

ORIGINAL

Prótesis total de cadera primaria con par de fricción cerámica sobre cerámica de cuarta generación: resultados clínicos y de supervivencia con un seguimiento mínimo de 5 años



C.D. Novoa-Parra^{a,*}, J.M. Pelayo-de Tomás^{a,b}, S. Gómez-Aparicio^a,
R.E. López-Trabucco^a, M. Morales-Suárez-Varela^{c,d} y J.L. Rodrigo-Pérez^{a,b}

^a Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario Dr. Peset, Valencia, España

^b Departamento de Anatomía Humana, Universidad de Valencia, Valencia, España

^c Departamento de Medicina Preventiva, Universidad de Valencia, Valencia, España

^d CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

Recibido el 10 de marzo de 2018; aceptado el 18 de julio de 2018

Disponible en Internet el 19 de octubre de 2018

PALABRAS CLAVE

Artroplastia total de cadera primaria;
Cerámica delta;
Resultados;
Supervivencia

Resumen

Objetivo: Evaluar los resultados clínicos y la supervivencia de las prótesis de cadera primarias con par cerámica-cerámica (c-C) de cuarta generación implantadas en nuestro centro con un seguimiento mínimo de 5 años.

Material y método: Se estudiaron 205 artroplastias primarias de cadera realizadas entre 2008 y 2012. Los resultados clínicos, prequirúrgicos y a los 5 años de seguimiento fueron evaluados mediante el *Harris Hip Score* (HHS), el *Short Form-36* (SF-36), el *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC) y la escala analógica visual (EVA). Radiológicamente se estudiaron la posición de los componentes protésicos, la osteólisis periprotésica, el aflojamiento de los componentes protésicos y las roturas de los componentes cerámicos. Se registraron los eventos adversos relacionados con el par según su diámetro, con especial atención a las luxaciones protésicas y a la presencia de ruidos. La supervivencia con punto final como revisión protésica por cualquier causa fue estimada mediante el método de Kaplan-Meier. **Resultados:** Se obtuvieron mejorías significativas del HHS (88,7% de resultados buenos o excelentes), SF-36, WOMAC y EVA, $p < 0,001$. Se presentaron 19 eventos adversos relacionados con la prótesis (4 fracturas periprotésicas, 4 luxaciones, 2 infecciones superficiales, 1 movilización del cotilo, 2 ruidos, 4 aflojamientos asépticos y 2 roturas del cuello protésico); el 47,3% necesitaron revisión. La supervivencia acumulada de las prótesis fue del 97,5% (IC 95%: 96,4-98,5). No encontramos diferencias en la supervivencia, en eventos adversos protésicos, en la incidencia de ruidos o luxaciones y en los resultados clínicos entre los diferentes diámetros empleados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: le_male2002@hotmail.com (C.D. Novoa-Parra).

Conclusiones: Las prótesis primarias de cadera con par de fricción cerámica-cerámica de cuarta generación han mostrado una buena supervivencia a medio plazo y buenos resultados clínicos. © 2018 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Primary total hip arthroplasty;
Delta ceramic;
Outcomes;
Survival

Primary total hip arthroplasty with fourth-generation ceramic bearings: Clinical and survival results with a minimum follow-up of 5 years

Abstract

Objective: To evaluate the clinical results and survival of primary hip prosthesis with ceramic delta bearings (C-C) with a minimum follow-up of 5 years.

Material and method: A total of 205 primary hip arthroplasties performed between 2008 and 2012 were studied. The clinical results, pre-surgical and at 5 years of follow-up were evaluated using the Harris Hip Score (HHS), the Short Form-36 (SF-36), the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), and the visual analogue scale (VAS). The position of the prosthetic components, periprosthetic osteolysis, loosening of the prosthetic components and ruptures of the ceramic components were studied radiologically. The adverse events related to bearings were recorded according to their diameter, paying special attention to prosthetic dislocations and the presence of noise. Survival with an endpoint of prosthetic revision for any cause was estimated using the Kaplan-Meier method.

Results: Significant improvements were obtained in the HHS (88.7% of good/excellent results), SF36, WOMAC and EVA, $P < .001$. There were 19 adverse events related to the prosthesis (4 periprosthetic fractures, 4 dislocations, 2 superficial infections, 1 mobilization of the cup, 2 noises, 4 aseptic loosening and 2 breaks of the prosthetic neck); 47.3% needed revision. The cumulative survival of the prostheses was 97.5% (95% CI: 96.4-98.5). No differences were found in survival, prosthetic adverse events, noise incidence or dislocations and clinical results among the different diameters used.

Conclusions: Primary hip prostheses with fourth-generation ceramic bearings showed good survival in the medium term, and good clinical results.

© 2018 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En la artroplastia total de cadera, el par de fricción cerámica sobre cerámica se asocia a tasas de desgaste mínimas a lo largo del tiempo, con una liberación de partículas que produce una reacción biológica tisular de menor intensidad en comparación con las partículas derivadas del desgaste de polietileno¹⁻³. Esto ha disminuido marcadamente la tasa de osteólisis y fallo de los implantes. Sin embargo, la primera generación de cerámica se ha asociado a tasas de fractura de la cabeza o del inserto del 13%, que ha disminuido al 5% con el desarrollo de la cerámica de segunda generación¹. La tecnología utilizada para desarrollar la tercera generación de cerámica ha logrado disminuir esta complicación al 0,004%^{4,5}. La cerámica de cuarta generación (BioloX[®] delta) se caracteriza por la adición de zirconia, la cual presenta una mayor dureza y resistencia a la fractura en el laboratorio⁶, siendo la incidencia de esta complicación del 0,001% para las fracturas de cabeza y del 0,025% para las fracturas de inserto⁷. A pesar de la fiabilidad que parece aportar este par de fricción, existen pocos trabajos que hablen de los resultados clínicos y funcionales con un seguimiento mayor a 5 años. Desde nuestro conocimiento solo 4 estudios aportan información con este seguimiento mínimo⁸⁻¹¹, de los cuales 2 son prospectivos^{9,11}. El objetivo

fue evaluar los resultados clínicos y la supervivencia de las prótesis de cadera primarias con par cerámica-cerámica de cuarta generación implantadas en nuestro centro.

Material y método

Se realizó un estudio de seguimiento prospectivo para analizar los resultados clínicos y la supervivencia del par de fricción cerámica-cerámica (C-C) de cuarta generación BioloX[®] delta (CeramTec GmbH, Plochingen, Alemania). El estudio fue aprobado por el comité ético de nuestra institución (CEIC referencia 115/16) y todos los pacientes proporcionaron consentimiento informado. Se incluyeron todas las prótesis totales primarias implantadas en nuestro centro que tuviesen un seguimiento mínimo de 5 años o que presentaran el evento adverso de interés (revisión protésica por cualquier causa). Entre septiembre de 2008 y diciembre de 2012 se realizaron 312 prótesis primarias de cadera en nuestro centro, y en 220 se utilizó el par C-C delta. De los pacientes incluidos en la muestra inicial, 205 caderas (93,1%) en 205 pacientes estaban disponibles para el análisis. Las causas de las pérdidas fueron por finalización del seguimiento antes de los 5 años en 5 casos (alta de la consulta), desconocidas en 5 casos y por muerte en los 5 restantes.

