

Estudio prospectivo sobre restauraciones de zirconio: resultados clínicos de tres años

Florian Beuer, Dr. Med. Dent., PhD^a, Michael Stimmelmayr, Dr. Med. Dent.^b, Wolfgang Gernet, Dr. Med. Dent., PhD, Dr. hc^c, Daniel Edelhoff, Dr. Med. Dent., PhD^a, Jan-Frederic Güth, Dr. Med. Dent.^b, y Michael Naumann, Dr. Med. Dent., PhD^d

Objetivos: Evaluar prótesis parciales fijas (PPF) y coronas, confeccionadas con subestructuras de zirconio recubiertas de una nueva porcelana de recubrimiento con base de fluorapatita.

Material y métodos: Treinta y ocho pacientes recibieron 18 PPFs y 50 coronas. Las subestructuras de zirconio se fabricaron mediante un sistema CAD/CAM y se recubrieron empleando la técnica de reconstrucción con polvo. Todas las restauraciones se cementaron con ionómero de vidrio. Investigadores calibrados llevaron a cabo la evaluación inicial dos semanas después del cementado de las restauraciones y las siguientes revisiones a los 12, 24 y 36 meses. Se realizó MEB sobre réplicas de todas las restauraciones. Se calcularon las probabilidades de supervivencia de acuerdo con la prueba de Kaplan-Meier.

Resultados: El tiempo medio de servicio fue de 35 (± 14) meses. Despues de 3 años de servicio clínico se registraron tres fracasos biológicos y cinco fallos técnicos. Todos los fallos ocurrieron en el grupo de PPFs. Una de las PPF se retiró por fracaso biológico de uno de los

dientes pilares. La probabilidad de supervivencia de Kaplan-Meier fue de 88,2% después de 35 meses para todos los tipos de fallo y del 98,5% para las restauraciones en servicio. El tipo de restauración mostró una influencia significativa sobre la probabilidad de supervivencia ($p < 0,001$, prueba de rango logarítmico). Cuando se compararon las restauraciones con los dientes control no se observó ninguna influencia de estas sobre los parámetros gingivales.

Conclusiones: Las subestructuras de zirconio recubiertas con porcelana de recubrimiento con base de fluorapatita parecen representar una opción de tratamiento fiable. Es necesario llevar a cabo más investigaciones sobre las posibles diferencias entre coronas y PPFs.

(Quintessence Int. 2010;41(8):631-7)

En los últimos años ha aumentado de forma extraordinaria la demanda de restauraciones estéticas sin metal, tanto por parte de los clínicos como de los pacientes. Los estudios clínicos sobre coronas íntegramente cerámicas confeccionadas con vitrocerámica reforzada con leucita prensada al calor o con cerámica de disilicato de litio, han demostrado tasas de supervivencia que oscilan entre el 95¹ y el 100%² después de dos años. Sin embargo, cuando estos materiales íntegramente cerámicos se emplean para la confección de prótesis parciales fijas posteriores (PPFs), registran tasas de fallo más elevadas^{3,4}. Los estudios clínicos a largo plazo que evalúan el comportamiento de las PPFs confeccionadas con cofias de aluminio infiltrada con vidrio, han demostrado tasas de fallo de entre el 10% y el 12% después de cinco años^{5,6}. En contraste con ello, y de acuerdo con la literatura, las próte-

^aProfesor vitalicio. Departamento de Prótesis. Ludwig Maximilians University. Múnich, Alemania.

^bProfesor adjunto. Departamento de Prótesis. Ludwig Maximilians University. Múnich, Alemania.

^cProfesor, director y presidente. Departamento de Prótesis. Ludwig Maximilians University. Múnich, Alemania.

^dProfesor adjunto. Departamento de Prótesis. Ludwig Maximilians University. Múnich, Alemania.

Correspondencia: F. Beuer.

Department of Prosthodontics.

Goethestr.70, 80336 Múnich, Alemania.

Correo electrónico: florian.beuer@med.uni-muenchen.de

Presentado en la Continental European Division of the IADR Meeting el 10 de septiembre de 2010 en Múnich (Alemania).

