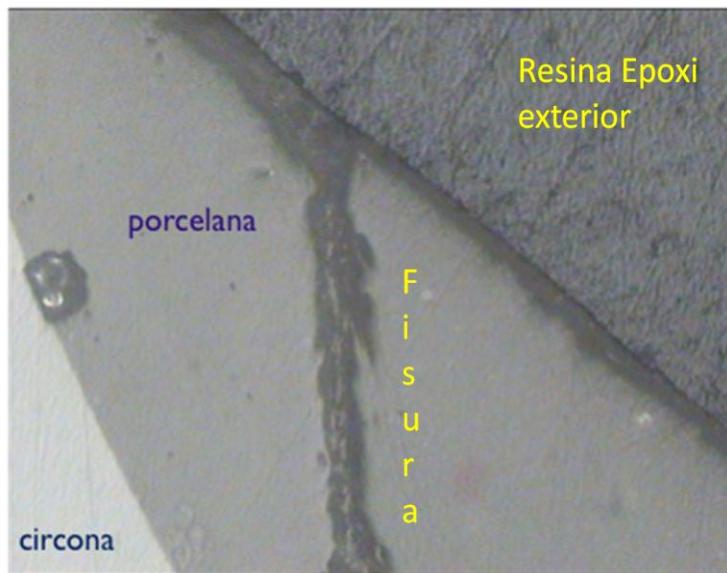


Figura 10. Imagen a 100X de Microscopía óptica de porcelana de revestimiento de la corona ZirCAD.

3. Fallo adhesivo: En la interfase porcelana-circona (*Figura 11*).

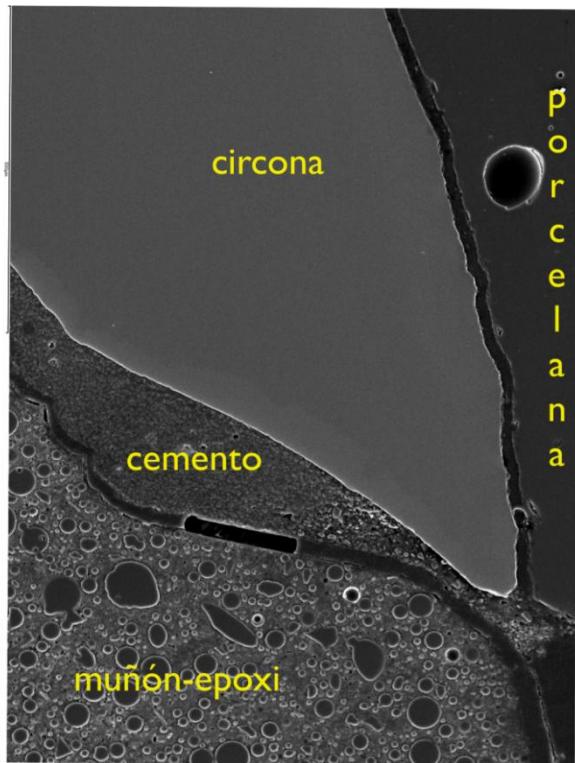


Figura 11. Imagen a 150X de zona del margen de la restauración (corona ZirPress) donde se observa el fracaso de la unión circona-porcelana.

DISCUSIÓN

Hasta la fecha son pocos los trabajos de investigación realizados sobre la resistencia *in vitro* de las porcelanas de recubrimiento de las restauraciones zirconium oxide based ceramic; y aún se encuentran menos referencias cuando estas se comparan con la resistencia mecánica a la fractura de las coronas ceramo-metálicas..

DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

La elección del tipo de ensayo de compresión y el diseño del mismo, está basada en las recomendaciones de la CRA sobre ensayos de compresión para estudiar la resistencia entre materiales cerámicos ⁸, y avalado en su metodología por numerosos autores ^{9, 10, 11, 12}. Los ensayos de compresión, parecen ser adecuados para el estudio de la resistencia a la fractura de coronas o puentes ¹³.

