

Nuevo nanocomposite de zircornio/alúmina tetragonal estabilizado con ceria como material de estructura en prótesis fijas posteriores: resultados preliminares de una serie de casos prospectivos con un año de funcionamiento

Alexander Philipp, Dr. Med. Dent.^a, Jens Fischer, PD Dr. Med. Dent. Dr. Rer. Nat.^b,
Christoph Hans Franz Hämmerle, Prof. Dr. Med. Dent.^c, e Irena Sailer, Dr. Med. Dent.^d

Objetivo: Examinar el comportamiento clínico de estructuras recubiertas con nanocomposite de zirconio/alumina tetragonal estabilizado con ceria (nanocomposite-Ce-TZP/A) para prótesis dentales fijas de tres unidades (PDFs).

Método y materiales: En esta serie de casos se incluyeron ocho pacientes que requerían reemplazar un premolar o un molar con PDF. Se fabricaron ocho estructuras de nanocomposite-Ce-TZP/A para PDF mediante un sistema CAD/CAM (Hint-Els) y se recubrieron con ce-

rámica de recubrimiento de zirconio (Vintage ZR, Shofu). Las PDFs se cementaron con un cemento de resina (basal) y se evaluaron al inicio; a las dos semanas; y a los 3, 6, y 12 meses tras la cementación. Para la evaluación técnica, se emplearon los criterios USPHS. El resultado biológico se juzgó comparando los registros de control de placa (RCP), sangrado al sondaje (SAS), y profundidad de bolsa al sondaje (PBS) de los dientes pilares (prueba) y de los dientes contralaterales no tratados (controles). Se tomaron radiografías al inicio y a los 6 y 12 meses de seguimiento. Los datos se analizaron de forma descriptiva.

Resultados: El periodo medio de observación de las ocho PPFs examinadas fue de $12,8 \pm 1,1$ meses. La tasa de supervivencia de las PDFs fue del 100%. Además, no se encontraron complicaciones técnicas ni biológicas. No se encontraron diferencias entre la RCP media (m) (prueba: $0,1 \pm 0,1$, control: $0,2 \pm 0,2$), el SASm (prueba: $0,2 \pm 0,2$, control: $0,1 \pm 0,1$), y el PBS. (prueba: $2,6 \pm 0,8$, control: $2,6 \pm 0,6$) entre los dientes control y prueba.

Conclusiones: Se encontró que el nanocomposite Ce-TZP/A era un material para estructuras fiable tras un año de funcionamiento. Es necesario llevar a cabo periodos de observación más prolongados y ensayos clínicos controlados aleatorios que incluyan más pacientes para validar estos hallazgos

(Quintessence Int. 2010;41(4):313-9)

^aEstudiante Postgrado. Clínica de Prótesis Fija y Removable y de Ciencias de los Materiales Dentales. Centro de Medicina Dental y Oral. Universidad de Zúrich. Zúrich, Suiza.

^bProfesor Adjunto. Clínica de Prótesis Fija y Removable y de Ciencias de los Materiales Dentales. Centro de Medicina Dental y Oral. Universidad de Zúrich. Zúrich, Suiza.

^cProfesor y Director. Clínica de Prótesis Fija y Removable y de Ciencias de los Materiales Dentales. Centro de Medicina Dental y Oral. Universidad de Zúrich. Zúrich, Suiza.

^dProfesor Adjunto. Clínica de Prótesis Fija y Removable y de Ciencias de los Materiales Dentales. Centro de Medicina Dental y Oral. Universidad de Zúrich. Zúrich, Suiza.

Correspondencia: I. Sailer.

Clinic for Fixed and Removable Prosthodontics and Dental Material Science, Center for Dental and Oral Medicine, University of Zurich. Plattenstrasse 11. 8032 Zúrich, Suiza.