Tabla 1 Estudios relacionados con el par de fricción C-C de cuarta generación y su supervivencia informada

Estudio	Año	N.º de implantes con C-C (BioloX® delta)	Tipo y frecuencia absoluta y relativa (%) de revisiones por cualquier causa en los pacientes que los que se usó el par cerámica-cerámica (BioloX® delta)													Supervivencia informada
			RICPos	RICintra	RCC	D I/C	Rui	Lux	ACA	AVF	Ost	Inf	Dol	FxVF	FxCA	
Cai et al. ²¹	2012	51	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	96,07%
McDonnell et al. ²²	2013	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100%
Wang et al. ²³	2014	177	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	99,99%
Reuven et al. ²⁴	2014	60	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	98,40%
Hamilton et al. ²⁵	2015	345	2	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	96,90%
Baek et al. ⁸	2015	91	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	97,90%
Tai et al. ²⁶	2015	206	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	98,54%
Aoude et al. ²⁷	2015	133	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	99,20%
Kim et al. ⁹	2016	334	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	99,50%
Lim et al. ¹⁰	2016	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100%
Sariali et al. ²⁸	2016	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	98,70%
Gillespie et al. ²⁹	2016	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	99,20%
Lee YK et al. ¹¹	2016	269	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	99,30%
Buttaro et al. ³⁰	2017	939	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	99,30%
Salo et al. ³¹	2017	336	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	99,10%
Lee et al. ³²	2017	286	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	99,00%
Shah et al. ³³	2017	375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
Total	17 años	4.157	5 (0,12)	0 (0)	1 (0,02)	1 (0,02)	0 (0)	6 (0,14)	2 (0,05)	4 (0,10)	0 (0)	8 (0,19)	0 (0)	9 (0,22)	1 (0,02)	98,8% (98,3-99,2) ^a

ACA: aflojamiento de la copa acetabular; AVF: aflojamiento del vástago femoral; D I/C: disociación inserto/copa; Dol: dolor sin causa explicada; FxCA: fractura periprotésica de la copa acetabular; FxVF: fractura periprotésica del vástago femoral; Inf: infección profunda; Lux: luxación; Ost: osteólisis; RCC: rotura de la cabeza cerámica; RICintra: rotura intraoperatoria del inserto cerámico; RICPos: rotura postoperatoria del inserto cerámico; Rui: ruidos, cualquier tipo.

^a Modelo de efectos aleatorios (DerSimonian y Laird¹²).

Desviaciones estándar (\pm DE), (rango).

Previo al análisis de los datos se realizó una revisión sistemática para valorar los resultados informados relacionados con la supervivencia del par (tabla 1). La supervivencia media informada se calculó a través del modelo de efectos aleatorios de DerSimonian y Laird¹², ya que este modelo estadístico asume que los estudios incluidos en la revisión representan una muestra aleatoria de todos los estudios potencialmente disponibles. Se obtuvo un promedio de supervivencia del 98,8% (IC 95%: 98,3-99,2; $I^2 = 32,6\%$). Se calculó un tamaño muestral para un 98% de supervivencia, suponiendo que en nuestra serie la supervivencia será del 100%, para una potencia estadística del 80% y una p de 0,05; el tamaño muestral mínimo requerido fue de 189 casos.

Manejo de los casos

Los pacientes seleccionados para utilizar el par de fricción C-C suelen ser menores de 65 años, si bien no se siguió ningún protocolo de inclusión y el cirujano pudo tener en consideración otros factores como la actividad física, la comorbilidad asociada y el peso a la hora de elegir el par de fricción.

Los pacientes fueron operados por 5 cirujanos experimentados. Las cirugías se realizaron bajo anestesia espinal en 151 (73,7%) casos y general en 54 (26,3%) casos. El abordaje posterolateral se utilizó en 199 (97,1%) casos y el anterolateral en 6 (2,9%) casos. Cuando se utilizó el abordaje posterolateral se procedió a la reconstrucción de las partes blandas posteriores. La profilaxis antibiótica se realizó con cefalosporina de primera generación durante 24 h y la tromboprofilaxis con heparina de bajo peso molecular durante un mes. Todos los pacientes siguieron el mismo protocolo de rehabilitación postoperatorio. La carga, si era tolerada, se permitió con ayuda de un andador al día siguiente de la intervención.

Evaluaciones

Las evaluaciones clínicas y radiológicas fueron realizadas por dos observadores independientes que no participaron en las cirugías. No se realizó un análisis de concordancia entre ellos.

Las evaluaciones clínicas se realizaron en el preoperatorio y el postoperatorio a los 3, 6, 12, 24 meses y luego anualmente. El resultado funcional se valoró en cada visita anual mediante el *Harris Hip Score* (HHS)¹³, que se clasificó como excelente (90-100 puntos), bueno (80-89 puntos), regular (70-79 puntos) o pobre (69 puntos o menos). La calidad de vida se obtuvo mediante los cuestionarios *Short-Form 36* (SF-36)¹⁴ y el *Western Ontario y McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC)¹⁵, ambos validados para nuestro país. El dolor se midió mediante la escala analógica visual (EVA) de 0 (sin dolor) a 10 (dolor máximo). Para el análisis de resultados solo se consideraron los resultados prequirúrgicos y a los 5 años de seguimiento.

El estudio radiológico incluyó una proyección anteroposterior y lateral de la cadera intervenida. La orientación del componente acetabular se valoró mediante el método de Lewinnek et al.¹⁶ modificado. El aflojamiento del componente acetabular se evaluó mediante la clasificación de DeLee y Charnley¹⁷. Se consideró que este existía, ante una

línea radiolúcida continua de mayor de 1 mm, osteólisis o migración de al menos 2 mm¹⁸ o cambio de orientación de más de 2 grados. El aflojamiento del componente femoral se evaluó mediante las zonas de Gruen et al.¹⁹ y se consideró que este existía ante una línea radiolúcida continua de más de 2 mm, osteólisis, hundimiento progresivo de más de 5 mm o cambio progresivo de posición de 3 grados o más²⁰.

Se recogieron los eventos adversos relacionados con el par de fricción según su diámetro, con especial atención a las luxaciones protésicas y a la presencia de ruidos. Para evaluar estos últimos no se utilizó un cuestionario específico, sino la comunicación de los mismos por parte de los pacientes, intentado su reproducción en la consulta.

Análisis estadístico

La distribución de variables continuas se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó una comparación de las variables categóricas utilizando el test exacto de Fisher y el test de razón de verosimilitud. La prueba U de Mann-Whitney o el test de Kruskal Wallis se utilizaron para analizar las variables continuas. *Post hoc* se realizaron comparaciones por parejas ajustadas según el método de Bonferroni. Para las comparaciones intragrupo (preoperatorio versus postoperatorio) se realizó la prueba t de Student pareada y la prueba de rangos de Wilcoxon. Se siguió el método de Kaplan-Meier para evaluar la supervivencia acumulada con el punto final como revisiones protésicas por cualquier causa. Se realizaron comparaciones según el diámetro de la cabeza utilizada mediante la prueba de Breslow. Los resultados de las variables continuas fueron presentados como media con su desviación estándar e intervalo de confianza al 95%, los de las variables nominales se presentaron como número absoluto y porcentaje. Se consideraron con significación estadística los valores de p inferiores a 0,05 en todas las pruebas. Se utilizaron los programas Excel 2010 para la recolección de datos y elaboración de tablas, SPSS v.22 para realizar las comparaciones, MedCalc v.13 para la aplicación del método de DerSimonian y Laird, Stata v.12 para el cálculo de la muestra.

