

ORIGINAL

Análisis funcional comparativo entre la prótesis de carbón pirolítico y la artroplastia de suspensión-reconstrucción ligamentosa para el tratamiento de la rizartrosis del pulgar



M. Cuenca-Llavall^{b,c,*}, X. Lizano-Díez^a, M. Cruz-Sánchez^{b,d},
J. Cebamanos-Celma^a y G. Pidemunt-Moli^{a,b}

^a Unidad de Cirugía de la Mano, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital del Mar, Barcelona, España

^b Unidad de Cirugía de Mano y Codo, Traumatología Lenox Corachan, Clínica Corachan, Barcelona, España

^c Unidad de Extremidad Superior, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital de l'Alt Penedès, Vilafranca del Penedès, España

^d Unidad de Extremidad Superior, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Dos de Mayo, Barcelona, España

Recibido el 19 de septiembre de 2017; aceptado el 8 de enero de 2018

Disponible en Internet el 21 de febrero de 2018

PALABRAS CLAVE

Rizartrosis del pulgar;
Carbón pirolítico;
PyroDisk;
Artroplastia de
resección-suspensión-
reconstrucción
ligamentosa

Resumen

Objetivo: Evaluar el resultado funcional a medio plazo de la utilización del implante de carbón pirolítico (PyroDisk) en el tratamiento de la rizartrosis del pulgar, comparando sus resultados con la artroplastia de resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa.

Material y método: Estudio transversal que compara de forma retrospectiva 2 grupos de pacientes entre 40 y 65 años con rizartrosis del pulgar. Los 32 pacientes intervenidos entre 2009 y 2013 se distribuyeron entre el grupo I (artroplastia de interposición con el implante PyroDisk y el grupo II (artroplastia de resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa). En 2015 se recogieron el dolor, la funcionalidad (cuestionario Quick-Dash) y el balance articular. Además, se realizó un estudio radiológico con radiografías y TC.

Resultados: Se siguió a 32 pacientes, 16 en cada grupo, con un seguimiento medio de 35 meses (23-47). El dolor al final del seguimiento fue mayor en el grupo intervenido con la prótesis de carbón pirolítico ($p=0,000$). En la funcionalidad según el test de QuickDash, los pacientes del grupo I obtuvieron una media de 31,14 (0-70) puntos frente a 15,81 (8-24) puntos del grupo II ($p=0,027$). No se encontraron diferencias en el grado de movilidad al final del seguimiento ($p=0,46$). En 6 casos fue necesario retirar la prótesis.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: mcuencall@gmail.com, mcuenca@csap.cat (M. Cuenca-Llavall).

KEYWORDS

Rhizarthrosis of the thumb;
Pyrolytic carbon;
PyroDisk;
Resection/suspension/
reconstruction
arthroplasty

Discusión: La prótesis de carbón pirolítico se ha presentado como alternativa para el tratamiento de la rizartrrosis del pulgar. En los trabajos publicados hasta el momento destaca la discrepancia en los resultados funcionales a medio plazo.

Conclusiones: La prótesis de carbón pirolítico ha mostrado resultados funcionales inferiores a medio plazo comparada con la artroplastia de resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa.

© 2018 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Comparative functional analysis between pyrolytic carbon prostheses and ligamentous suspension/reconstruction in the treatment of rhizarthrosis

Abstract

Objective: To evaluate midterm functional outcome after pyrolytic carbon prosthesis (PyroDisk) implantation in the treatment of rhizarthrosis of the thumb, comparing outcomes with those of ligamentous resection/suspension/reconstruction.

Material and methods: A cross-sectional study retrospectively comparing 2 patient groups aged between 40 and 65 years with rhizarthrosis of the thumb. Thirty-two patients operated between 2009 and 2013 were distributed between group I (interposition arthroplasty with PyroDisk implant) and group II (ligamentous resection/suspension/reconstruction arthroplasty). Data on pain, functionality (Quick-Dash questionnaire) and articular movement were collected in 2015. In addition, a radiological study was undertaken using radiographs and CT.

Results: Thirty-two patients, 16 in each group with mean follow-up of 35 months (23-47). Pain at the end of follow-up was greater in the group with the pyrolytic carbon prosthesis ($p=0.000$). According to the QuickDash questionnaire, the patients in group I achieved a mean functionality of 31.14 (0-70) points compared to 15.81 (8-24) points for group II ($p=0.027$). No differences were found in degree of mobility at the end of follow-up ($p=0.46$). The prosthesis had to be removed in 6 cases.