Correo electrónico: irena.sailer@zzmk.uzh.ch

Este estudio fue presentado en el congreso de la Pan European Federation (PEF)-International Association for Dental Research, London, September 10-12, 2008.

En los últimos años, se ha producido una creciente demanda de reposición de los dientes perdidos mediante prótesis dentales fijas totalmente cerámicas^{1,2} (PDFs). Sin embargo, las PDFs totalmente cerámicas han registrado altas tasas de fracaso cuando se han empleado para reponer dientes posteriores^{1,2}. Hasta la fecha, disponemos de cuatro estudios clínicos con resultados a 5 años de PDFs totalmente cerámicas³⁻⁶. Dos de estos estudios analizaron la alumina infiltrada por vidrio como material de estructura⁴. En estas investigaciones, se registraron tasas de fallo de las PDFs del 10⁴ y 12%⁵.

Sin embargo, el tercer y cuarto estudios analizaron como material de estructura la cerámica de zirconio de alta resistencia^{3,6}. Con estructuras fabricadas en zirconio, la tasa de fallo de las PDFs era significativamente inferior a la de las estructuras fabricadas en alumina infiltrada con vidrio. En los estudios clínicos, las tasas de fallo de las PDFs con estructuras de zirconio oscilaron entre un 0³ y un 2,2%⁶.

La razón más frecuente para el fallo de las PDFs fabricadas en alumina infiltrada con vidrio fue la fractura de la estructura cerámica⁵. En cambio en las PDFs de zirconio la fractura de la estructura fue una complicación clínica rara, tras un periodo de observación idéntico^{3,6}.

Recientemente, se ha desarrollado un nuevo tipo de cerámica de zirconio como material para estructuras, el nanocomposite de zirconio/alumina tetragonal estabilizado con ceria (ce-TZP/A). Esta nueva variación de la cerámica de zirconio ofrece propiedades mecánicas superiores comparadas con las de la cerámica convencional de zirconio estabilizada con ytrio (Y) TZP⁷⁻¹². Aunque la resistencia a la flexión de esta nueva cerámica se encuentra en el mismo rango que la de la Y-TZP convencional, su resistencia a la fractura es significativamente más elevada^{12,13}. La dispersión homogénea de una fase alúmina en la matriz de TZPO de este nuevo nanocomposite suprime el crecimiento de grano y aumenta la dureza, el módulo elástico, y la estabilidad hidrotérmica del zirconio tetragonal¹⁴.

Un factor crítico que tuvo que ser considerado antes de la introducción clínica del nanocomposite Ce-TZP/A fue que para este nuevo tipo de zirconio posiblemente se requerirían cerámicas de recubrimiento nuevas. Por ello se ha analizado en recientes estudios de laboratorio la compatibilidad de las cerámicas de recubrimiento disponibles con el nuevo nanocomposite Ce-TZP/A^{15,16}. En un estudio, se comparó la resistencia a la fractura y la resistencia al agrietamiento de estructuras de nanocomposite Ce-TZP/A, recubiertas con una de las cerámicas comercializadas, con estructuras Y-TZP

Recubiertas y sinterizadas y comprimidas isostáticamente al calor¹⁵ (HIP). Los resultados mostraron que la tasa de fractura de coronas simples recubiertas con nanocomposite Ce-TZP/A era similar a la de coronas recubiertas con Y-TZP. Además el estudio mostró unos patrones de fractura más beneficiosos en las coronas recubiertas con nanocomposite Ce-TZP/A que los de las coronas recubiertas con Y-TZP. Mientras las coronas de Y-TZP fallaron por fractura de la cerámica de recubrimiento, lo que incluyó a la estructura cerámica (fallo catastrófico), en las coronas de nanocomposite Ce-TZP/A, solo se produjeron astillamientos de la cerámica de recubrimiento que no afectaron a la estructura cerámica la mayor parte de las veces¹⁵.