Resultados

Características de la muestra

En la muestra hubo 79 mujeres y 126 hombres, con una edad media de $62,8 \pm 10,6$ (IC 95%: 61,4-64,3) años. Cien miembros intervenidos fueron derechos y 105 izquierdos. Treinta y ocho pacientes (18,5%) tenían la cadera contralateral previamente intervenida. El IMC de los pacientes incluidos fue de $28,8 \pm 5,2$ (IC 95%: 28,1-29,5) kg/m². El diagnóstico fue artrosis primaria en 197 (96,1%) casos, fractura en cuello femoral en 4 (2%), osteonecrosis de la cabeza femoral en 2 (1%), displasia de cadera en 1 (0,5%), secuelas de epifisiólisis femoral en 1 (0,5%). El grado ASA fue 1 en el 16,8%, 2 en el 65,9% y 3 en el 17,3% de los casos. El seguimiento medio fue de $6,4 \pm 1,3$ (IC 95%: 6,2-6,6) años.

Características de los sistemas protésicos utilizados

Los vástagos utilizados tuvieron cuello modular en 178 (86,8%) ocasiones: 167 H-MAX-M (Lima, San Danielle, Italia) y 11 F2L (Lima, San Danielle, Italia); y sin cuello modular en 27 (13,2%) ocasiones: 15 QUADRA-H (Medacta, Chicago, EE.UU.) y 12 H-MAX-S (Lima, San Danielle, Italia). El componente acetabular fue no cementado en todos los casos, de los cuales en 175 (85,4%) estaba recubierto de hidroxapatita (HA), 152 Delta PF (Lima, San Danielle, Italia), 23 VersaFit (Medacta, Chicago, EE.UU.) y 30 (14,6%) Delta TT (Lima, San Danielle, Italia) fueron de metal poroso. El diámetro de la cabeza fue de 28 mm en 10 (4,9%) casos, de 32 mm en 61 (29,8%), de 36 mm en 129 (62,9%) y de 40 mm en 5 (2,4%).

Resultados globales

Evaluación clínica. El resultado funcional prequirúrgico medido a través del HHS fue de $41,7 \pm 14,2$ (IC 95%: 39,7-43,7) puntos y el posquirúrgico a los 5 años fue de $89,6 \pm 7,1$ (IC 95%: 88,6-90,6) puntos, $p < 0,001$. El resultado relacionado con la calidad de vida medido a través del SF36 pasó de $40,3 \pm 15,9$ (IC 95%: 38,1-42,5) a $81,5 \pm 14,8$ (IC 95%: 79,4-83,5) puntos, $p < 0,001$. El resultado de la escala WOMAC pasó de $56,3 \pm 14,5$ (IC 95%: 54,3-58,4) a $8,1 \pm 9,2$ (IC 95%: 6,8-9,4) puntos, $p < 0,001$. El dolor en la cadera valorado a través de la escala EVA pasó de $7,5 \pm 1,7$ (IC 95%: 7,3-7,7) a $1,3 \pm 1,5$ (IC 95%: 1,1-1,5) puntos, $p < 0,001$.

Evaluación radiológica. El ángulo de inclinación medio de la copa acetabular fue de $44,7 \pm 7,0$ (IC 95%: 43,8-45,7) grados, y el ángulo de anteversión medio de la copa acetabular fue de $29,7 \pm 7,0$ (IC 95%: 28,8-30,7) grados. Dieciséis pacientes (8,2%) presentaron radiolucencia alrededor de la copa acetabular: 6 en la zona 1, 7 en la zona 2, 3 en la zona

3, y uno en las zonas 1, 2 y 3. Un paciente (0,4%) presentó aflojamiento del componente acetabular con movilización del cotilo y fue revisado.

Veintisiete pacientes (13,1%) presentaron radiolucencia alrededor del vástago: en la zona 1 (22) y en las zonas 1 y 7 (5). De estos, 4 pacientes (1%) presentaron criterios radiológicos de aflojamiento del componente femoral y fueron revisados.

El resto de los pacientes presentaron signos de osteointegración de los componentes protésicos. No observamos signos osteólisis en ningún paciente.

Se presentaron 19 eventos adversos relacionados con la prótesis: 4 (1,9%) fracturas periprotésicas, de las cuales 2 fueron intraoperatorias y 2 por caídas; 4 (1,9%) luxaciones; 2 infecciones superficiales (1%); 1 movilización del cotilo (0,5%); 2 ruidos originados en la prótesis (*clicks*); 4 (1,9%) aflojamientos asépticos y 2 (1%) roturas del cuello modular protésico. Ambas roturas de cuello se presentaron en pacientes varones, con sobrepeso y vida activa; el cuello en ambos casos estaba hecho en titanio, y la longitud fue L en un caso y S en otro, las cabezas utilizadas fueron cortas en ambos casos. De estos 19 pacientes, 9 (47,3%) necesitaron revisión. No hubo ningún caso de rotura de los componentes cerámicos.

La supervivencia acumulada de las prótesis incluidas en la muestra fue del 97,5% (IC 95%: 96,4-98,5) (fig. 1).

Resultados según el diámetro de la cabeza utilizada

Características basales. Los grupos fueron diferentes en cuanto a la distribución del sexo (32 mm vs 36 mm, $p < 0,001$), siendo mayor el uso de cabezas de 32 mm en las mujeres (68,9%) que en los hombres (31,1%) y de 36 mm en los hombres (78,2%) que en las mujeres (21,8%). También

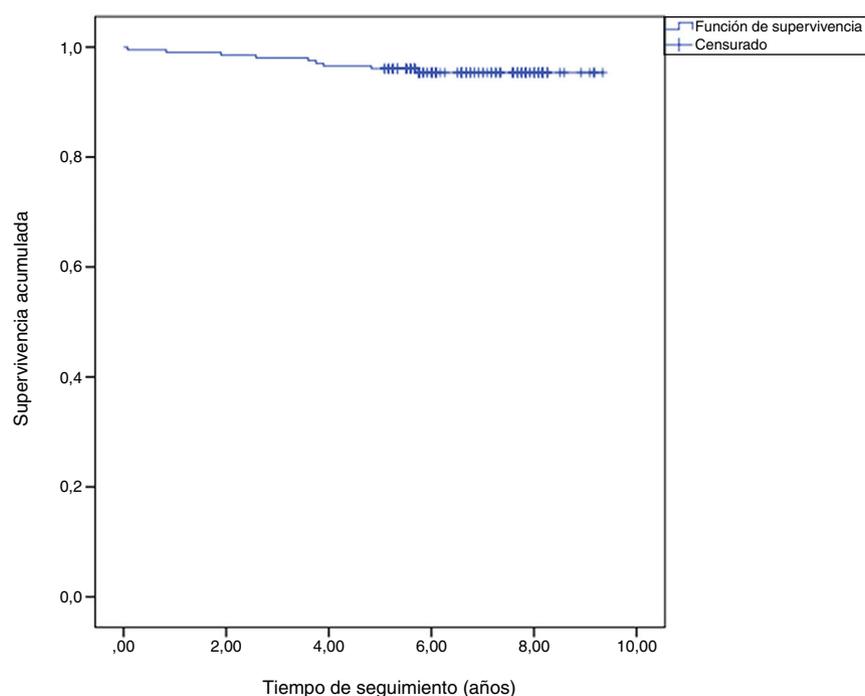


Figura 1 Supervivencia acumulada de la muestral.

