

Prótesis de pirocarbono en fracturas complejas de cabeza de radio.

J. BALLESTER PARRA, V. ZARZUELA SÁNCHEZ, V. ESTREMS DÍAZ, J. RIBAS GARCÍA-PEÑUELA, L. HERNÁNDEZ FERRANDO, A. BRU POMER.

SERVICIO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA, CONSORCIO HOSPITAL GENERAL DE VALENCIA.

Resumen. Presentamos los resultados de un estudio observacional retrospectivo sobre 23 casos de fracturas complejas de cabeza de radio tratadas mediante la implantación de una prótesis cabeza radio de pirocarbono (MoPyc). La distribución por sexos fue 10 hombres y 13 mujeres, y la edad media de 54 años. El seguimiento medio fue de 70 meses (48-93 meses). La principal causa fue una fractura de cabeza de radio no reconstruible con inestabilidad asociada de codo. La evaluación clínica se realizó con la Mayo Elbow Performance Score (MEPS). Radiográficamente se valoró la congruencia articular, el tamaño de la prótesis, la radiolucencia periprotésica, la osificación heterotópica y la osteoartritis. Al final del seguimiento la media de la escala MEPS fue 82/100, con 84 % resultados de excelentes y buenos. La flexión media fue de 130°, extensión -30°, pronación 76° y supinación 77°. La estabilidad del codo fue buena en todos los casos y no observamos migración proximal del radio. Observamos radiolucencia alrededor del vástago en 5 pacientes, pero sin aparente repercusión clínica. Las complicaciones fueron una paresia del nervio interóseo posterior con recuperación funcional al cabo de 11 semanas, 2 pacientes presentaron “*overstuffing*” con subluxación posterior asociada que necesitó realizar exéresis de la cabeza y una osificación heterotópica con repercusión sobre el balance articular que necesitó 2 cirugías, todos ellos con resultados clínicos aceptables. Los resultados son alentadores.

Pyrocarbon prosthesis in complex radial head fractures.

Summary. The authors present the results of a retrospective observational study of 23 cases of a complex radial head fractures treated by pyrocarbon radial head prosthesis (MoPyc). This modular radial head prosthesis is composed of a cementless titanium stem and a 15° angulated neck. The gender distribution was 10 men and 13 women, average age 54 years. The mean follow-up was 70 months (48–93 months). The main etiology was a radial head fracture with elbow instability. Clinical evaluation was performed using the Mayo Elbow Performance Score (MEPS). Was assessed radiographically joint congruity, the size of the prosthesis, periprosthetic radiolucency, heterotopic ossification and osteoarthritis. At follow-up, the MEPS average was 82/100, with 84% of good and excellent results. Elbow flexion averaged 130°, extension -30°, pronation 76° and supination 77°. Elbow stability was good in all the cases, and no proximal migration of the radius occurred. Asymptomatic bone lucencies were found in five cases around the stem. Complications included paresis of the posterior interosseous nerve with functional recovery after 11 weeks, 2 patients had “*overstuffing*” associated with posterior subluxation and they need to perform excision of the head and one heterotopic ossification with articular impact on balance that needs two surgeries, all of them with acceptable clinical results. The preliminary results are encouraging.

Correspondencia:
Julio Ballester Parra
Consortio Hospital General de Valencia
Avda, Tres Cruces, 2
46014 Valencia.
Jfballesterp@gmail.com

Introducción

La incidencia de las fracturas de cabeza de radio ha sido descrita entre el 1.7% y el 5.4% de todas las fracturas, representando estas junto a las fracturas de cuello de

radio casi el 75 % de todas las fracturas proximales del antebrazo^{1,2}.

El mecanismo de lesión más común es debido a una carga axial sobre un antebrazo en extensión y pronación³. Actualmente se reconoce a la cabeza de radio como un importante estabilizador del antebrazo y el codo^{4,5} aportando hasta el 30% de la estabilidad en valgo del codo aunque el principal estabilizador es el ligamento colateral medial^{3,6,7}. Además el 60% de la carga del codo transcu-

re a través de la articulación entre radio y capitelum⁸. Algunos autores han sugerido un incremento de la osteoartritis húmero-cubital tras la ausencia de la cabeza de radio^{9,10}.