Hasta la fecha, no disponemos de estudios clínicos sobre PDFs con estructuras de nanocomposite Ce-TZP/A que validen estos prometedores hallazgos de laboratorio. Por ello el propósito de la presente serie de casos fue valorar el comportamiento clínico de estructuras de nanocomposite Ce-TZP/A en PDFs posteriores de tres unidades.

Material y método

Diseño del estudio y selección de los pacientes

Todos los procedimientos y materiales de esta serie de casos prospectivos fueron aprobados por el comité ético local, y los pacientes incluidos dieron su consentimiento informado.

Se incluyeron ocho pacientes sanos que cumplían los siguientes criterios: pérdida de un premolar o molar superior o inferior, periodonto sano antes de la fase de tratamiento restaurador, registro de control de placa¹⁷ (RCP) por debajo de 30%, y profundidades de bolsa al sondaje (PBSs) de los dientes pilares de 4 mm o menos.

Se realizó tratamiento periodontal o endodóncico cuando fue necesario.

Todos los pacientes fueron sometidos a tratamiento dental completo y recibieron instrucciones para mantener un alto nivel de higiene oral. Los pacientes con hábitos parafuncionales como bruxismo o rechinar de dientes fueron excluidos del estudio.

Procedimientos protéticos

Cuatro pacientes fueron tratados por clínicos experimentados y cuatro por estudiantes de pregrado bajo estricta vigilancia de clínicos experimentados. El tratamiento se llevó a cabo de acuerdo con las técnicas estándar aplicadas en las reconstrucciones de metal-



Figura 1. Imagen oclusal de los dientes pilares preparados para la PDF de reemplazo. La zona del pónico se ha modificado para recibir un pónico ovado.



Figura 2. Imagen de la superficie de una PDF de nano-composite Ce-TZP/A recubierta con el área marginal en zirconio.

cerámica. Estas han sido descritas con detalle¹⁸ por lo que aquí resumiremos brevemente la preparación de los dientes pilares.

Los dientes pilares se prepararon como sigue (fig.1): margen con un hombro redondeado circunferencial (anchura 1 mm), ángulo de convergencia de 6 a 10 grados para premolares y molares, y reducción oclusal de 1,5 a 2 mm.

En los casos en los que faltaba dentina para una adecuada preparación, se fabricó un muñón de composite (Syntac Classic/tetric Classic, Ivoclar Vivadent). Tras completar la preparación dentaria se sellaron las superficies de los dientes pilares vitales mediante un sistema adhesivo (Syntac, Ivoclar Vivadent). La impresión del maxilar con los dientes pilares se realizó con polieter (permadyne, 3M ESPE). Se fabricaron restauraciones provisionales empleando un composite provisional (Pro Temp, 3M ESPE) y se cementaron con un cemento provisional sin eugenol (Freegenol, GC America).

Fabricación de las restauraciones y cementado

Los modelos de trabajo se escanearon (HiScan, Hint-Els), y se diseñó una estructura apropiada (fig. 2). Se emplearon piezas presinterizadas de nanocomposite Ce-TZP/A (Nanozir, Hint-Els). Las estructuras se mecanizaron mediante un sistema de fabricación y diseño por ordenador y posteriormente sinterizado a densidad completa en un horno especializado (hiTherm, Hint-Els). Un protésico dental recubrió las estructuras (Vintage ZR, Shofu). Para el sinterizado de la cerámica de recubrimiento el técnico empleó un horno convencional



Figura 3. Imagen postoperatoria de una PDF cementada con cemento adhesivo de resina.

(D4, Dekema). El horneado se llevó a cabo siguiendo las instrucciones del fabricante de la cerámica de recubrimiento. Las PDFs se recubrieron sobre los márgenes de la corona de zirconio (figs. 2 y 3).