Tabla 1a. Número y localización de las PPFs (n = 18)

Tipo de restauración	Dientes reemplazados	Maxilar	Número
Anterior-3 unidades	Inciso lateral	Superior	2
Posterior-3 unidades	Segundo premolar	Superior	3
Posterior-3 unidades	Primer molar	Superior	5
Posterior-3 unidades	Segundo premolar	Inferior	1
Posterior-3 unidades	Primer molar	Inferior	5
Posterior-4 unidades	Primer premolar y segundo premolar	Superior	1
Posterior-4 unidades	Segundo premolar y primer molar	Inferior	1

Tabla 1b. Número y localización de las coronas unitarias (n = 50)

Diente pilar	Maxilar	Número
Incisivo central	Superior	6
Incisivo lateral	Superior	5
Canino	Superior	4
Primer premolar	Superior	4
Segundo premolar	Superior	5
Primer molar	Superior	5
Segundo molar	Superior	4
Segundo premolar	Inferior	2
Primer molar	Inferior	8
Segundo molar	Inferior	7

sis de metal-cerámica demuestran unas tasas de fallo del 1% por año o incluso menos^{7,8}. Varios estudios han demostrado que las estructuras de cerámica de zirconio ofrecen suficiente resistencia a la función cuando se emplean en PPFs posteriores⁹⁻¹⁴.

Los datos disponibles sobre PPFs posteriores de tres a cinco unidades con estructura de zirconio han reseñado tasas de éxito de entre el 95,2 y el 100% después de 3 años y del 97,8 al 100% después de 5 años¹⁰⁻¹⁴. La mayoría de los estudios han reseñado los fallos en la porcelana de recubrimiento demostrando sin embargo que las propiedades mecánicas del zirconio parecían clínicamente suficientes^{9-11,13-15}. Las dudas acerca de la calidad y longevidad de la unión entre el zirconio y la porcelana de recubrimiento han sido rechazadas por varios estudios de laboratorio^{16,17}. En los estudios clínicos se han observado fallos cohesivos superficiales de la porcelana de recubrimiento^{9,10,15}. Las subestructuras de zirconio pueden usarse tanto para coronas como para PPFs. Sin embargo, no existen datos clínicos sobre las coronas de zirconio.

La hipótesis que planteamos fue que las PPFs y las coronas fabricadas con subestructuras de zirconio recubier-

tas con porcelana de recubrimiento con base de fluorapatita no mostrarían diferencias en el comportamiento clínico. El propósito de este estudio prospectivo fue evaluar el comportamiento clínico a largo plazo de restauraciones de zirconio empleando un nuevo material para el recubrimiento de las subestructuras de zirconio.

Material y métodos

Para este estudio fueron seleccionados treinta y ocho pacientes (23 mujeres, 15 hombres) que requerían al menos una corona. Se cumplieron los requisitos de la Declaración de Helsinki y los pacientes dieron su consentimiento informado. El Comité de Ética de la Universidad de Munich revisó y aprobó el diseño del estudio. De acuerdo con los requisitos de las restauraciones para prótesis, los dientes previstos como pilares debían cumplir los siguientes criterios clínicos: estar sanos desde el punto de vista periodontal, ser vitales o estar endodonciados, presentar una longitud suficiente de corona clínica (> 5 mm), exhibir una buena higiene oral (Índices de Placa y Sangrado < 10%), y tener dientes antagonistas naturales o reemplazados con prótesis fijas. En el estudio no se incluyeron los pacientes que presentaban importantes parafunciones oclusales ni los que sufrían trastornos de la articulación temporomandibular de acuerdo con el Sistema de Criterios Diagnósticos para la Investigación de los Trastornos Temporomandibulares (CDI/TTM)¹⁸.

Se colocaron un total de 68 restauraciones (50 coronas, 18 PPF); en la tabla 1 se presentan los detalles.

Procedimientos de prótesis

El procedimiento de prótesis, incluyendo el diseño de la preparación, la técnica de impresión, las restauraciones

provisionales, y el registro intermaxilar, fue el descrito en un estudio previo¹².

Todas las estructuras se confeccionaron mediante un sistema CAD/CAM (InLab, Sirona; software versión 2.7) tal y como se describe en la literatura¹⁹. Se emplearon un grosor de la pared del retenedor de al menos 0,5 mm y un espacio de cemento de 10 mm. Las estructuras de zirconio semisinterizado (IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent) se repasaron fresándolas bajo spray de agua. El sinterizado se llevó a cabo en un horno especial (Thermo-Star, Thermo-Star) durante 6 h a 1.520 °C. Finalmente se revisaron el ajuste y la adaptación de las estructuras tal y como recomienda la literatura^{19,20}.