La cabeza de radio no solo va a aportar estabilidad en valgo a la articulación radiocapitelar, sino que también, aportará estabilidad a la articulación radio cubital distal (ARCD)^{11,12}. La inestabilidad aguda axial resultante de la fractura de cabeza de radio, ruptura del ligamento interóseo y fibrocartilago triangular (FCT) ha sido bien descrita y se conoce como lesión de Essex-Lopresti. También se ha descrito la inestabilidad axial crónica después de la extirpación de la cabeza radial sin aparente lesión del ligamento interóseo o FCT, pero apareciendo migración sintomática proximal del radio, variando su incidencia del 20 % al 90%¹³.

Dependiendo del patrón de fractura y la lesión de partes blandas, existen varios tipos de tratamiento para fracturas de cabeza de radio^{14,15}.

En la actualidad el tratamiento para las fracturas de cabeza de radio tipo I está consensuado³, estando menos estandarizados para las fracturas Mason tipo II¹⁶. Es en los casos más graves, en las fracturas de cabeza de radio Mason tipo III, donde existe más controversia y el tipo de tratamiento quirúrgico puede variar dependiendo de las preferencias y experiencia del cirujano. Una reducción abierta y fijación interna^{5,17}, una exéresis^{18,19} o una artroplastia de sustitución serán las distintas opciones²⁰.

Las fracturas complejas de la cabeza de radio están asociadas con un con alguno de estos patrones: 1. Fractura de la cabeza del radio y ruptura del ligamento interóseo del antebrazo (Lesión Essex-Lopresti y variantes²¹⁻²³); 2. Fractura de la cabeza de radio y luxación posterior de codo^{24,25}; 3. Fractura de la cabeza de radio y ruptura del ligamento colateral medial (LCM); 4. Luxación posterior de codo con fractura asociada de cabeza de radio y apófisis coronoides, lo que denominamos triada terrible; Fractura-luxación posterior de olécranon (Lesión posterior de Monteggia^{26,27}).

Debido a todo lo anterior descrito, en los últimos años se ha instaurado la preferencia por la sustitución protésica frente a la exéresis. El objetivo del estudio es presentar nuestros resultados a medio plazo en pacientes que sufrieron una fractura de cabeza de radio Mason tipo III, IV y que fueron intervenidos realizándose una artroplastia de cabeza de radio con prótesis de pirocarbón.

Material y métodos

Desde febrero 2005 a agosto 2013 se intervinieron 23 pacientes que presentaban fracturas de cabeza de radio

Mason tipo III y IV mediante la colocación de una prótesis de cabeza de radio de pirocarbón (MoPyC) (Bioprofile -Tornier, Cedex, France). Consiste en una cabeza de radio hecha de carbón pirolítico con un cuello anatómico de 15° y un vástago, ambos realizados de titanio. Presenta 3 tamaños de cabeza, 4 cuellos y 3 vástagos, aportando modularidad con hasta 48 posibles combinaciones.

Se intervinieron a 13 mujeres y 10 hombres con una edad media de 54 años (rango 28-78 años) (Tabla I). El seguimiento medio fue de 70 meses (48-93 meses). El brazo dominante fue afectado en 13 paciente de 22 (59%). El tiempo medio entre fractura y cirugía fue de 3 días (0-6 días). En todos los pacientes esta cirugía fue el primer procedimiento de fractura de cabeza de radio.

Se realizó una exploración neurológica preoperatoria y el día siguiente de la intervención. Se comprobó la estabilidad en varo y valgo tanto en extensión completa, a 30° y 60° de flexión intraoperatoria, a las 4 semanas y 12 semanas postoperatorias. Además, se valoraron los resultados funcionales mediante la Mayo Elbow Performance Index (MEPS)⁸ y el dolor según la escala EVA.