Discussion: The pyrolytic carbon prosthesis has been presented as an alternative treatment for rhizarthrosis of the thumb. The papers published to date highlight the discrepancies in midterm functional outcomes.

Conclusions: Pyrolytic carbon prostheses have shown inferior functional outcomes, compared with resection/suspension/reconstruction arthroplasties.

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

Introducción

La articulación trapeciometacarpiana favorece un amplio rango de movimiento, debido a su forma en silla de montar bicóncava¹. Sin embargo, esta gran movilidad predispone a la aparición de degeneración articular precoz. De hecho, en un 21% de los adultos mayores de 40 años se observan cambios radiológicos de artrosis trapeciometacarpiana y se alcanza una prevalencia de hasta el 25% en mujeres en edad posmenopáusica^{2,3}. La erosión articular provoca el dolor en la base del pulgar asociado a una limitación de la movilidad y pérdida de fuerza, que afecta no solo a las actividades básicas de la vida diaria sino también a las actividades instrumentadas en pacientes laboralmente activos. Pese a su elevada frecuencia y a la gran literatura al respecto, las últimas revisiones indican que no hay ninguna técnica quirúrgica que produzca mejores resultados funcionales que otra⁴⁻⁹.

La utilización de la prótesis de carbón pirolítico en la cirugía de la rizartrrosis del pulgar ha sido una alternativa que ha ido en aumento en la última década. En los trabajos publicados hasta el momento destaca la discrepancia en los resultados funcionales a medio plazo. Se recogen resultados muy favorables en algunos autores y poco prometedores en otros¹⁰⁻¹³. Una causa de estos podría ser las alteraciones radiológicas observadas, como las subluxaciones del implante. Sería interesante determinar la razón de estas complicaciones y analizar la diferencias en los resultados clínicos.

El objetivo del presente estudio es evaluar el resultado funcional a medio plazo de la utilización del implante de carbón pirolítico (PyroDisk) en el tratamiento de la rizartrrosis del pulgar, comparando sus resultados con la técnica descrita por Burton-Pellegrini (la artroplastia de resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa) como patrón de referencia. La hipótesis de trabajo es que la prótesis de

carbón pirolítico presenta mejores resultados funcionales que la técnica clásica.

Material y método

Se diseñó un estudio transversal que compara de forma retrospectiva 2 grupos de pacientes de entre 40 y 65 años. Todos los pacientes habían sido diagnosticados de rizartrosis del pulgar grado II o III de Eaton y Glickel¹⁴ y el tratamiento conservador había fracasado (ferulización, infiltraciones y rehabilitación). Los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente mediante la técnica de Burton-Pellegrini o la prótesis de carbón pirolítico (PyroDisk, Integra Life Sciences, Plainsboro NJ) durante el periodo 2009-2013. Se excluyó a aquellos pacientes con cirugías previas en la articulación trapeciometacarpiana, con evidencia radiológica de artrosis escafotrapeziotrapezoidal, con lesiones concomitantes que requerían gestos quirúrgicos asociados (enfermedad de DeQuervain, inestabilidad o artrosis metacarpofalángica) y a aquellos con incapacidad para cumplimentar los cuestionarios por problemas cognitivos/lingüísticos. Los pacientes fueron intervenidos por cirujanos especialistas de la Unidad de Mano del Servicio de Cirugía Ortopédica de un único centro. Cada uno de los pacientes se incluyó en la lista de espera quirúrgica y recibió información verbal acerca del tratamiento. Se obtuvo el consentimiento informado. Los pacientes seleccionados fueron asignados a un grupo de tratamiento de manera aleatorizada. El estudio fue aceptado por el Comité de Ética del centro.

Los 32 pacientes intervenidos se distribuyeron en 2 grupos según la técnica quirúrgica aplicada. El grupo I consistía en 16 pacientes intervenidos mediante la artroplastia de interposición con el implante de carbón pirolítico (PyroDisk). El grupo II consistía en 16 pacientes intervenidos mediante la artroplastia resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa descrita por Burton-Pellegrini. Se evaluó a los pacientes a lo largo de 2015. Se recogieron los datos sociodemográficos y en el estudio radiológico se clasificó el grado de artrosis preoperatoria según la escala de Eaton Glickel¹⁴ (tabla 1).