Para recubrir las restauraciones se aplicó la técnica tradicional de capas. En primer lugar se aplicó un barniz especial (IPS e.max ZirLiner, Ivoclar Vivadent) a las estructuras de zirconio y se cocieron estas en un horno de cerámica calibrado (Programmat 700, Ivoclar Vivadent) a 960°C. Se aplicó vitrocerámica de fluorapatita (IPS e.max Ceram, Ivoclar Vivadent) en capas dentina-esmalte y se coció a 750 °C. Con una última cocción se glaseó la porcelana y se terminó la restauración.

A continuación se probaron las restauraciones y se comprobó su ajuste clínico, empleando un material de baja viscosidad (FitChecker, GC Europe)¹². Se marcaron los contactos oclusales y se ajustaron mediante un instrumento de bola de diamante de anillo rojo (Brasseler Komet) y spray de refrigeración con agua. Cuando era necesario realizar grandes correcciones oclusales (área de pulido > 1 mm² estimada por operador), se cementaba de nuevo la restauración provisional, y se terminaba la restauración en el laboratorio dental con un glaseado final. Las restauraciones que requerían muy poco ajuste (área de pulido < 1 mm² estimada por operador) se pulían empleando puntas de pulido especiales para cerámica (Iden-toflex, KerrHawe).

Después de desgrasar (80% etanol) las paredes internas de los retenedores, se cementaban las restauraciones de la manera convencional con ionómero de vidrio (Ketac Cem Aplicap, 3M ESPE).

Evaluación inicial

El examen inicial se llevó a cabo en los primeros 14 días después del cementado. Se evaluó la vitalidad pulpar de los dientes pilares y de los dientes control empleando dióxido de carbono. Se valoró también la profundidad de sondaje de la bolsa de los dientes pilares y de los dientes de referencia en dos puntos por diente. Se com-

probaron y documentaron el Índice de Placa, el Índice de Sangrado, la movilidad dentaria, y los contactos oclusales estáticos y dinámicos. Se hicieron fotografías clínicas de cada paciente. Se tomaron impresiones de alginato de ambos maxilares para fabricar modelos de estudio. De cada restauración se tomaron impresiones de precisión de silicona (Aquasil, Dentsply). Se fabricaron replicas (AlphaDie, Schultz Dental Group) y se analizaron mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB, Zeiss). Paciente y clínicos puntuaron la estética y función globales de las restauraciones sobre una escala análoga visual (EAV: 0 = peor puntuación, 10 = mejor puntuación).

Exámenes de seguimiento

En cada revisión anual, se examinaron las posibles complicaciones técnicas y biológicas de las PPFs de los pacientes. Mediante examen clínico y fotografías intraorales se valoraron los siguientes parámetros técnicos: fractura de la estructura, fractura o astillamiento del material de recubrimiento, caries, y relación del margen de la corona con los tejidos blandos. Además, se documentaron los parámetros periodontales y el análisis oclusal. De nuevo, se tomaron impresiones como se ha descrito antes. Finalmente, se pidió a los pacientes que valoraran otra vez su PPF en términos de resultados funcionales y estéticos.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se evaluaron mediante un programa estadístico (SPSS 17,0, SPSS). Se aplicó la estadística descriptiva a los datos. Se realizó un análisis de la supervivencia de acuerdo con Kaplan-Meier, sobre todos los fallos y complicaciones técnicas y biológicas. Se calculó la influencia de la restauración (corona unitaria o PPF), maxilar (maxilar superior o mandíbula), y región (segmento anterior o posterior) sobre la probabilidad de supervivencia (prueba de rango logarítmico). Mediante la prueba de Wilcoxon se compararon el Índice de Placa, el Índice de Sangrado, y la PSB de los dientes de estudio con los de los dientes control y también entre los datos pre-tratamiento y los de 3 años después del tratamiento. La puntuación de la EAV concerniente a la estética y a la función se evaluó mediante la prueba de Wilcoxon para establecer las diferencias entre el juicio de los pacientes y el de los clínicos. El nivel de significación se estableció al 5%.



Figura 1a. Imagen oclusal de una restauración fracturada.