Se realizaron radiografías antero-posterior (AP) y laterales (LAT) de codo con el brazo en supinación y pronación, valorando la congruencia articular, la presencia de osteopenia, el tamaño de la prótesis, la radiolucencia periprotésica, osificación heterotópica y osteoartritis. También se realizó un estudio de la muñeca en aquellos pacientes que presentaron dolor al ingreso mediante radiografías AP y LAT de la muñeca para valorar la presencia de subluxación dorsal cubital.

La osteopenia del capitelum fue clasificada en ninguna, leve, moderada o severa.

El tamaño de la prótesis y el “*overstuffing*” (inserción de un implante de cabeza de radio que provoca un alargamiento radial²⁸) fue medido en aquellos pacientes que presentaron un déficit de extensión o bloqueo de la articulación, comparando el espacio medial de la articulación húmero-cubital del codo intervenido y el contralateral con radiografías AP. Si la superficie húmero-cubital era paralela y el espacio igual al codo contralateral, se consideraba que no se había producido “*overstuffing*”.

La radiolucencia periprotésica alrededor del vástago fue clasificada como leve cuando una a dos zonas presentaban líneas de radiolucencia <2 mm en grosor, moderada cuando afectaba de 3 a 6 zonas con radiolucencia >2mm en grosor y severa cuando involucraba a todas las zonas²⁹.

La osificación heterotópica fue clasificada como I, II clase IIa, IIb o IIc y III, de acuerdo al sistema de clasificación radiográfica propuesto por Hastings³⁰.

Tabla I. Datos Epidemiológicos.

Nº	Sexo	Edad	Lado afecto	Mecanismo lesión	Mason	LCL	Essex-Lopresti	LCM	Luxación	Olécranon	Coronoide	Tratamiento
1	M	70	I	Caída	IV	*			*			Anclaje LCM y LCL
2	H	58	D dominante	Caída	IV	*		*	*	*	(>2mm)	Placa olécranon, A.K. en coronoides, anclaje LCM y LCL
3	M	70	D dominante	Acc. Tráfico	IV	*		*	*	*	(>2mm)	Anclaje LCM y LCLy A.K. en coronoides
4	H	42	I	Acc. Tráfico	III	*						Anclaje LCL
5	H	54	D dominante	Caída	IV	*						Anclaje LCM y LCL
6	H	59	I	Caída	III	*		*				Anclaje LCM
7	M	61	D dominante	Caída	IV	*		*	*			Anclaje LCM y LCL
8	M	55	D	Acc. Deportivo	III			*				Anclaje LCM
9	H	28	D dominante	Acc. Tráfico	III			*				Anclaje LCM y LCL
10	M	51	I	Caída	III	*						Anclaje LCL
11	H	29	I dominante	Precipitado	III	*	*					Anclaje LCM; A.K. ARCD
12	M	43	I	Acc. Deportivo	III	*		*				Anclaje LCM y LCL
13	M	78	D dominante	Caída	IV	*		*	*		(>2mm)	Anclaje LCM
14	M	59	I	Caída	IV	*		*	*			Anclaje LCM y LCL
15	M	57	I	Caída	III	*		*				Anclaje LCM
16	M	68	I	Caída	III			*				Anclaje LCM
17	M	47	D dominante	Acc. Tráfico	IV	*		*	*			Anclaje LCM y LCL
18	M	55	I	Acc. Deportivo	III	*						Anclaje LCL
19	H	67	I	Caída	III		*	*				Anclaje LCM; A.K. ARCD
20	H	34	D	Acc. Deportivo	III	*						Anclaje LCL
21	H	41	D dominante	Precipitado	IV	*		*	*	*	(>2mm)	Placa olécranon; Anclaje LCM y LCL
22	M	57	I dominante	Acc. Laboral	III	*						Anclaje LCL
23	M	63	D	Caída	III	*	*	*				Anclaje LCM y LCL; A.K. ARCD

LCM: Ligamento colateral medial; **LCL:** Ligamento colateral lateral; **ARCD:** articulación radiocubital distal.

El grado de cambios degenerativos fue clasificado según el sistema de Broberg and Morrey como grado 0 (articulación normal), grado 1 (ligero estrechamiento y mínima formación de osteofito), grado 2 (moderado estrechamiento y moderada formación de osteofito) o grado 3 (severos cambios degenerativos con total destrucción de la articulación³¹).