En el postoperatorio, el dolor se evaluó según la Escala Visual Analógica (EVA), en la que 0 significa libre de dolor y 10, el máximo dolor posible. Se recogió la funcionalidad con el cuestionario Quick-Dash (con puntuaciones entre 0 en ausencia de discapacidad y 100 la mayor discapacidad)¹⁰ y el balance articular del pulgar mediante la escala de

Kapandji¹⁵. A los pacientes del grupo I (PyroDisk) se les hizo un estudio radiológico con radiografías anteroposteriores, oblicuas y TC. Se midió el eje longitudinal de la articulación trapeciometacarpiana para analizar la correcta colocación del implante y las dimensiones de este, tal y como muestra Barrera-Ochoa et al.¹¹. Además, se recogieron las posibles reacciones óseas alrededor del implante, asumiendo como normalidad una línea de radiolucencia menor a 1 mm alrededor del implante^{16,17}. Todos los datos fueron recogidos por un tercer observador independiente: un cirujano traumatólogo en formación.

Técnica quirúrgica

En los pacientes del grupo I, en los que se utilizó el implante de carbón pirolítico, se usó un abordaje dorsolateral, capsulotomía y hemitrapeziectomía con sierra oscilante. Posteriormente se tunelizaron el trapecio y la base del primer metacarpiano, con una broca de 3,2 mm. El túnel de la base del metacarpiano se realizó a 1,5 cm distal de la superficie articular, desde la zona dorsorradial hasta la superficie articular. En el trapecio, el túnel oblicuo iba desde el centro de la articulación trapecioescafoidea hasta el centro de la articulación trapeciometacarpiana. Se seleccionó el tamaño del implante de entre las 6 tallas, evitando el sobredimensionado. La fluoroscopia intraoperatoria se usó en algunos casos para confirmar el tamaño adecuado.

Se obtuvo una plastia de hemitendón del *flexor carpi radialis* pasándola por el trapecio, el agujero del implante, y recuperándola finalmente por el túnel del metacarpiano. La plastia se suturó sobre sí misma, con especial hincapié en evitar una excesiva tensión.

En los pacientes del grupo II, se realizó una artroplastia de resección-suspensión-reconstrucción ligamentosa mediante hemitendón de *flexor carpi radialis*, según la técnica de Burton-Pellegrini¹⁸. Se usó un abordaje dorsolateral y una trapeziectomía completa.

El protocolo rehabilitador postoperatorio fue el mismo para los 2 grupos. Consistió en un vendaje blando antebraquial durante 3 semanas con el pulgar libre. Posteriormente, se iniciaba rehabilitación progresiva con movilización libre del pulgar, pero restricción de las actividades de pinza digital (escribir, coser, cocinar, abrir puertas...) hasta las 6 semanas.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el *software* SPSS versión 15.0 (SPSS Inc. Chicago, ILL, EE.UU). Las variables continuas son presentadas como medias o rango con desviación estándar. Las variables categóricas se presentan como porcentajes. Los datos paramétricos como los test funcionales entre grupos se analizaron mediante el test t de Student. Se estableció un nivel de significación estadística con $p < 0,05$.

Resultados

Los 32 pacientes de la muestra se distribuyeron en 2 grupos, 16 pacientes en cada grupo. El tiempo se

Tabla 1 Datos demográficos y grado de rizartrosis del pulgar de la población a estudio

	Grupo I (Pyrodisk)	Grupo II	p
Número de pacientes	16	16	N.S.
Edad	53,25 ($\pm 4,03$)	59,56 ($\pm 7,09$)	0,02
SEXO			
Mujeres (%)	94	94	N.S.
LATERALIDAD			
Derecha (%)	60	52	N.S.
Grado Eaton	2,38	2,81	N.S.

N.S.: estadísticamente no significativo.



Figura 1 Paciente mujer de 52 años con prótesis PyroDisk subluxada.

seguimiento mínimo fue de 16 meses y el tiempo de seguimiento medio para toda la muestra fue de 35 meses (23-47 meses).

Respecto al grado de afectación preoperatorio para el grupo intervenido mediante PyroDisk, se obtuvo una media de 2,37 puntos en la escala de Eaton, mientras que para el grupo intervenido mediante la técnica de Burton-Pellegrini fue de 2,81, sin encontrar diferencias entre ellos ($p=0,16$). Por lo que respecta a la edad, encontramos una media de edad inferior en los pacientes para los que se indicó la prótesis de carbón pirolítico (53,25 años) que en los intervenidos según la técnica de Burton-Pellegrini (59,56 años) ($p<0,05$) (fig. 1).