Antes del cementado, se limpiaron los dientes pilares (Clean Polish, Kerr Hawe). Las superficies internas de las PDFs se limpiaron con etanol y posteriormente se silanizaron (Clearfil Porcelain Activator, Kuraray). Las PDFs se cementaron con cemento adhesivo de resina (Panavia TC, Kuraray) siguiendo las instrucciones del fabricante (fig. 3).

Tabla 1. Distribución de las puntuaciones USPHS de las ocho PDFs

	Basal				6 meses				12 meses			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Integridad de la estructura	8	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0
Integridad de la cerámica de recubrimiento	8	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0
Desgaste oclusal	8	0	0	0	7	1	0	0	5	2	1	0
Adaptación marginal	5	3	0	0	3	5	0	0	2	6	0	0
Forma anatómica	5	3	0	0	5	3	0	0	5	3	0	0

Cuando la oclusión requería ajustes, las superficies retocadas se pulían meticulosamente con discos de pulir (Sof-Lex Pop-on Discs, 3M ESPE).

Exámenes iniciales y de seguimiento

Se evaluó el resultado técnico y biológico de las reconstrucciones al inicio, 2 semanas, 3, 6, y 12 meses.

Evaluación técnica. El resultado técnico de las PDFs se valoró mediante los criterios del Servicio Público de Salud de los EE. UU.¹⁹ (USPHS). Para el análisis de la superficie de la cerámica de recubrimiento al paso del tiempo, se tomaron impresiones de las PDFs en cada visita de seguimiento empleando para ello una silicona-A de alta viscosidad²⁰ (President Jet, Coltène). Estas impresiones se vaciaron en resina epoxy, para obtener así réplicas muy precisas de la superficie de las PDFs. La superficie de las réplicas se analizó mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB) con 5.000 aumentos²⁰ (MEB CS4, CamScan).

Examen biológico. Los parámetros biológicos se evaluaron en los dientes pilares (prueba) y en los dientes contralaterales control inmediatamente después de la cementación de las reconstrucciones. Los registros de control de placa (RCP), sangrado al sondaje (SAS), y profundidad de bolsa al sondaje (PBS) se valoraron en seis puntos por diente. La vitalidad pulpar de los pilares y de los dientes control se valoró empleando dióxido de carbono. Se tomaron radiografías de las PDFs al inicio y a los 6 y 12 meses.

Como herramientas de documentación se emplearon las hojas de recogida de datos postoperatorias, las radiografías y las fotografías clínicas.

Finalmente, se preguntó a los pacientes mediante preguntas simples (sí/no) si se encontraban satisfechos con los resultados estéticos y funcionales de sus reconstrucciones.

Resultados

Los ocho pacientes (cuatro hombres, cuatro mujeres) con las ocho PDFs fueron seguidos durante un periodo de observación medio de $12,8 \pm 1,1$ meses. La edad media de los pacientes fue de $58,5 \pm 5,6$ años (rango de 49 a 69 años). Las ocho PDFs se colocaron en la mandíbula. Tres PDFs reemplazaron a premolares y cinco reemplazaron a molares.

No se produjo ningún fallo en las PDFs, y las tasas de supervivencia por lo tanto fueron del 100%. Curiosamente, además de la buena estabilidad clínica de las estructuras, también fue bueno el comportamiento de la cerámica de recubrimiento. No se observaron astillamientos ni fracturas de la cerámica de recubrimiento.

La evaluación técnica reveló puntuaciones iniciales USPHS muy buenas en todas las PDFs, que permanecieron prácticamente sin cambios durante el periodo de seguimiento (tabla 1). Solo dos parámetros, la integridad marginal y el desgaste oclusal exhibieron ligeros cambios con el tiempo, y el número de PDFs con puntuaciones más bajas aumentó con el tiempo (tabla 1).

Una de las PDFs exhibió un desgaste oclusal clínicamente relevante (puntuación C) en la visita de los 12 meses (tabla 1 y figs. 4 y 5a). La replica de resina de esta PDF se analizó a fondo mediante el MEB (figs. 5b y 5c) para poder diferenciar bien entre rugosidad clínicamente visible o potencial astillamiento de la cerámica. El análisis reveló que la causa de la rugosidad era el pronunciado desgaste oclusal y no el astillamiento (figs. 5b y 5c).