Tabla 2 Características basales de la muestra según el diámetro de la cabeza utilizada

Variable	Diámetro de la cabeza cerámica (BioloX® delta) utilizada				p
	28 (n=10)	32 (n=61)	36 (n=129)	40 (n=5)	
Sexo					
Hombre (%)	2 (20)	19 (31,1)	101 (78,2)	4 (80)	<
Mujer (%)	8 (80)	42 (68,9)	28 (21,8)	1 (20)	0,001
Edad en años (IC 95%)	67 (59-74)	64 (61-67)	62 (60-64)	60 (42-78)	0,35
Talla (cm)	161,5 (156,9-166)	159 (156,2-161,2)	168,6 (167,3-169,8)	174,2 (156,9-191,4)	< 0,001
Peso (kg)	75,2 (64,6-85,7)	72 (67,7-76,2)	82,6 (80,2-85)	84,8 (57,7-111,8)	< 0,001
IMC en kg/m ² (IC 95%)	28,8 (25-32,5)	28,3 (26,8-29,8)	29,1 (28,2-30)	27,7 (22,5-32,8)	0,85
< 25	2 (20)	18 (30)	25 (19,4)	1 (20)	0,45
25-29,99	3 (30)	17 (28,3)	55 (42,6)	3 (60)	
30-34,99	5 (50)	17 (28,3)	31 (24)	1 (20)	
35-39,99	0	6 (10)	16 (12,4)	0	
> 40	0	2 (3,3)	2 (1,6)	0	
Grado ASA					
1 (%)	2 (20)	11 (18)	20 (15,5)	1 (20)	0,76
2 (%)	5 (50)	43 (70,5)	84 (65,1)	3 (60)	
3 (%)	3 (30)	7 (11,5)	25 (19,4)	1 (20)	
Diagnóstico					
Artrosis primaria (%)	10 (100)	58 (95,1)	125 (96,9)	4 (80)	0,593
NACF (%)	0	0	2 (1,6)	0	
Fractura de cadera (%)	0	2 (3,3)	1 (0,8)	1 (20)	
Artrosis secundaria a epifisiólisis (%)	0	0	1 (0,8)	0	
Artrosis secundaria a DDC (%)	0	1 (1,6)	0	0	
Cuello modular/No modular	6/4	42/19	125/4	5/0	< 0,001
Copa HA/Metal poroso	10/0	51/10	112/17	2/3	0,03
Longitud de la cabeza S (-3 mm)/M (+0)/L(+3)	3/5/2	31/21/9	40/51/38	1/1/3	0,06
Radiolucencia alrededor del vástago. Sí/No	3/7	7/54	17/112	0/5	0,32
Radiolucencia alrededor de la copa acetabular. Sí/No	0/10	9/52	7/122	0/5	0,07
Tiempo de seguimiento en años (IC 95%)	6,6 (5,6-7,69)	6,6 (6,3-7)	6,6 (6,4-6,7)	5,3 (5,1-5,4)	0,03

DDC: displasia congénita de cadera; HA: hidroxiapatita; IMC: índice de masa corporal; NACF: necrosis avascular de la cabeza femoral).

se encontraron diferencias en cuanto a la talla (32 vs 36, $p < 0,001$; 32 vs 40, $p = 0,02$; 28 vs 36, $p = 0,36$), peso (32 vs 36; $p < 0,001$), tipo de vástago utilizado (según la modularidad del cuello, 32 mm vs 36 mm, $p < 0,001$), tipo copa utilizada (según el tipo de recubrimiento para el *pressfit*, 28 mm vs 40 mm, $p = 0,02$) y tiempo de seguimiento, aunque el seguimiento mínimo de todos fue de 5 años. Todas estas diferencias se encuentran resumidas en la [tabla 2](#).

Supervivencia. La supervivencia acumulada para el diámetro de 28 mm fue del 90%, para 32 mm del 95,7% (IC 95%: 91,8-99,5), para 36 mm del 98,6% (IC 95%: 96,4-99,6) y para 40 mm del 100%. No encontramos diferencias estadísticas entre la supervivencia de los grupos, $p = 0,571$ ([fig. 2](#)).

Valoración clínica. Los grupos de diámetro 32 mm y 36 mm diferían en cuanto a su estado funcional previo medido a través del cuestionario SF-36 ($p = 0,01$), en particular en su escala física ($p = 0,049$), y la diferencia media fue de 4,8 puntos. En la valoración intragrupo solo el de

diámetro 40 mm no presentó mejoría en los parámetros evaluados, aunque consideramos que esto se debió a complicaciones intraoperatorias en un caso (fractura del trocánter mayor que requirió osteosíntesis con mal resultado, aunque el paciente no se ha querido someter a una nueva cirugía) y complicaciones médicas en 2 casos: un paciente presentaba una lumbociatalgia que comenzó antes de la cirugía y otro presentó clínica de envenenamiento por metales (miocardiopatía y síndrome constitucional, con niveles en suero de cromo de 50,7 $\mu\text{g/l}$ y cobalto de 551 $\mu\text{g/l}$). Cabe decir que este último paciente era portador de una prótesis *resurfacing* en la cadera contralateral con par metal sobre metal, que ya ha sido revisada ([tabla 3](#)). No encontramos diferencias al comparar el resultado clínico final de los distintos diámetros de cabezas utilizadas ([tabla 4](#)).