Cabe señalar que la velocidad de cruceta (0.5 mm/min) y el valor de carga estática compresiva (5 KN) se estableció tras revisar la literatura acerca de estas variables ^{14, 11, 15.}

DISCUSIÓN SEGÚN EL DISEÑO DE LAS MUESTRAS

Zahran, en 2008, utilizó el mismo tipo de diseño morfológico en su estudio de investigación donde comparó la resistencia a la fractura de la porcelana superficial en 20 coronas unitarias completas de cerámica feldespática Vita Mark II, y 20 coronas con base interna de óxido de circonio ^{10.} De la misma forma, Bindl, en 2006, estudio la resistencia a la fractura de diferentes coronas del mismo tamaño y forma que las procesadas en nuestra investigación ^{12.}

Una característica que debemos tener en cuenta a la hora de realizar coronas de óxido de circonio, y que nosotros hemos respetado en nuestro trabajo es la anatomía de la cofia interna, basándonos en trabajos como el realizado por Mori, en 2010, para dejar un espesor homogéneo de la porcelana de recubrimiento, sin zonas con demasiada o escasa cantidad de porcelana que pueda disminuir la resistencia de la restauración, y ocasionar los tan frecuentes e indeseables delaminados de la porcelana ^{9, 16, 17, 18.}

DISCUSIÓN POR RESULTADOS.

Schröder y Spiegel, en 2005, realizaron un estudio, con 4 grupos diferentes de coronas cerámicas del sistema Ivoclar. En él se comprobó que la carga a la fractura de la porcelana de revestimiento de la corona *IPS e.max ZirCAD* con porcelana de revestimiento de *IPS e. max Ceram*, fue significativamente superior a la de las otras restauraciones, con valores medios de 1750N ^{19.} Obtuvieron un resultado similar al nuestro.

Chapman, en 2005, comparó la resistencia a la fractura de diferentes tipos de porcelanas de recubrimiento, de distintas coronas cerámicas; Procera ® AllCeram (Nobel Biocare), Procera ® AllZirkon (Nobel Biocare) y Lava Circonia ™ (3M ESPE). Obteniendo el sistema Lava Circonia ™ un valor de resistencia superior, estadísticamente, al resto de las restauraciones. En nuestra investigación el grupo Lava™ fue el grupo de restauraciones de óxido de circonio que mejor resultados obtuvo ^{20.}

Charles, en 1987, estudió la resistencia a la fractura de la porcelana de recubrimiento de coronas metal-cerámicas sometidas a carga estática, obteniendo unos valores de media de fractura similares a los nuestros, de 1895 ± 317 N²¹.

DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS DEL PROCESADO DE IMÁGENES POR MICROSCOPIA ÓPTICA Y ELECTRÓNICA.

Fischer, 2007, en su análisis mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) de la composición elemental y la distribución de la interfase circona-porcelana de sus restauraciones de óxido de circonio sometidas a carga estática hasta la fractura de la porcelana superficial, no logró explicar la presencia de una unión química al no poder detectar zona de transición y/o presentaciones iónicas definidas. Afirmó que las fracturas se produjeron adyacentes a la interfase, pero no hacia el interior de la masa de cerámica de recubrimiento²².

Hasta la fecha no existe evidencia científica de una unión química entre la circona y las porcelanas de recubrimiento. Los dos materiales parecen unirse mediante un engranaje mecánico y a través de la formación de fuerzas compresivas resultantes de la contracción térmica durante el enfriamiento tras el sinterizado²³.

CONCLUSIONES

1. La resistencia a la fuerza de compresión *in vitro* de la porcelana de recubrimiento de las restauraciones Ceramo-metálicas con técnica de estratificación por capas (IPS d.SIGN) sobre núcleo de Cromo-Niquel obtiene la mayor resistencia (2335,17 N), siendo ésta diferencia estadísticamente significativa con respecto a las cerámicas de recubrimiento de los Grupos I (1773,92 N) y II (1818,01 N) para un p-valor de 0.05; pero no había diferencias significativas con respecto a la cerámica de recubrimiento del grupo III (2210,95 N).
2. Los grupos I (ZirCAD) y II (ZirPress) son estadísticamente menos resistentes que el grupo III (Lava™) y el grupo IV o control.

3. La porcelana de recubrimiento del grupo III (Lava™) mostró una evolución en la deformación más *lenta* que el resto de los grupos, por lo que para alcanzar un determinado desplazamiento era necesaria una fuerza superior al del resto de las porcelanas.
4. Los estudios clínicos actuales revelan una tasa incrementada de fracturas de las porcelanas de recubrimiento sobre núcleo de circonio (6-15% en un plazo de tres a cinco años), comparado con las restauraciones ceramometálicas (4-10% después de 10 años). Debemos ampliar los estudios de carga estática con estudios *in vitro* cíclicos que reproduzcan las condiciones del medio oral, así como estudios clínicos longitudinales *in vivo* a largo plazo.
5. Todas las porcelanas de recubrimiento analizadas superan ampliamente los valores medios de resistencia a la fuerza de compresión ejercida durante la masticación establecida en la normativa ISO 6872.