Otro parámetro clínico que exhibió cambios durante los 12 meses de seguimiento fue la adaptación marginal. Tras el servicio clínico, en seis de las ocho PDFs se podían detectar los márgenes mediante una sonda a un nivel clínicamente aceptable (puntuación B).

La evaluación biológica de las PDFs mostró que no había diferencias entre los dientes prueba y los dientes

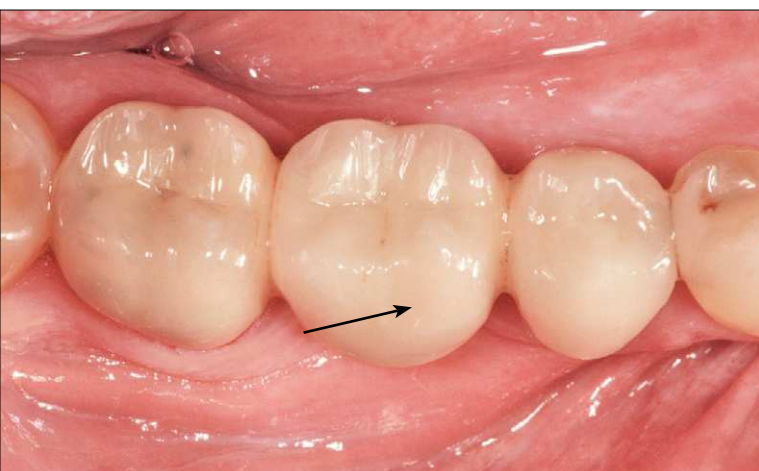


Figura 4. Imagen oclusal de una PDF después de un año de servicio clínico. En la región de la cúspide vestibulo-mesial puede observarse una faceta de desgaste oclusal (flecha).

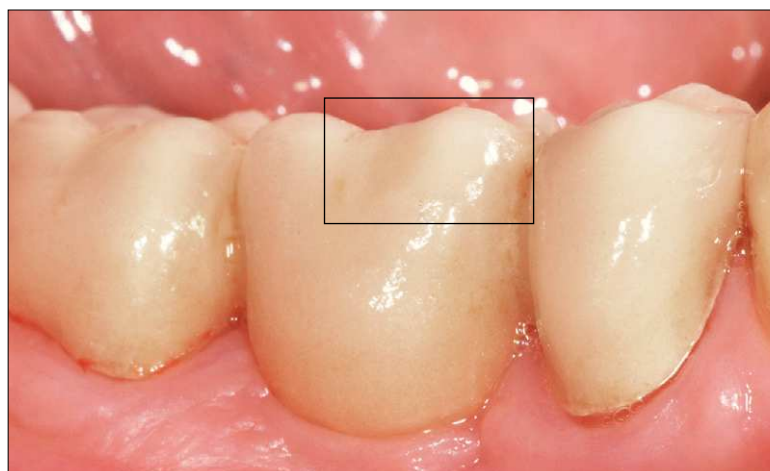


Figura 5a. Imagen vestibular de una PDF tras un año de servicio clínico que muestra la faceta de desgaste oclusal (caja).



Figura 5b. Imagen global al MEB de la región oclusal de la PDF de la fig. 5a. Se observa una faceta de desgaste clara después de un año de servicio clínico (100 X originales).