Valoración radiológica. Al valorar la frecuencia de aparición de líneas de radiolucencia no encontramos diferencias

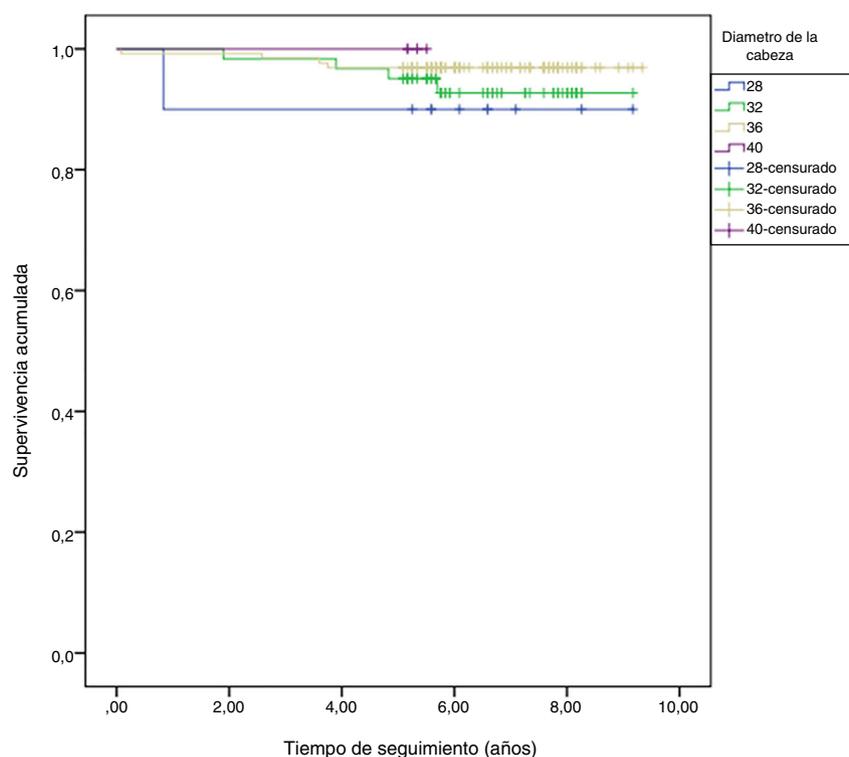


Figura 2 Supervivencia acumulada de la muestra según el diámetro de la cabeza utilizada.

entre los grupos para los componentes femoral ($p=0,32$) y acetabular ($p=0,07$).

Eventos adversos encontrados. Los eventos adversos relacionados con cada par de fricción se encuentran detallados en la [tabla 3](#). Al valorar la frecuencia de las luxaciones entre los grupos no encontramos diferencias estadísticamente significativas, $p=0,06$. Al valorar la frecuencia de ruidos entre los grupos no encontramos diferencias estadísticamente significativas, $p=0,601$, y estos no eran reproducibles en la consulta. No encontramos diferencias estadísticamente significativas al comparar los grupos de pacientes que presentaban estos fenómenos con los que no los presentaban en cuanto a características basales y posición de los componentes protésicos.

Discusión

Hemos estudiado prospectivamente 205 pacientes en los que hemos encontrado 19 eventos adversos relacionados con la prótesis, de los cuales 9 han necesitado cirugía de revisión. La supervivencia por cualquier causa de nuestra muestra fue del 97,5% (IC 95%: 96,4-98,5) a los $6,14 \pm 1,85$ (IC 95%: 5,9-6,39) años. Los resultados clínicos en general han sido buenos a los 5 años de seguimiento y son cercanos a los recogidos por otros trabajos publicados^{8-11,21-33} ([tabla 1](#)). El grupo de cabezas de 40 mm de diámetro presentó peores resultados, justificándose por otras razones ajenas al par de fricción. No hemos encontrado ninguna variable asociada al desarrollo de ruidos o luxación protésica. No se presentó ningún caso de fractura de los componentes cerámicos.

El primer estudio publicado que trataba sobre el par C-C de cuarta generación fue el de Hamilton et al.⁵. En

este estudio, comparativo con el par cerámica polietileno altamente entrecruzado, los autores informan de los resultados de 177 pares C-C a los 2,6 (IC 95%: 1,75-4,08) años de seguimiento medio. La n de este estudio fue extendida y publicada en 2015²⁵, razón por la que no hemos añadido el primer estudio a la [tabla 1](#). Así, con un seguimiento medio de $5,3 \pm 1,4$ años, los autores informan de una supervivencia del par C-C del 96,9% (IC 95%: 94-98,4). Las causas de sus revisiones se encuentran detalladas en la [tabla 1](#). Al igual que en su muestra, hemos tenido 4 revisiones por aflojamiento del vástago femoral. Estos autores también informan de 9 luxaciones: 6 en el grupo de 28 mm y 3 en el de 36 mm; ambas frecuencias de aparición de esta complicación coinciden con las nuestras: 1/10 en el grupo de 28 mm ($p=0,324$) y 2 en el de 36 mm ($p=0,99$). Además, nosotros hemos tenido una luxación en el grupo de 40 mm. Informaron de 26 ruidos (chirridos), no encontrando diferencias entre los resultados clínicos de los pacientes que se quejaron de este fenómeno y los que no. Encontraron como factores asociados a estos el sexo (mujeres), el uso de cabezas de 36 mm de diámetro y el $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$.

Los ruidos han sido descritos como chasquidos (*clicking*), chirridos (*squeaking*) o como una molienda (*grinding*). Estos dos últimos han sido relacionados con la sobrecarga en el borde del inserto cerámico (*edge loading*) debido a una inclinación excesiva de la copa acetabular³⁴. En nuestra muestra solo hemos encontrado 2 pacientes que se quejaron de ruidos, ambos con cabeza de 36 mm, aunque no hemos encontrado ninguna variable asociada con este fenómeno. Hamilton et al.²⁵ encontraron una asociación entre el diámetro de 36 mm y el desarrollo de ruidos comparado con cabezas de 28 mm. Aunque la incidencia de ruidos en las series cuyo objetivo es su estudio^{8,22,26,29,31,33} es del

Tabla 3 Eventos adversos encontrados en la muestra según el diámetro de la cabeza utilizada

	Estado (seguimiento mínimo 5 años)	Eventos adversos encontrados	Diámetro de la cabeza (%)				Total	
			28 mm	32 mm	36 mm	40 mm		
Eventos adversos relacionados con la prótesis	Prótesis no revisadas, n = 196	Ninguno	9	55	119	3	186	
		Fractura periprotésica	0	1	0	0	1	
		Luxación	0	0	2	1	3	
		Infección superficial	0	1	1	0	2	
		Ruidos	0	0	2	0	2	
		Fractura del cuello femoral intraoperatoria	0	0	1	0	1	
		Fractura del trocánter mayor intraoperatoria	0	0	0	1	1	
		Prótesis revisadas, n = 9	Fractura periprotésica	0	1	0	0	1
			Luxación	1	0	0	0	1
	Movilización del cotilo		0	0	1	0	1	
	Aflojamiento aséptico (vástago)		0	2	2	0	4	
	Rotura del cuello protésico		0	1	1	0	2	
	Eventos adversos clínicos	Prótesis no revisadas, n = 196	Ninguno	8	52	113	1	174
			Transfusión (hospitalización)	1	3	6	1	11
Isquemia de miembro inferior			0	0	1	0	1	
Hipotensión			0	0	1	1	2	
Reacción a cuerpo extraño			0	0	1	0	1	
Fracaso renal			0	0	1	0	1	
Exudado			0	1	1	0	2	
Eritema			0	0	1	0	1	
Alteración cardiaca			0	1	0	0	1	
Lumbociatalgia			0	0	0	1	1	
Envenenamiento por metales			0	0	0	1	1	
Prótesis revisadas, n = 9			Ninguno	1	3	4	0	8
			Transfusión	0	1	0	0	1

16,5% (IC 95%: 9,73-24,8; $I^2 = 92,8\%$), en el global de las series^{8-11,21-33} este fenómeno no ha sido causa de revisión, por lo que su importancia clínica está en estudio (tabla 1). Gillespie et al.²⁹ encontraron que los pacientes con prótesis de cadera con par C-C ruidosas tenían menores índices de satisfacción que los pacientes con prótesis que no producían ruidos. Resultados similares fueron encontrados por McDonnell et al.²² y Salo et al.³¹, por lo que, a pesar que no sean causa de revisión protésica, parece conveniente avisar de su riesgo a los pacientes. En una revisión reciente en la que se describen las características del diseño protésico y la orientación de los componentes que se relacionan con la aparición de ruidos, los autores sugieren el uso de vástagos largos y gruesos hechos en titanio, evitar el uso de copas con bordes elevados y mantener la orientación de las mismas entre 25 ± 10 grados de anteversión y 45 ± 10 grados de inclinación; son estrategias para reducir la propagación de las vibraciones y la posibilidad de ruidos³⁵.