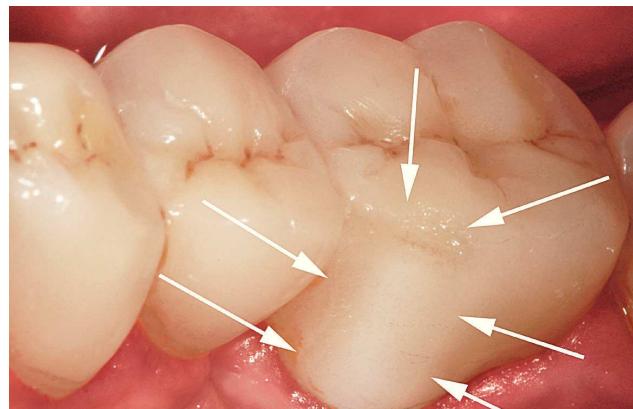


Figura 1b. Imagen palatina en detalle de la porcelana de recubrimiento fracturada.

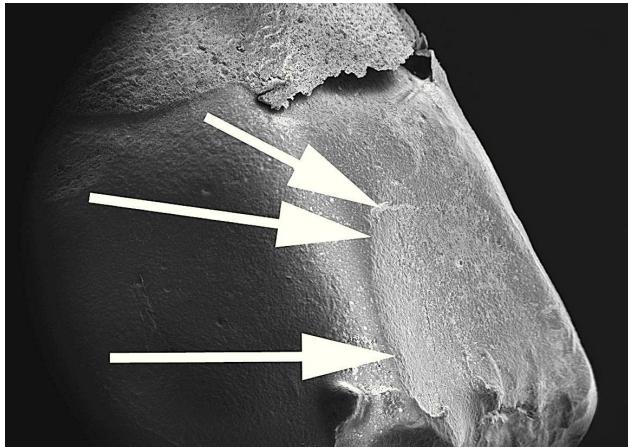


Figura 2. MEB de la porcelana de recubrimiento fracturada (17 X originales).

Resultados

El tiempo medio de servicio clínico fue de 35 (± 14) meses. La edad media de los pacientes fue de 50,9 años (rango de 27 a 71 años). Se observaron ocho complicaciones, lo que resultó en una probabilidad de supervivencia de Kaplan-Meier de 88,2%. Las complicaciones pudieron clasificarse en fallos biológicos (tres restauraciones) y fallos técnicos (cinco restauraciones, figs. 1 y 2). En el grupo de coronas unitarias no se registró ningún fallo. En las tablas 2a y 2b se detallan las probabilidades de supervivencia y los factores que influyeron en la probabilidad de supervivencia.

El Índice de Placa, Índice de Sangrado, y PSB no cambiaron significativamente con el tiempo de servicio clínico de las PPFs.

La estética global de las PPFs mostró un valor medio (DE) de 7,8 (1,5) cuando fue puntuada por los clínicos y de 9,5 (0,9) cuando fue puntuada por los pa-

cientes en una EAV. La diferencia resultó significativa ($p < 0,001$). La evaluación de la función global de las restauraciones no llegó a mostrar diferencias significativas ($p = 0,363$), ya que clínicos y pacientes puntuaron una media en la EAV (DE) de 8,7 (1,9) y 9,3 (1,8), respectivamente.

Discusión

La tasa de éxito de subestructuras de zirconio recubiertas con porcelana de recubrimiento con base de fluorapatita fue del 98,5% después de 3 años. Una PPF tuvo que retirarse después de 11 meses debido a una persistente inflamación periapical. Este fallo no se pudo relacionar directamente con los nuevos materiales empleados en este estudio clínico.

La perdida de vitalidad pulpar, con el consiguiente tratamiento endodóncico, ha sido descrita tanto en las restauraciones de metal-cerámica como en las restauraciones íntegramente cerámicas^{13,15}. Se puede concluir que se trata de un efecto adverso general del tratamiento de prótesis fija^{21,22}.

En el presente estudio, una PPF anterior perdió retención en ambos retenedores después de 31 meses. Esto no pudo explicarse por el diseño de la preparación, ya que el modelo maestro fue examinado después de que ocurriera el fallo. La altura de la preparación en el diente pilar era de 4,5 mm, y el ángulo de la preparación cumplía las pautas generales del estudio. Debido a las elevadas exigencias de una buena técnica adhesiva (lo que incluía aislamiento completo del campo operatorio), se prefirió un enfoque de cementado convencional. Sin embargo, el protocolo de cementado convencional pudo haber influido en la perdida de retención. La adhesión al zirconio ha

Tabla 2a. Tasas de fallo de todas las restauraciones

Tipo de fallo	Número de restauraciones	Tasa de fallo según Kaplan-Meier
Fallos biológicos catastróficos (restauraciones para reemplazar)	1	1,5%
Todos los fallos (incluyendo los fallos catastróficos, biológicos y técnicos)	8	11,8%
Fallos biológicos	3	4,4%
Fallos técnicos	5	7,4%