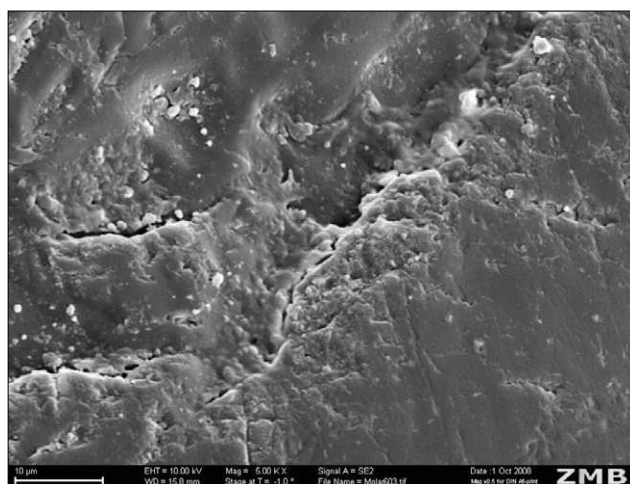


Figura 5c. Aspecto detallado del MEB de la figura 5b. Se observa una superficie rugosa de la cerámica de recubrimiento (5.000 X originales).

control respecto a los (m) RCP, mSAS, y mPBS al inicio ni en los exámenes de seguimiento (tabla 2). No se encontraron caries secundarias.

Se observaron muy pocos problemas clínicos. Un paciente presentó sensibilidad postoperatoria tras el cementado y la sensibilidad continuó después de 6 meses. Por otro lado, a los 12 meses de observación, se encontraron problemas periodontales en el diente pilar de un paciente. Un segundo diente pilar molar exhibió una PBS de 11 mm. Este molar recibió tratamiento de conductos a través de la reconstrucción para tratar la lesión endo-perio combinada.

Tabla 2. Valores medios y DEs de los parámetros biológicos al inicio y a los 12 meses de servicio clínico

	Zona Estudio		Zonas Control	
	Inicio	12 meses	Inicio	12 meses
PBS (mm)	2,5 ± 0,8	2,6 ± 0,8	2,4 ± 0,4	2,6 ± 0,6
SAS	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
RCP	0,2 ± 0,3	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,4	0,2 ± 0,2

PBS: profundidad de bolsa al sondaje; RCP: registros de control de placa; SAS: sangrado al sondaje. Las unidades para SAS y RCP son +/- (+ = 1, - = 0).

Discusión

A los 12 meses de observación, las PDFs de nanocomposite TZP/A exhibieron una tasa de supervivencia del 100%. Dentro de las limitaciones de la presente serie de casos, el nuevo material para estructuras demostró ser clínicamente fiable. Además, el comportamiento de la cerámica de recubrimiento fue muy bueno con este nuevo tipo de cerámica de zirconio. No se encontró ningún astillamiento ni fractura de la cerámica de recubrimiento.

El comportamiento de las estructuras de zirconio en la presente serie de casos coincide con los hallazgos de otros estudios que han analizado el zirconio como material para estructuras en las regiones posteriores de los maxilares^{4,6,21,22}. En estos estudios se reseñaron unas tasas de supervivencia del 98,8 al 100% de las PDFs de zirconio, pero después de periodos de observación más prolongados de hasta 5 años^{4,6,21,22}. Por ello, en la presente serie de casos es necesario establecer tiempos de observación de las PDFs más prolongados, y diseñar nuevos estudios de reconstrucciones con nanocomposite Ce-TZP/A con un tamaño de muestra mayor, para así verificar estos primeros hallazgos favorables. También es necesario en un futuro realizar comparaciones de los presentes resultados con los de PDFs de metal-cerámica (la regla de oro). A modo de ejemplo, dos metaanálisis observaron tasas de fallo de solo un 8²³ y 10%²⁴ de PDFs con estructuras metálicas después de 10 años. Estos resultados se consideran la marca de referencia para los nuevos tipos de PDF.