La frecuencia de las luxaciones en las series publicadas es de 26 en 4.157 pacientes, el 0,7% (IC 95%: 0,33-1,21; $I^2 = 62,9\%$). De estas se han tenido que revisar 6, el 0,19% (IC 95%: 0,08-0,35; $I^2 = 0\%$). Nuestros datos, a pesar de parecer peores, no presentan diferencias estadísticamente

significativas ni para el número de luxaciones ($p = 0,05$) ni para el número de revisiones por esta causa ($p = 0,28$).

En cuanto a los resultados clínicos, los nuestros no distan de los previamente publicados. Al comparar la media de los resultados publicados con los nuestros no encontramos diferencias ni en los resultados de la capacidad funcional medidos a través del Harris ($p = 0,66$) ni en la calidad de vida medida a través del WOMAC ($p = 0,50$) (tabla 5). Hay que considerar que de los 12 estudios^{8-11,21,23,24,26-29,32} que evalúan por lo menos una escala similar a las nuestras, en 11 la edad media de los pacientes es menor a 60 años. Solo nuestro estudio y el de Tai et al.²⁶, tienen una edad media superior a 60 años, aunque al comparar los resultados divididos por este factor no encontramos diferencias estadísticamente significativas.

En nuestra serie no encontramos diferencias estadísticamente significativas en la valoración clínica intragrupo (antes/después de la cirugía) respecto al diámetro de la cabeza utilizada. Observamos que en el diámetro de 40 mm los pacientes no mejoraron. Como previamente hemos expuesto, estos resultados se encuentran probablemente relacionados con complicaciones ajenas al par de fricción. Solo Tai et al.²⁶ y Salo et al.³¹ informan

Tabla 4 Resultados clínicos de los pacientes que sobrevivieron según el diámetro de la cabeza utilizada a los 5 años de seguimiento

	Diámetro de la cabeza (mm)												p (diferencia intergrupald) n = 158	
	28 (n = 9)			32 (n = 57)			36 (n = 125)			40 (n = 5)				
	Antes ^a	Después ^a	p	Antes	Después	p	Antes	Después	p	Antes	Después	p	p (diferencia intergrupalc) n = 196	
Escalas														
HSS en puntos (IC95%)	39,4 (27,8-50,9)	90,9 (86,2-95,5)	0,005	38,6 (35,1-42)	89,2 (87,3-91,2)	< 0,001	42,8 (40,8-45,2)	90 (88,8-91,2)	< 0,001	55,6 (18,7-92,4)	81,4 (69,6-93,1)	0,138	0,62	0,10
Resultado Excelente ^b	0	6	0,001	0	32	< 0,001	1	80	< 0,001	1	2	0,01	0,77	0,44
Bueno ^b	0	2		1	19		0	31		0	2			
Regular ^b	0	0		0	3		2	9		0	1			
Malo ^b	9	1		56	3		122	5		4	0			
SF36 global en puntos (IC95%)	41,5 (29,6-53,3)	82,9 (71,2-94,5)	0,003	35 (31,6-38,5)	81,4 (77,6-85,2)	< 0,001	42 (39,3-44,8)	81,9 (79,4-84,4)	< 0,001	56 (18,8-93,1)	69,4 (38-100)	0,345	0,05	0,19
SF36 Físico	33,1 (25,5-40,6)	82,7 (72-93,3)	0,003	30,2 (27,3-33,1)	79 (75,1-83)	< 0,001	35 (32,7-37,2)	80,2 (77-82,9)	< 0,001	46,6 (9,5-83,6)	61,4 (26,7-96)	0,500	0,24	0,44
SF-36 Mental	49,9 (39,8-59,9)	80,9 (68,3-93,4)	0,003	48,5 (45,7-51,3)	81,8 (78-85,4)	< 0,001	48,8 (47,5-52,1)	81,7 (79,3-84,2)	< 0,001	48,2 (40,2-55,9)	75,4 (48-100)	0,04	0,79	0,66
WOMAC global en puntos (IC 95%)	61,2 (52,3-70)	7,1 (0-13,8)	0,005	54,8 (50,9-58,8)	7,8 (5,5-10,1)	< 0,001	57 (54,6-59,4)	7,7 (6,3-9,2)	< 0,001	47,8 (18,7-76,8)	23,4 (0-50)	0,225	0,15	0,25
WOMAC dolor	12 (9-14,9)	1,7 (0-3,69)	0,005	11,7 (10,8-12,5)	1,5 (1-2)	< 0,001	12,2 (11,67-12,91)	1,6 (1,3-2)	< 0,001	12,8 (8,4-15,7)	4,6 (0-8,5)	0,12	0,33	0,21
WOMAC rigidez	4,6 (3,5-5,6)	1 (0-1,3)	0,005	4,4 (4,1-4,8)	1 (0-1)	< 0,001	4,4 (4,2-4,7)	1 (0-1)	< 0,001	3,4 (0-6,5)	2,2 (0-5,5)	0,498	0,47	0,34
WOMAC capacidad funcional	44,6 (36,6-52,5)	4,6 (0-9)	0,005	38,7 (35,4-41,9)	5,4 (3,8-7,1)	< 0,001	40,3 (38,3-42,2)	5,1 (4,1-6,2)	< 0,001	31,6 (4,6-58,5)	16 (0-36)	0,5	0,22	0,30
EVA en puntos (IC 95%)	7,1 (5,9-8,2)	1,1 (0-2)	0,005	7,8 (7,5-8,1)	1,5 (1,1-1,9)	< 0,001	7,47 (7,1-7,7)	1,2 (1-1,4)	< 0,001	6,6 (1,3-10)	2,2 (0-4)	0,78	0,75	0,79

^a Resultados antes y después de la cirugía.

^b Número de pacientes por categoría.

^c Todos los sistemas a 5 años de seguimiento.

^d Pacientes intervenidos de solo una de las caderas; media (IC 95%).