Resultados

Los pacientes mostraron un arco de movilidad medio de 130° de flexión y 100° de extensión con una contractura en extensión media de 30°. La pronación media fue de 78° y la supinación media de 77°. Usando la escala Mayo Elbow Performance Score (MEPS), obtuvimos 19 pacientes (83%) con resultados excelentes (13) y buenos (6), 3 normales (13%) y 1 malo (4%) (Tabla II).

La media de la escala EVA fue 1.3 (0.7-3.1). La media EVA durante actividad fue de 2.2 (1.2-4.3).

En 3 casos se tuvo que extraer la cabeza de la prótesis, 2 por “*overstuffing*” a los 3 meses y 4 meses respectivamente y en 1 caso por rotura del vástago protésico a los 18 meses después de un traumatismo de alta energía (Fig. 1a y 1b), quedando el codo clínicamente estable a pesar de ello.

La tasa de incidencia de calcificación heterotópica con repercusión clínica fue de solo un caso, coincidiendo con lo actualmente publicado³⁰. El paciente presentó una calcificación heterotópica estadio IIC de Hastings que necesitó 2 intervenciones para recuperar la función del brazo (Fig. 2a y 2b).

Tuvimos solo un paciente clínica neurológica con afectación del nervio interóseo posterior con recuperación clínica al cabo de 11 semanas, complicación descrita también por otros autores³.

La valoración radiológica mostro que los implantes de cabeza de radio articulaban congruentemente con el ca-

pitellum excepto en 2 casos ya comentados en los que se produjo un “*overstuffing*”.

No se observó ninguna evidencia de osteopenia ni cambios osteoartroticos en el capitulum.

En 5 pacientes se observó radiolucencia alrededor del vástago de la prótesis, 2 pacientes (8.7%) tuvieron una radiolucencia menor (>2mm de grosor en una o dos zonas) y 3 pacientes (13%) radiolucencia moderada, aun así, sin aparente significación clínica. Los 18 pacientes restantes (78.2%) no tuvieron evidencia de radiolucencia alrededor del vástago de la prótesis.

Discusión

En función del patrón de fractura de la cabeza de radio y la lesión de partes blandas asociada, se han descrito varios tipos de tratamiento para fracturas de cabeza de radio^{17,30} siendo la indicación de sustitución protésica un tema controvertido.

La exéresis de cabeza de radio fue el tratamiento de elección en el pasado para fracturas conminutas obteniendo resultados satisfactorios (cuando la reconstrucción de la misma no era posible)³². Es por ello que el tratamiento con sustitución protésica parece hoy en día la elección frente a la exéresis por la prevención de complicaciones secundarias^{20,33,34}.

Sin embargo, gracias a estudios recientes sabemos que incluso en situaciones donde exista una integridad de los ligamentos colaterales y de la membrana interósea, la exéresis podría asociar dolor, inestabilidad, migración proximal de radio, disminución de la fuerza de presión, ósteoartrosis de la articulación radio-capitelar y cúbito valgo³⁵⁻³⁷.

Además, las fracturas de cabeza de radio Mason tipo III y IV se van asociar muchas ocasiones a lesiones que contribuirán al aumento de la inestabilidad del codo (lesión apófisis coronoides y lesión Essex-Lopresti).

Tabla II. Resultados funcionales.

Nº Casos	MEPS	Dolor	Flexión	Extensión	Supinación	Pronación
1	50	No	110	-40	60	65
2	75	No	140	-40	80	75
3	55	Leve	130	-10	55	60
4	90	No	130	-30	85	80
5	95	No	130	-30	85	85
6	75	Leve	120	-50	50	60
7	95	No	120	-45	80	75
8	90	No	140	-35	90	80
9	95	No	130	-40	80	85
10	95	No	140	-5	80	80
11	90	No	135	-25	80	80
12	80	No	130	-30	80	75
13	70	No	120	-50	75	80
14	65	No	130	-20	70	75
15	65	Leve	130	-55	65	75
16	90	No	130	-30	70	75
17	80	No	130	-20	85	75
18	95	No	135	-20	90	75
19	90	No	135	-30	85	85
20	90	No	130	-30	85	80
21	95	No	130	-20	90	80
22	75	No	130	-40	75	85
23	90	No	135	-25	85	80

El objetivo de la sustitución protésica no es otro que la de preservar la movilidad, estabilidad, fuerza de presión y prevenir el dolor.