Tabla 2b. Factores de dependencia en las tasas de supervivencia

Tipo de fallo	Parámetro dependiente	Valor p
Todos los fallos	Localización	0,739
	Maxilar	0,911
	Restauración	< 0,001*
Fallo biológico	Localización	0,728
	Maxilar	0,107
	Restauración	0,005*
Fallo técnico	Localización	0,362
	Maxilar	0,162
	Restauración	0,013*

El asterisco indica la influencia estadística sobre el fallo (prueba de rango logarítmico, nivel de significación 5%).

sido muy discutida, y todavía faltan datos sobre su estabilidad a largo plazo. Se ha reseñado que la resistencia de la unión adhesiva se puede aumentar empleando primers que contengan monómero de fosfato y aplicándolos sobre el zirconio abrasionado con pulverización de partículas²³. La perdida de retención se ha reseñado tanto en las PPFs de metal-cerámica como en las íntegramente cerámicas^{12,21}.

Como todos los fallos se produjeron en el grupo de las PPF, su tasa de supervivencia fue del 55,6%. Sin embargo, las complicaciones, como ya se ha señalado antes, no pudieron relacionarse directamente con el tipo de restauración.

Resulta más interesante discutir las complicaciones técnicas. Los estudios clínicos que han empleado subestructuras de zirconio recubiertas mediante la técnica de reconstrucción con polvo, han reseñado tasas de asti-

llamiento de entre el 15% después de 2 años⁹, 9,5% después de 3 años, y 15,2% después de 5 años¹¹. Las porcelanas de recubrimiento feldespáticas convencionales para restauraciones de metal-cerámica han mostrado tasas de complicación más bajas en términos de astillamiento. Reuter y Brose reseñaron una tasa de astillamiento del 2,5% en PPFs de metal-cerámica después de 5 años²⁴. Cuando se empleó como material de la estructura, cerámica infiltrada con vidrio, no se reseñó ningún astillamiento de la cerámica de recubrimiento después de 5 años^{5,6}.

La elevada tasa de astillamiento de la porcelana es uno de los grandes problemas de las restauraciones de zirconio. Se ha discutido como influyen en el astillamiento de la porcelana, el diseño de la subestructura, la calidad de la superficie, y los parámetros de cocción en el horno durante el proceso de recubrimiento²⁵. Los datos recientemente publicados muestran que el fallo por astillamiento de las coronas de zirconio puede reducirse fabricando las restauraciones con subestructuras de zirconio optimizadas. Estas tienen que aportar soporte oclusal y un grosor de capa similar para la porcelana de recubrimiento. Un diseño de subestructura optimizado, así como una superficie optimizada, redujeron el número y área de superficie de los fallos de astillamiento *in vitro*²⁵.

Cuando se comenzó este estudio clínico, el software CAD/CAM empleado no permitió la fabricación de subestructuras con diseño optimizado. Sin embargo, todas las restauraciones colocadas en este estudio clínico se fabricaron con el mismo sistema CAD/CAM. La razón más probable del peor comportamiento clínico de las PPFs fue el proceso de recubrimiento, ya que el diseño de la subestructura y la calidad de la superficie tuvieron que ser iguales en ambos grupos. Todas las restauraciones fueron fabricadas por los mismos técnicos de un laboratorio dental calibrado. En los sistemas íntegramente cerámicos la población de defectos (tamaño, número, y distribución) puede relacionarse con el material o por el proceso de fabricación^{20,26}. Considerando la baja conductividad para el calor del zirconio, podría concluirse que existe una correlación entre la población de defectos y el tamaño de la restauración cuando se emplea el mismo programa de revestimiento. Algunas compañías dentales han cambiado sus recomendaciones respecto al proceso de revestimiento y distinguen entre subestructuras de zirconio de una sola unidad o multi-unidades. Como la fractura de la porcelana de revestimiento es de naturaleza compleja, se requieren más estudios *in vitro* y ensayos clínicos para poder comprender esta materia multifactorial.

Las restauraciones anteriores mostraron un comportamiento clínico algo mejor que las restauraciones del seg-

mento posterior. La menor cantidad de fuerzas de masticación en el segmento anterior pudo conducir al menor número de fallos técnicos²⁷.