Tabla 5 Resultados finales informados en la literatura

Estudio	Edad de los pacientes	Cuestionarios utilizados para valorar los resultados										
		Resultados funcionales					Calidad de vida				Dolor	
		HHS	UCLA	OHS	HOOS	OS	WOMAC	SF-12	SF-36	VR12	RAND-36	EVA
<i>Cai et al.</i> ²¹	42,1 ± 10,5 (21-60)	84,6										
<i>McDonnell et al.</i> ²²	59 (22-84)											
Con ruidos	56 (23-73)		6,84 (3-10)	41 (22-48)	79 (25-100)						50,5 (24-63)	
Sin ruido	60 (22-84)		6,7 (0-10)	42 (8-48)	86,4 (9,8-100)						51,5 (15-67)	
<i>Wang et al.</i> ²³	41,8 ± 8,3 (22-55)	91,0 ± 5,1										
<i>Reuven et al.</i> ²⁴	41,8 (21-56)	88 (40-90)	6 (2-10)									
<i>Hamilton et al.</i> ²⁵	(20-75)											
28 mm	56,4 ± 10,6	94,5 ± 9,9										
36 mm	57,3 ± 11	93,7 ± 10,2										
<i>Baek et al.</i> ⁸	55 ± 14	93,2 ± 6,8										
<i>Tai et al.</i> ²⁶	69 (38,1-93)	92 (44-100)										
<i>Aoude et al.</i> ²⁷	43,6 (14-65)	88,1 ± 13,6 (32-99)	6,2 ± 1,9 (2-10)									
<i>Kim et al.</i> ⁹	48,2 ± 11,3 (21-49)	94 ± 6,1 (70-100)	8,6 (8-10)				15 ± 8 (5-25)					
<i>Lim et al.</i> ¹⁰	49 (20-80)	97 (78-100)										
<i>Sarijali et al.</i> ²⁸	58,8 ± 13,5 (18-84)	97 ± 7 (59-100)			57 ± 6 (37-60)							
<i>Gillespie et al.</i> ²⁹	52 (16-76)			40,8		48,5		38,2				
<i>Lee et al.</i> ¹¹	53,7 (17-75)	91 (41-100)	4,6 (2-9)				12,9 ± 14,9 (4-37)					
<i>Buttaro et al.</i> ^{30, a}	49 (17-82,7)											
<i>Salo et al.</i> ³¹	61 (29-78)			46 [41-48]							76 [57-88]	
Con ruidos	58 (32-72)			43 [36-47]							72 [48-85]	
Sin ruido	61 (29-78)			46,5 [42-48]							76 [57-89]	
<i>Lee et al.</i> ³²	49,7 (16-83)	93,8 ± 7,6	6,2 ± 1,9				9,3 ± 10,8					
<i>Shah et al.</i> ^{33, b}	—											
Convencionales	67,2 ± 9,4											
Navegadas	58,3 ± 9,1											
<i>Estudio actual</i>	63 ± 10,6 (24-85)	89,6 ± 7,2 (65-100)					8,3 ± 9,2 (0-57)		81,5 ± 14,8 (26-100)			1,3 ± 1,5 (0-7)
28 mm	67 ± 10,9	90,9 ± 6,5 (80-99)					7,1 ± 9,5 (0-25)		82,9 ± 16,2 (46-97)			1,1 ± 1,3 (0-4)
32 mm	64 ± 10,6	89,2 ± 7,6 (65-100)					7,8 ± 8,8 (0-40)		81,4 ± 14,8 (26-100)			1,5 ± 1,6 (0-7)
36 mm	62 ± 10,4	90 ± 6,8 (70-100)					7,7 ± 8,3 (0-32)		81,9 ± 14,3 (38-100)			1,2 ± 1,4 (0-5)
40 mm	60 ± 14,4	81,4 ± 9,4 (70-92)					23,4 ± 21,4 (3-57)		69,4 ± 25,2 (29-90)			2,2 ± 1,4 (0-4)

EVA: escala visual analógica del dolor; HOOS: *Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score*; HHS: *Harris Hip Score*; OHS: *Oxford Hip Score*; OS: *Oxford quality of life score*; RAND-36: *Research and Development 36-item health survey 1.0*; SF-12; *Short Form 12*; SF-36: *Short Form 36*; UCLA: *University of California at Los Angeles: Activity Score*; VR12: *Veterans Rand 12-Item health survey*; WOMAC: *The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*.

^a Se informó el *Merle d'Aubigné-Postel Score* solo para los pacientes que presentaron complicaciones.

^b No utilizó escalas de valoración.

Los resultados están expresados como media ± desviación estándar (rango) o mediana [rango intercuartílico].

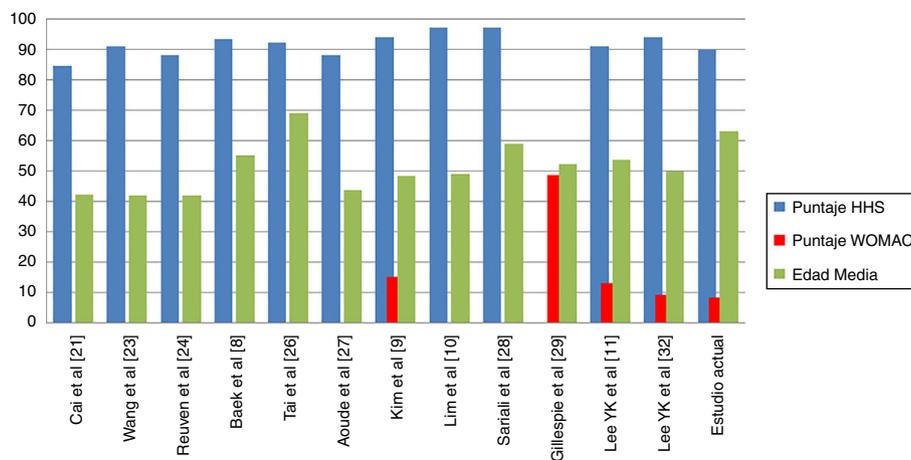


Figura 3 Resultados informados en la bibliografía y en nuestra muestra.

del uso de cabezas de cerámica de 40 mm o mayores, aunque no informan de los resultados clínicos de estas específicamente, por lo cual no podemos comparar nuestros resultados. Hamilton et al.²⁵ comparan los resultados clínicos prequirúrgico y posquirúrgico de las cabezas de 28 mm (177 casos) y 36 mm (168), obteniendo mejoras significativas en las comparaciones intragrupo, y no encontraron diferencias en las comparaciones intergrupo. Sus resultados son comparables a los nuestros para cabezas de 28 mm (HHS, $p=0,28$), aunque son mejores para cabezas de 36 mm (HHS, +3,7 puntos; IC 95%: 1,7-5,6; $p < 0,001$). Es difícil poder establecer las causas de las diferencias entre las muestras debido a las variaciones metodológicas, de seguimiento y de los sistemas protésicos utilizados (tabla 5, fig. 3).

Es importante hacer notar el gran número de cuellos modulares utilizados en nuestra muestra. La decisión del uso de los mismos hace al cirujano legalmente responsable del constructo. En nuestra muestra se presentaron dos roturas del cuello modular hecho en titanio. Sugerimos no utilizar este tipo de cuellos en pacientes activos y con sobrepeso.