Un prerrequisito adicional para el éxito clínico de las estructuras, además de la buena resistencia mecánica, es la estabilidad de las cerámicas de recubrimiento. El hecho de que en la presente serie de casos no se encontraran astillamientos es muy prometedor. En los estudios anteriores que han analizado la Y-TZP la principal complicación técnica que se ha encontrado han sido problemas como astillamientos o fractura de la cerámica de recubrimiento^{3,6,18}. Las PDFs de metal-cerámica o cerámica-alúmina han exhibido tasas de complicación menores de la cerámica de recubrimiento que las PDFs de zirconio^{4,6,22-24}. Los estudios clínicos han reseñado tasas de astillamiento o fractura de la cerámica de recubrimiento del metal de solo un 2,5%²⁵. Incluso, en PDFs de alúmina infiltrada con vidrio y recubiertas no se observaron fallos de la cerámica de recubrimiento después de 5 años de función clínica^{4,5}. Sin embargo las estructuras de Y-TZP recubiertas, mostraron distintas tasas de astillamiento. Un estudio reseñó un 15,2% de astillamientos después de 5 años⁶. Otro estudio reseñó una tasa de astillamientos del 15% después de 2 años²⁶. Sin embargo en un tercer estudio que

empleaba una cerámica prototipo, el astillamiento de la cerámica de recubrimiento ocurrió en solo un 4,3% de las PDFs 18 meses después de su colocación²⁷. En contraste con los hallazgos antes mencionados con cerámica de recubrimiento de zirconio, en la presente serie de casos, no se observaron astillamientos ni fracturas de la cerámica de recubrimiento. De nuevo, hay que considerar que el número de reconstrucciones observadas fue pequeño.

Los resultados de los estudios previos de laboratorio muestran que la cerámica de recubrimiento para nanocomposites Ce-TZP/A debe escogerse cuidadosamente^{16,28}. Basándonos en un reciente estudio de laboratorio¹⁵, en el presente estudio se escogió la cerámica de recubrimiento Vintage ZR como material de recubrimiento en combinación con el nanocomposite Ce-TZP/A. En el examen realizado a los 12 meses, se observó un moderado desgaste oclusal de la cerámica de recubrimiento en tres PDFs, de las cuales una alcanzó un nivel clínicamente inaceptable. Este hallazgo coincide con los resultados previamente publicados^{3,22,26,29}. Antes de extraer conclusiones finales sobre la compatibilidad de la cerámica de recubrimiento empleada en la presente serie de casos y sobre el nuevo material para estructuras, se necesitan periodos de observación más prolongados y muestras de mayor tamaño similares a las empleadas en los estudios con estructuras de Y-TZP^{4,6,18,21,22}.

Finalmente, el resultado biológico de las PDFs en la presente serie de casos fue bueno y se correspondió con los hallazgos de estudios previos^{4,17-19}.

En definitiva se puede resumir que las estructuras de nanocomposite recubiertas con Ce-TZP/A en PDFs posteriores de tres unidades exhibieron un comportamiento clínico similar al de estructuras de Y-TZP con un año de funcionamiento.

Conclusiones

A los 12 meses de servicio clínico, el nanocomposite Ce-TZP/A se mostró como un material para estructuras prometedor y fiable en PDFs posteriores. Sin embargo, antes de que se puedan establecer conclusiones finales, se necesitan periodos de observación más prolongados con más pacientes, y ensayos clínicos aleatorios a largo plazo para validar el comportamiento clínico de esta primera serie de casos.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Panasonic Electric Works, Panasonic Dental, y a Shofu la ayuda en este estudio. También agradecen al pro-

tésico dental Sr Dieter Lingweiler la fabricación de las estructuras y a Mrs Beatrice Sener su ayuda en el análisis de las réplicas mediante el MEB.