BIBLIOGRAFÍA

1. Granell Ruíz M. Estudio clínico longitudinal del comportamiento de los frentes laminados de porcelana: Parámetros estéticos y funcionales. Tesis Doctoral. Valencia 2007.
2. Vult von Steyern P, Carlson P. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2005; 32:180-187.
3. Koutayas y cols. Zirconia en odontología: Segunda parte. Revolución clínica basada en la evidencia. *The European Journal of Esthetic Dentistry* 2010; 2 (3): 127-161.
4. Walton TR. An up to 15-year longitudinal studyof515 metal-ceramic FPDs: Part Outcome. *Int J Prosthodont* 2002; 15:439-45.
5. Coornaert J, Adriaens P, DeBoever J (1984). Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. *J Prosthet Dent* 51:338-342.
6. Anderson RJ, Janes GR, Sabella LR, Morris HF (1993). Comparison of the performance on prosthodontic criteria of several alternative alloys used for fixed crown and partial denture restorations: Department of Veterans Affairs Cooperative Studies Project 147. *J Prosthet Dent* 69:1-8.
7. Creugers NH, Kayser AF, von 't Hof MA (1994).A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dent Oral Epidemiol* 22:448-452.
8. CRA Newsletter Volumen 16, Número 8 Agosto 2002.
9. Mori K. Influence of the design of zirconia Framework on the fracture strength of veneering porcelain. *Kokubyo Gakkai Zasshi*. 2010 Mar; 77 (1): 67-70.
10. Zahran M et al. Fracture Strength and Fatigue Resistance of All-Ceramic Molar Crowns Manufactured with CAD/CAM Technology. *Journal of Prosthodontics* 2008; 17: 370–377.
11. Snyder MD, Hogg KD. Load-to-fracture value of different all-ceramic crown Systems. *J contemp Dent Pract*. 2005 Nov 15; 6(4): 54-63.

12. Bindl A, Lüthy H, Mörmann H .Thin-wall ceramic CAD/CAM crown copings: strength and fracture pattern. *Journal of Oral Rehabilitation* 2006 33; 520–528.
13. Vega del Barrio JM. Resistencia al cizallamiento de un sistema totalmente cerámico frente a siete sistemas ceramo-metálicos: estudio comparativo. *RCOE* 2005; 10(5-6):529-539.
14. Martínez Rus F, Pradíes Ramiro G, Suárez García MJ, Rivera Gómez B. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *RCOE* 2007; 12 (4): 253-263.
15. AL-Makramani et al. Load at Fracture of Turkom-Cera All-Ceramic Material. *Journal of Prosthodontics* 18 (2009) 484–488
16. Del Río Highsmith J, Suárez Rivaya J. Seminario sobre CAD-CAM y sistemas de fresado en prótesis dental. Resumen y conclusiones. *Revista Internacional de Prótesis Estomatológica* 2009; 11 (2): 113-118
17. Sundh A, Sjögren G (2004). A comparison of fracture strength of yttrium-oxide partially stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thicknesses, shapes and veneer ceramics. *J Oral Rehabil* 31; 682-688.
18. Sundh A, Molin M, Sjögren G (2005). Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater*. 21(5):476-482
19. Schröder S, Spiegel M (2005). *Vollkeramische Systeme*. Diplomarbeit. Fachhochschule. Osnabrück
20. Chapman JL, Bulot DA. Flexural Strength of High Strength Ceramics after Sandblasting, Louisiana State University, New Orleans, USA, Louisiana State University, Health Sciences Center School of Dentistry, New Orleans, USA, 2005.
21. Charles E. Compressive strengths of a new foil and porcelain-fused-to-metal crowns. *The journal of Prosthetic Dentistry*, volume 57, Issue 4, April 1987, 404-410.
22. Fischer J, Grohmann P. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J* 2008;27:448-454.

23. Ban S, Sato H. Biaxial flexure strength and low temperature degradation of Ce-TZP/Al₂O₃ nanocomposite and Y-TZP as dental restoratives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008; 87:492-498.