Nuestro trabajo tiene algunas limitaciones. Primero, la muestra se ha calculado para lograr suficiente potencia para establecer una valoración adecuada de la proporción de supervivencia, mas no para encontrar diferencias en los resultados clínicos entre los diferentes diámetros. Segundo, en el 96% de nuestros casos el diagnóstico inicial registrado fue artrosis primaria de cadera, con lo cual la severidad de la deformidad o las características óseas encontradas hacen difícil poder extrapolar los resultados a otros diagnósticos. Tercero, los grupos con cabezas de 28 mm y 40 mm son muy pequeños y es difícil poder interpretar y extrapolar sus resultados. Cuarto, los grupos según el diámetro de cabeza utilizado han presentado diferencias en cuanto a sus características basales y protésicas. Se utilizaron 4 tipos de vástagos y 3 tipos de cotilo, sin que su frecuencia de uso se distribuyera de forma homogénea. Consideramos que esto puede afectar la interpretación de los resultados. Quinto, a pesar de que el seguimiento es mayor a 5 años, los resultados

siguen siendo a término medio y se debería lograr un seguimiento mayor para determinar la seguridad y la durabilidad de las prótesis de cadera con par C-C de cuarta generación.

Conclusiones

Las prótesis primarias de cadera con par de fricción cerámica-cerámica de cuarta generación han mostrado una buena supervivencia a medio plazo y buenos resultados clínicos.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia II.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores no han recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco han firmado ningún acuerdo por el que vayan a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Por otra parte, ninguna entidad comercial ha pagado ni pagará a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que los autores estén afiliados.

Bibliografía

- Hamadouche D, Nitch C, Bizot P, Mounier A, Nizard R, Sedel L. Fracture of ceramic bearing: History and present status. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;417:19–26.
- D'Antonio JA, Capello WN, Naughton M. Ceramic bearings for total hip arthroplasty have high survivorship at 10 years. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470:373–81.
- Murphy SB, Ecker TM, Tannast M. Two to 9-year clinical results of alumina ceramic on-ceramic THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;453:97–102.
- Capello WN, d'Antonio JA, Feinberg JR, Manley MT, Naughton M. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;23:39–43.
- Hamilton WG, McAuley JP, Dennis DA, Murphy JA, Blumenfeld TJ, Politi J. THA with Delta ceramic on ceramic. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:358–66.
- Yang CC, Kim RH, Dennis DA. The squeaking hip: A cause for concern-disagrees. *Orthopedics.* 2007;30:739–42.
- Massin Lopes PR, Masson B, Mainard D. French Hip & Knee Society (SFHG). Does Biolox[®] delta ceramic reduce the rate of component fractures in total hip replacement? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100:317–21.
- Baek S, Kim W, Kim J, Kim S. Do alumina matrix composite bearings decrease hip noises and bearing fractures at a minimum of 5 years after THA? *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473:3796–802.
- Kim Y, Park J, Kim J. Alumina Delta-on-Alumina Delta bearing in cementless total hip arthroplasty in patients aged < 50 years. *J Arthroplasty.* 2017;32:1048–53.
- Lim S, Kim S, Kim D, Moon Y, Park Y. Cementless total hip arthroplasty using Biolox[®] Delta ceramic-on-ceramic bearing in patients with osteonecrosis of the femoral head. *Hip Int.* 2016;26:144–8.
- Lee Y, Ha Y, Yoo J, Jo W, Kim K, Koo K. Mid-term results of the BIOLOX delta ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *Bone Joint J.* 2017;99:741–8.
- DerSimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clin Trials.* 1986;7:177–88.
- Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: Treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:737–55.
- Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). *Med Care.* 1992;30:473–83.
- Bellamy N, Buchanan W, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip and the knee. *J Rheumatol.* 1988;15:1833–40.
- Lewinnek G, Lewis J, Tarr R, Compere C, Zimmerman J. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60:217–20.
- DeLee JS, Charnley J. Radiologic demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;121:20–32.
- Valle AG, Zoppi A, Peterson MG, Salvati EA. Clinical and radiographic results associated with a modern, cementless modular cup design in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:1998–2004.
- Gruen TA, McNiece GM, Amstutz HC. "Modes of failures" of cemented stem-type femoral component: A radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;141:17–27.
- Engh CA, Bobyn JD, Glassman AH. Porous-coated hip replacement: The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69:45–55.
- Cai P, Hu Y, Xie J. Large-diameter delta ceramic-on-ceramic versus common-sized ceramic-on-polyethylene bearings in THA. *Orthopedics.* 2012;35:1307–13.
- McDonnell S, Boyce G, Bare J, Young D, Shimmin A. The incidence of noise generation arising from the large-diameter Delta motion ceramic total hip bearing. *Bone Joint J.* 2013;95:160–5.
- Wang W, Guo W, Yue D, Shi Z, Zhang N, Lui Z, et al. Fourth-generation ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty in patients of 55 years or younger: Short-term results and complications analysis. *Chin Med J (Engl).* 2014;127:2310–5.
- Reuven A, Manoudis G, Aoude A, Huk O, Zukor D, Antoniou J. Clinical and radiological outcome of the newest generation of ceramic-on-ceramic hip arthroplasty in young patients. *Adv Orthop Surg.* 2014;2014:1–6.
- Hamilton W, McAuley J, Blumenfeld T, Lesko J, Himden S, Dennis D. Midterm results of delta ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2015;30:110–5.
- Tai S, Munir S, Walter W, Pearce S, Walter W, Zicat B. Squeaking in large diameter ceramic-on-ceramic bearings in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2015;30:282–5.
- Aoude A, Antoniou J, Epure L, Huk O, Zukor D, Tanzer M. Midterm outcomes of the recently FDA approved ceramic on ceramic bearing in total hip arthroplasty patients under 65 years of age. *J Arthroplasty.* 2015;30:1388–92.
- Sariali E, Catonne Y, Pascal-Moussellard H. Three-dimensional planning-guided total hip arthroplasty through a minimally invasive direct anterior approach. Clinical outcomes at five years' follow-up. *Int Orthop.* 2016;41:699–705.
- Gillespie J, Kennedy J, Patil S, Meek D. Noise production in ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty is associated with lower patient satisfaction and hip scores. *J Orthop.* 2016;13:282–4.
- Buttaro M, Zanotti G, Comba F, Piccaluga F. Primary total hip arthroplasty with fourth-generation ceramic-on-ceramic: Analysis of complications in 939 consecutive cases followed for 2-10 years. *J Arthroplasty.* 2017;32:480–6.
- Salo P, Honkanen P, Ivanova I, Reito A, Pajamäki J, Eskelinen A. High prevalence of noise following delta ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *Bone Joint J.* 2017;99:44–50.
- Lee Y, Ha Y, Jo W, Kim T, Jung W, Koo K. Could larger diameter of 4th generation ceramic bearing decrease the rate of dislocation after THA? *J Orthop Sci.* 2016;21:327–31.
- Shah S, Deep K, Siramanakul C, Mahajan V, Picard F, Allen D. Computer navigation helps reduce the incidence of noise after ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2017;32:2783–7.
- Imbuldeniya AM, Pearce SJ, Walter WL, Zicat BA, Walter WK. Squeaking: Current knowledge and how to avoid it. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2013;6:342–9.
- Levy D, Munir S, Donohoo S, Walter WL. Review on squeaking hips. *World J Orthop.* 2015;6:812–20.