Muchos diseños protésicos han sido modificados a lo largo de los años. Speed, en 1941, fue el primero en utilizar prótesis en fracturas de cabeza de radio con resultados no satisfactorios³⁸. Cherry popularizó las prótesis acrílicas y Swanson las prótesis de silicona, pero ambas se asociaron a un amplio número de complicaciones^{39,40},



Figura 1. a) Rotura del vástago protésico. b) Ausencia de cabeza y cuello protésico tras la intervención.

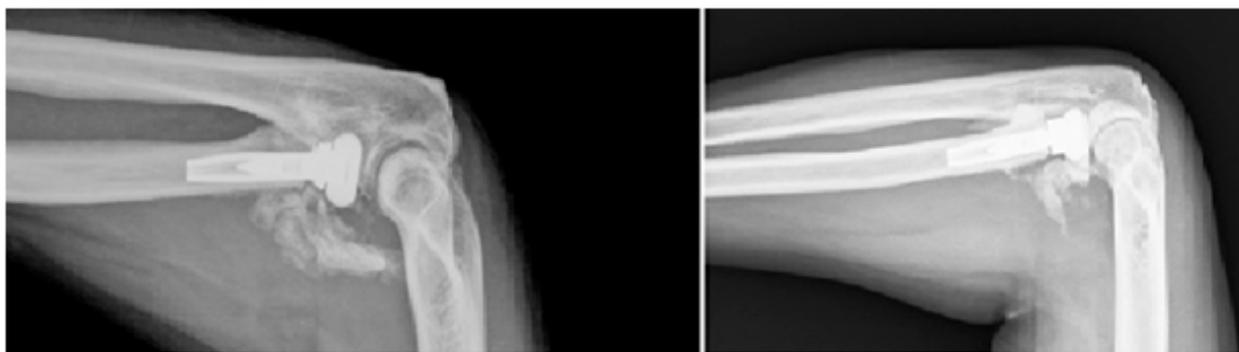


Figura 2. a) Presencia de osificación heterotópica en cápsula anterior. b) Ausencia parcial de osificación tras cirugía abierta.

por lo que tras los primeros resultados se dejaron de utilizar en detrimento de las primeras prótesis metálicas.

Con los primeros resultados a corto y medio plazo de las prótesis metálicas se evidenciaron pobres resultados debido a un gran número de aflojamientos⁴¹, disociación de la cabeza con el vástago y osteoartritis⁴². Sin embargo, otros autores consiguieron resultados más satisfactorios, a pesar de la presencia de osteoartritis en algunos de sus pacientes⁴³.

En nuestro caso, utilizamos prótesis de cabeza de radio de pirocarbón debido a sus propiedades. El carbón pirolítico se obtiene por pirolisis de gas de hidrocarburo y es depositado dentro de grafito. La biocompatibilidad de este material es bien conocida, siendo utilizado en válvulas artificiales desde 1969. En cirugía ortopédica ha sido utilizada en artroplastias metacarpofalángicas e interfalángicas⁴⁴.

Su modularidad de elasticidad se acerca mucho a la del hueso, debido a que reproduce la transmisión de fuerza mecánica entre el hueso y el implante, sin ninguna alteración del hueso.

Además de ser biocompatible y mecánicamente similar al hueso, el pirocarbón también presenta una alta resistencia. Su pulimento es superior a otros materiales que son usados en implantes, permitiendo de esa manera al capitellum un deslizamiento sin erosión^{43,45}.

Los resultados funcionales obtenidos en nuestra serie coinciden con otras series publicadas. En estudios previos que valoraron los resultados funcionales según la escala MEPS^{13,14,20,46,47}, el rango osciló entre 80 y 95 puntos, que justifica nuestra puntuación de 82 puntos en la escala MEPS con un 83% de resultados excelentes y buenos.