En el postoperatorio, el dolor al final del seguimiento fue mayor en el grupo intervenido con la prótesis de carbón pirolítico con un dolor medio de 4,9 (0-9) según la EVA, frente a un dolor medio de 1,43 (0-3) en el grupo de Burton-Pellegrini ($p=0,000$). En cuanto a la funcionalidad según el test de QuickDash, los pacientes del grupo I obtuvieron una media de 31,14 puntos (0-70) frente a 15,81 (8-24) para el grupo II, diferencias estadísticamente significativas ($p=0,027$). No hubo diferencias en la movilidad según Kapandji al final del seguimiento ($p=0,46$) (tablas 2 y 3).

En el estudio radiológico, de los 16 casos intervenidos con prótesis, 11 presentaban una correcta implantación y alineación, mientras que en 5 casos la prótesis se encontraba subluxada. Fue necesaria la reintervención para retirar la prótesis y realizar trapeciectomía completa en 6 casos, todos ellos por mal control del dolor y limitación funcional. Solo 3 prótesis de los pacientes reintervenidos estaban subluxadas. No se ha observado relación entre la alineación radiológica de la prótesis y el resultado funcional. Tampoco se han observado signos de aflojamiento del implante (fig. 2).

Tabla 2 Resultados funcionales de la prótesis carbón pirolítico

PyroDisk	Tiempo de seguimiento	Q-Dash	Kapandji	EVA	Revisión
1	47	11	10	7	No
2	42	0	10	0	No
3	31	61	10	7	No
4	62	45	10	6	Sí
5	59	29	9	5	Sí
6	29	43	9	7	Sí
7	26	54	10	5	No
8	55	4	10	0	No
9	21	27	10	4	No
10	37	50	10	9	Sí
11	36	9	10	1	No
12	16	32	10	7	Sí
13	28	11	10	0	No
14	66	70	10	8	No
15	26	22	10	6	No
16	23	38	9	7	Sí
Total	37,75	31,14	9,69	4,9	6

Discusión

La prótesis de carbón pirolítico ha mostrado resultados funcionales inferiores a medio plazo, comparada con la técnica de Burton-Pellegrini, por lo tanto, se rechaza la hipótesis inicial del presente estudio.

En 2005, se diseñó la prótesis de carbón pirolítico PyroDisk, un implante biconvexo con un orificio central por el

Tabla 3 Resultados funcionales de la técnica de Burton-Pellegrini

Burton-Pellegrini	Tiempo de seguimiento	Q-Dash	Kapandji	EVA
1	36	16	10	0
2	36	18	10	2
3	35	9	9	0
4	35	10	9	0
5	35	21	10	3
6	35	24	9	3
7	34	18	10	2
8	33	19	10	1
9	33	13	10	0
10	32	17	9	0
11	32	22	10	0
12	30	10	9	2
13	30	15	10	3
14	29	21	10	2
15	27	12	10	2
16	26	8	10	3
Total	32,37	15,81	9,78	1,44

cual se pasaba una plastia de hemitendón de *flexor carpi radialis* con el fin de dar estabilidad articular y sustituir la compleja anatomía de la articulación trapeciometacarpiana (PyroDisk, Integra Life Sciences, Plainsboro NJ.). Inicialmente, se presentó con ventajas sobre el resto de las técnicas: como la preservación de la longitud del pulgar por requerir una mínima resección ósea, la duración, el bajo índice de fricción del material debido al módulo de

elasticidad similar al del hueso, la desaparición de problemas como la metalosis y el desgaste de polietileno observado en otros modelos¹⁹⁻²⁴. No obstante, dichas ventajas no se han podido demostrar en el presente trabajo.

En referencia al dolor postoperatorio, podemos observar disparidad en los resultados publicados hasta la fecha: tanto Barrera-Ochoa et al. como Mariconda et al. refieren un EVA de 1,7 y 0,5 puntos al final de sus seguimientos^{11,25}. Por otra parte, Maru et al. refieren un EVA medio a final del seguimiento de 5,6, superior incluso al del presente estudio²⁶. En el presente estudio el EVA medio al final de seguimiento es de 4,9, con una gran variación de entre 0 y 9 en los pacientes. Por el contrario, los pacientes intervenidos con la técnica descrita por Burton-Pellegrini presentan un EVA de 1,43 (0-3), resultados estos que son más homogéneos y acordes con la literatura⁹.