Bibliografía

1. Raigrodski A, Chiche G. All-ceramic fixed partial dentures, Part I: In vitro studies. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:188–191.
2. Raigrodski A, Chiche G. All-ceramic partial dentures, Part III: Clinical studies. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:313–319.
3. Molin MK, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2008;21:223–227.
4. Vult-von-Steyern, Jönsson O, Nilner K. Five-year evaluation of posterior all-ceramic three-unit (InCeram) FPDs. *Int J Prosthodont* 2001;14:379–384.
5. Olsson K, Fürst B, Andersson B, Carlsson G. A longterm retrospective and clinical follow-up study of InCeram Alumina FPDs. *Int J Prosthodont* 2003;16:150–156.
6. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler L, Lüthy H, Hämmerle CHF. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007;20:383–388.
7. Raigrodski A. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Esthet Restor Dent* 2004;9:557–562.
8. Lüthy H, Filser F, Loeffel O, Schumacher M, Gauckler LJ, Hämmerle CHF. Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. *Dent Mater* 2005; 21:930–937.
9. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1–25.
10. Beuer F, Edelhoff D, Gernert W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig* 2009;13:445–451.
11. Studart A, Filser F, Kocher P, Gauckler L. In vitro lifetime of dental ceramics under cyclic loading in water. *Biomaterials* 2007;28:2695–2705.
12. Lin J-D, Duh J-G. Fracture toughness and hardness of ceria- and yttria-tetragonal zirconia ceramics. *Mater Chem Phys* 2002;78:253–261.
13. Mangalaraja R, Chandrasekhar B, Manohar P. Effect of ceria on the physical, mechanical and thermal properties of yttria stabilized zirconia toughened alumina. *Mater Sci Eng A* 2003;343:71–75.
14. Hirano M, Inada H. Fracture toughness, strength and Vickers hardness of yttria-ceria doped tetragonal zirconia/alumina composites fabricated by hot isostatic pressing. *J Mater Sci* 1992;27:3511–3518.
15. Fischer J, Stawarczyk B. Compatibility of machined Ce-TZP/AL2O3 nanocomposite and a veneering ceramic. *Dent Mater* 2007;23:1500–1505.
16. Fischer J, Stawarczyk B, Trottmann A, Hämmerle CHF. Impact of thermal properties of veneering ceramics on the fracture load of layered Ce-TZP/A nanocomposite frameworks. *Dent Mater* 2009;25:326–330.
17. O'Leary TJ, Drake RB, Naylor JE. The plaque control record. *J Periodontol* 1972; 43:38.
18. Sailer I, Fehér A, Filser F. Prospective clinical study of zirconia fixed partial dentures: A 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006;37:685–693.
19. Bayne SC, Schmalz G. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clin Oral Investig* 2005;9:209–214.
20. Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Wiskott HW. Fractographic ceramic failure analysis using the replica technique. *Dent Mater* 2007;23:1397–1404.
21. Edelhoff D, Florian B, Florian W, Johnen C. HIP zirconia fixed partial dentures—Clinical results after 3 years of clinical service. *Quintessence Int* 2008;39:459–471.
22. Tinschert J, Schulze KA, Natt G, Latzke P, Heussen N, Spiekermann H. Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results. *Int J Prosthodont* 2008;21:217–222.
23. Scurria M, Bader J, Shugars D. Meta-analysis of fixed partial denture survival: Prostheses and abutments. *J Prosthet Dent* 1998;79:459–464.
24. Creugers NH, Käyser AF, van't Hof MA. A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dent Oral Epidemiol* 1994;22:448–452.
25. Reuter J, Brose M. Failures in full crown retained dental bridges. *Br Dent J* 1984;157:61–63.
26. Vult-von-Steyern P, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-zircon technique. A 2-year-clinical study. *J Oral Rehabil* 2005;32:180–187.
27. Bornemann G, Rinke S, Hüls A. Prospective clinical trial with conventionally luted zirconia-based fixed partial dentures—18-month results. *J Dent Res* 2003;82:117.
28. Fischer J, Stawarczyk B, Trottmann A, Hämmerle CHF. Impact of thermal misfit on shear strength of veneering ceramic/zirconia composites. *Dent Mater* 2009;25:419–423.
29. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: A prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006;96:237–244.