Sin embargo, resultados similares se han publicado con exéresis en fracturas de cabeza de radio no reconstruibles. Antuña y col.¹⁸ obtuvieron un 92% de pacientes (24 de 26 casos) sin o leve dolor y un MEPS medio de 95, con un seguimiento medio de 25 años, pero solo en pacientes que presentaban una fractura Mason tipo III. En

las series de Herbertsson y col.³⁵ solo 2 de 49 pacientes con lesiones Mason tipo II y III presentaban dolor severo tras 18 años de seguimiento. Faldini y col.⁴⁸ obtuvieron 22 pacientes con resultados excelentes y buenos, en pacientes con fracturas Mason tipo III con un seguimiento de 15 años tras la resección. Estos estudios no incluyen pacientes con lesiones tipo IV de Mason. En las fracturas tipo IV Mason aumentan las lesiones asociadas (capsulo-ligamentosas y óseas), presentando en estos casos una mayor inestabilidad, pudiendo ser las causantes de resultados inferiores en nuestro estudio.

Van Glabbeek y col.^{49,50} demostró que la restauración de la longitud radial es importante y que la sobredimensión o infradimensión axial de la articulación radio-humeral de 2.5 mm o más puede alterar la cinemática del codo. Podemos corroborar este hecho tras presentar en 2 de nuestros pacientes un “*overstuffing*”, produciendo una incongruencia entre capitellum y prótesis con subluxación posterior, y siendo necesaria la extracción de la cabeza protésica. Se desconoce si una inadecuada tensión del fascículo cubital del ligamento lateral contribuyó a este fenómeno. Desde un punto de vista radiológico se puede minimizar esta complicación. Van Riet y col.⁵¹ encontraron que el borde lateral de la coronoides, lo que ellos denominaron “*borde proximal de la escotadura sigmoidea menor*” es una marca reproducible para una correcta valoración del grosor de la cabeza protésica.

La resorción ósea en la región del cuello radial (fenómeno conocido como “*stress shielding*”) en las radiografía no asoció peores resultados funcionales, a pesar que este hallazgo radiológico apareció en 5 de los 23 casos. Rincon y col.⁴⁶ tuvieron en 11 de sus 27 casos este hallazgo, pero sin repercusión sobre sus resultados funcionales.

Solo se observó un caso de osificación heterotópica con significación clínica, a pesar de no aplicar tratamiento profiláctico como realizan otros autores^{14,40}. Esto replantea si realmente es necesario profilaxis con indometacina⁴³.

Una de las limitaciones de este estudio es que se trata de un estudio observacional retrospectivo que estudia una sola cohorte, sin compararla con un grupo control, presentar pequeño tamaño muestral y con un seguimiento a medio plazo.

En relación con los buenos resultados clínicos y radiológicos obtenidos y similares a la literatura reciente, consideramos que la prótesis de cabeza de radio de pirocarbono es una buena opción en fracturas de cabeza de

radio Mason tipo III y IV debido a las lesiones asociadas de estructura capsulo-ligamentosa y ósea que comprometen la estabilidad y funcionalidad normal del codo y así evitar complicaciones asociadas a la elección de otros tratamientos alternativos. Sin embargo, será necesario realizar un seguimiento a largo plazo para valorar la supervivencia y complicaciones.

Bibliografía:

1. Frank SG, Grewal R, Johnson J, Faber KJ, King GJ, Athwal GS. Determination of correct implant size in radial head arthroplasty to avoid overlengthening. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:1738-46.
2. Duckworth AD, Clement ND, Jenkins PJ, Aitken SA, Court-Brown CM, McQueen, MM. The epidemiology of radial head and neck fractures. *J Hand Surg Am* 2012; 37:112-9.
3. Menon MR, Walker JL, Court-Brown CM. The epidemiology of fractures in adolescents with reference to social deprivation. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90:1482-6.
4. Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J. Posterior dislocation of the elbow with fractures of the radial head and coronoid. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A:547-51.
5. Ring D, Jupiter JB. Fracture-dislocation of the elbow. *Hand Clin* 2002; 18:55-63.
6. Bryce CD, Armstrong AD. Anatomy and biomechanics of the elbow. *Orthop Clin North Am* 2008; 39:141-54.
7. Johnson JA, Beingsner DM, Gordon KD, Dunning CE, Stacpoole RA, King GJ. Kinematics and stability of the fractured and implant-reconstructed radial head. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14 (1 Suppl S):195S-201S.
8. Halls AA, Travill A. Transmission of pressures across the elbow joint. *Anat Rec* 1964; 150:243-7.
9. Ring D. Displaced, unstable fractures of the radial head: fixation vs. replacement-what is the evidence?. *Injury* 2008; 39:1329-37.
10. Sanchez-Sotelo J, Romanillos O, Garay EG. Results of acute excision of the radial head in elbow radial head fracture-dislocations. *J Orthop Trauma* 2000; 14:354-8.
11. Hotchkiss RN. Displaced Fractures of the Radial Head: Internal Fixation or Excision?. *J Am Acad Orthop Surg* 1997; 5:1-10.
12. Morrey BF, Chao EY, Hui FC. Biomechanical study of the elbow following excision of the radial head. *J Bone Joint Surg Am* 1979; 61:63-8.
13. Allieu Y, Winter M, Pequignot JP. Radial head replacement with a pyrocarbon head prosthesis: preliminary results of a multicentric prospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2006; 16:1-9.
14. Bain GI, Ashwood N, Baird R, Unni R. Management of Mason type-III radial head fractures with a titanium prosthesis, ligament repair, and early mobilization. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87:136-47.
15. Morrey BF. Prosthetic radial head replacement. En: Morrey BF, Sanchez-Sotelo J, editors. *The elbow and its disorders*. Philadelphia: WB Saunders Elsevier; 2009. p. 381-8.
16. Shukla DR, Fitzsimmons JS, An KN, O'Driscoll SW. Effect of radial head malunion on radiocapitellar stability. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:789-94.
17. Duckworth DG, Avakian Z, Chien C. Newly defined fracture pattern specific to Mason III radial head fractures: fracture description, management and outcomes using screw fixation. *ANZ J Surg* 2012; 82:434-8.
18. Antuña SA, Sánchez-Márquez JM, Barco R. Long-term results of radial head resection following isolated radial head fractures in patients younger than forty years old. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92:558-66.
19. Faldini C, Nanni M, Leonetti D, Capra P, Bonomo M, Persiani V, Galante C, Giannini S. Early radial head excision for displaced and comminuted radial head fractures: considerations and concerns at long-term follow-up. *J Orthop Trauma* 2012; 26:236-40.
20. Sarris IK, Kyrkos MJ, Galanis NN, Papavasiliou KA, Sayegh FE, Kapetanios GA. Radial head replacement with the MoPyC pyrocarbon prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:1222-8.
21. Edwards GS Jr, Jupiter JB. Radial head fractures with acute distal radioulnar dislocation. Essex-Lopresti revisited. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 234:61-9.
22. Castillo Odena I. Bipolar fracture-dislocation of the forearm. *J Bone Joint Surg Am* 1952; 34A:968-76.
23. Broberg MA, Morrey BF. Results of treatment of fracture-dislocations of the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 216:109-19.
24. Josefsson PO, Gentz CF, Johnell O, Wendeborg B. Dislocations of the elbow and intraarticular fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 246:126-30.
25. Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J. Posterior dislocation of the elbow with fractures of the radial head and coronoid. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:547-51.
26. Ring D, Jupiter JB, Simpson NS. Monteggia fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80:1733-44.
27. Ring D, Jupiter JB. Fracture-dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80:566-80.
28. Athwal GS, Frank S, Grewal R, Faber KJ, Johnson J, King GJ. Determination of correct implant size in radial head arthroplasty to avoid overlengthening: surgical technique *J Bone Joint Surg* 2010; 92:250-7.
29. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. "Modes of failure" of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res* 1979; 141:17-2.
30. Bauer AS, Lawson BK, Bliss RL, Dyer GS. Risk Factors for Posttraumatic Heterotopic Ossification of the Elbow: Case-Control Study. *J Hand Surg Am* 2012; 37:1422-9.
31. Broberg MA, Morrey BF. Results of delayed excision of the radial head after fracture. *J Bone Joint Surg Am* 1986; 68:669-74.