Los parámetros periodontales de los dientes retenedores y controles no fueron significativamente diferentes. Esto coincide con los resultados de otros estudios clínicos y reafirma la biocompatibilidad de este tipo de prótesis fijas^{9,12}. Además, después de 3 años no se detectó ningún efecto de las restauraciones sobre los parámetros periodontales.

Finalmente, la satisfacción de los pacientes y de los clínicos respecto a la función y estética de las restauraciones de zirconio fue muy alta, y comparable a la de estudios anteriores¹².

Conclusiones

Considerando el tiempo de observación medio de 3 años, las coronas unitarias íntegramente cerámicas parecen exhibir tasas de supervivencia clínica prometedoras. Las PPFs fabricadas bajo las mismas condiciones que las coronas, mostraron una tasa de fallos técnicos significativamente más elevada (tabla 2b). Basándose en los resultados de este estudio, el procedimiento de cocción de la porcelana de revestimiento en las PPFs debe ser cambiado. Debe llevarse a cabo una investigación más completa para verificar esta materia multifactorial.

Agradecimientos

Este estudio fue sufragado por Ivoclar Vivadent. Los autores quieren mostrar su sincero agradecimiento a Josef Schweiger, Marlis Eichberger, y John Meinen por la fabricación de las restauraciones en el laboratorio de la Facultad de Odontología de Múnich. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en este estudio.

Bibliografía

- Toksavul S, Toman M. A short-term clinical evaluation of IPS Empress 2 crowns. *Int J Prosthodont* 2007;20:168–172.
- Taskonak B, Sertgoz A. Two-year clinical evaluation of lithium-disilicate-based all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Dent Mater* 2006;22:1008–1013.
- Marquardt P, Strub JR. Survival rates of IPS Empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: Results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006;37:253–259.
- Taskonak B, Mecholsky JJ Jr, Anusavice KJ. Fracture surface analysis of clinically failed fixed partial dentures. *J Dent Res* 2006;85:277–281.
- Olsson KG, Furst B, Andersson B, Carlsson GE. A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-Ceram Alumina FPDs. *Int J Prosthodont* 2003;16:150–156.
- Vult von Steyern P, Jonsson O, Nilner K. Five-year evaluation of posterior all-ceramic three-unit (In-Ceram) FPDs. *Int J Prosthodont* 2001;14:379–384.
- Scurria MS, Bader JD, Shugars DA. Meta-analysis of fixed partial denture survival: Prostheses and abutments. *J Prosthet Dent* 1998; 79:459–464.
- Walter M, Reppel PD, Boning K, Freesmeyer WB. Six-year follow-up of titanium and high-gold porcelain-fused-to-metal fixed partial dentures. *J Oral Rehabil* 1999;26:91–96.
- Vult von Steyern P, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2005;32:180–187.
- Edelhoff D, Beuer F, Weber F, Johnen C. HIP zirconia fixed partial dentures—Clinical results after 3 years of clinical service. *Quintessence Int* 2008;39:459–471.
- Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007;20:383–388.
- Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FPDs). *Clin Oral Investig* 2009;24:24.
- 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.
- Molin MK, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2008;21: 223–227.
- 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.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater* 2006;22: 857–863.
- Guess PC, Kulis A, Witkowski S, Wolkowitz M, Zhang Y, Strub JR. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater* 2008; 24:1556–1567.
- Visscher CM, Naeije M, De Laat A, et al. Diagnostic accuracy of temporomandibular disorder pain tests: A multicenter study. *J Orofac Pain* 2009;23:108–114.
- Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen J. Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. *Dent Mater* 2009;25:94–102.
- Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings—A new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2009;25:121–128.
- Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007;18(suppl 3):86–96.
- Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: Single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18(suppl 3):73–85.
- Lehmann F, Kern M. Durability of resin bonding to zirconia ceramic using different primers. *J Adhes Dent* 2009;11:479–483.
- Reuter J, Brose M. Failures in full crown retained dental bridges. *Br Dent J* 1984;157:61–63.
- Rosentritt M, Steiger D, Behr M, Handel G, Kolbeck C. Influence of substructure design and spacer settings on the in vitro performance of molar zirconia crowns. *J Dent* 2009;37:978–983.
- Kelly JR, Campbell SD, Bowen HK. Fracture-surface analysis of dental ceramics. *J Prosthet Dent* 1989;62:536–541.
- Körber K, Ludwig K. Maximale Kaukraft als Berechnungsfaktor zahntechnischer Konstruktionen. [Maximal biteforce, a factor in designing dental constructions]. *Dent Lab* 1983;31:55–60.