32. **Janssen RP, Vegter J.** Resection of the radial head after Mason type-III fractures of the elbow: follow-up at 16 to 30 years. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80:231-3.
33. **Morrey BF, An KN.** Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. *Am J Sports Med* 1983; 11:315-9.
34. **Hotchkiss RN, Weiland AJ.** Valgus stability of the elbow. *J Orthop Res* 1987; 5:372-7.
35. **Herbertsson P, Josefsson PO, Hasselius R, Besjakov J, Nyqvist F, Karlsson MK.** Fractures of the radial head and neck treated with radial head excision. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A:1925-30.
36. **Ikeda M, Oka Y.** Function after early radial head resection for fracture: a retrospective evaluation of 15 patients followed for 3-18 years. *Acta Orthop Scand* 2000; 71:191-4.
37. **Morrey BF, Tanaka S, An KN.** Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 265:187-95.
38. **Van Riet RP, van Glabbeek F.** History of radial head prosthesis in traumatology. *Acta Orthop Belg* 2007; 73:12-20.
39. **Morrey BF, Askew L, Chao EY.** Silastic prosthetic replacement for the radial head. *J Bone Joint Surg Am* 1981; 63:454-8.
40. **Vanderwilde RS, Morrey BF, Melberg MW, Vinh TN.** Inflammatory arthritis after failure of silicone rubber replacement of the radial head. *J Bone Joint Surg Br* 1994; 76:78-81.
41. **Knight DJ, Rymaszewski LA, Amis AA, Miller JH.** Primary replacement of the fractured radial head with a metal prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75:572-6.
42. **Moro JK, Werier J, MacDermid JC, Patterson SD, King GJ.** Arthroplasty with a metal radial head for unreconstructible fractures of the radial head. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A:1201-11.
43. **Shore BJ, Mozzon JB, MacDermid JC, Faber KJ, King GJ.** Chronic posttraumatic elbow disorders treated with metallic radial head arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90:271-80.
44. **Beckenbaugh RD.** Arthroplasty of the metacarpophalangeal joint using pyrocarbon implants. *Orthopade* 2003; 32:794-7.
45. **Cook SD, Beckenbaugh RD, Redondo J, Popich LS, Klawitter JJ, Linscheid RL.** Long-term follow-up of pyrolytic carbon metacarpophalangeal implants. *J Bone Joint Surg Am* 1999; 81:635-48.
46. **Rincón J, Plácido Sánchez P, Lajara F, Galan A, Lozano J, Guerardo E.** Result of a pyrocarbon prosthesis after comminuted and unreconstructable radial head fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:82-91.
47. **Lamas C, Castellanos J, Proubasta I, Dominguez E.** Comminuted radial head fractures treated with pyrocarbon prosthetic replacement. *Hand (NY)* 2011; 6:27-33.
48. **Faldini C, Pagkrati S, Grandi G, Digennaro V, Lauretani G, Faldini O, Giannini S.** What happens to the elbow joint after fractured radial head excision? Clinical and radiographic study at a mean 15-year follow-up. *J Orthop Traumatol* 2006; 7:126-30.
49. **Van Glabbeek F, van Riet RP, Baumfeld JA, Neale PG, O'Driscoll SW, Morrey BF, An KN.** The kinematic importance of radial neck length in radial head replacement. *Med Eng Phys* 2005; 27:336-42.
50. **Van Glabbeek F, Van Riet RP, Baumfeld JA, Neale PG, O'Driscoll SW, Morrey BF, An KN.** Detrimental effects of overstuffing or understuffing with a radial head replacement in the medial collateral-ligament deficient elbow. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A:2629-35.
51. **Van Riet RP, van Glabbeek F, de Weerdt W, Oemar J, Bortier H.** Validation of the lesser sigmoid notch of the ulna as reference point for accurate placement of prosthesis for the head of the radius: a cadaver study. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89:413-6.