Respecto a la funcionalidad según el test de QuickDash, los resultados obtenidos con la prótesis de carbón pirolítico mostraron unos valores de discapacidad elevados, con una media de 31,14 puntos. Además, se observó también una mayor variación de resultados en los pacientes intervenidos mediante PyroDisk, con pacientes que refieren una nula discapacidad (0 puntos) y pacientes con un puntaje en el test de QuickDash de 70 puntos, lo cual hizo los resultados mucho más impredecibles. En la misma línea, Maru et al. publicaron una serie de 18 casos con prótesis de carbón pirolítico (Pi2) con un QuickDash medio de 35 puntos tras un seguimiento medio de 20 meses²⁶. Por otro lado, Barrera-Ochoa et al. publicaron una serie de 19 casos comparables con los del presente estudio con un seguimiento a los 5 años en la que reportaron resultados de satisfacción del 90%, con un EVA medio de 1,7 puntos. No obstante, la discapacidad media del miembro según el test de QuickDash es de 20,2 puntos¹¹.



Figura 2 Paciente mujer de 56 años con prótesis bien centrada, que requirió reintervención quirúrgica y retirada del implante.

La tasa de reintervenciones de nuestra serie es de un 37,5% del total de las prótesis implantadas tras un mínimo de 10 meses. La cifra de reintervenciones elevada ya ha sido reportada por algunos autores: Maru et al. con un 33% con el modelo Pi2, Colegate-Stone et al. con un 21% de reintervenciones con el mismo modelo y Martínez de Aragón et al. con un 29% de reintervenciones con la hemiartroplastia NuGrip, también de carbón pirolítico²⁵⁻²⁸. Barrera-Ochoa et al., en cambio, reportan únicamente un 10% de revisiones en sus prótesis del tipo PyroDisk con un seguimiento medio de 5 años¹¹.

No se ha podido demostrar la relación entre la subluxación del implante y la tasa de reintervenciones, ya que tan solo 3 de las prótesis que precisaron la reintervención presentaban una malposición. En su serie, Barrera-Ochoa et al. también presentan 4 de sus casos con una subluxación radiológica durante el seguimiento¹¹: fue necesaria la reintervención en solo 2 de los casos.

El diagnóstico radiológico de aflojamiento descrito por algunas series de prótesis de carbón pirolítico debería analizarse. La línea de radiolucencia (<1 mm) alrededor del implante es un hallazgo radiológico normal en las prótesis de carbón pirolítico. El implante está compuesto por un núcleo de grafito radiopaco, cubierto de carbón pirolítico que es radiotransparente. La lucencia representa la capa de revestimiento radiotransparente y una delgada membrana fibrosa que forma la adaptación del hueso al implante^{16,17}. De manera que solo se consideraríamos el aflojamiento del implante en caso de una radiolucencia mayor a 1 mm, que en nuestra serie no se observa en ningún caso.

Existen diversas limitaciones para el presente estudio. En primer lugar, se trata de un estudio retrospectivo con un tamaño muestral reducido. En segundo lugar, es una técnica quirúrgica novedosa, por lo que los casos presentados pueden considerarse parte de la curva de aprendizaje de la implantación de las prótesis.

En conclusión, en este estudio la prótesis de carbón pirolítico presenta malos resultados funcionales y valores de dolor elevados a medio plazo. El hecho de que dichos resultados sean peores que los de la técnica clásica y que el rescate sea técnicamente demandante debería tenerse en cuenta a la hora de elegir el tipo de técnica para tratar la rizartrrosis del pulgar. Probablemente sean necesarios estudios aleatorizados a largo plazo para demostrar si existe superioridad de una técnica respecto a otra.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de 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

El autor primer firmante del manuscrito de referencia, en su nombre y en el de todos los autores firmantes, declara que *no existe* ningún potencial *conflicto de interés* relacionado con el artículo.

Bibliografía

1. Pellegrini VD Jr. Pathomechanics of the thumb trapeziometacarpal joint. *Hand Clinics*. 2001;17:175-84, vii-viii.
2. Haara MM, Heliövaara M, Kröger H, Arokoski JP, Manninen P, Kärkkäinen A, et al. Osteoarthritis in the carpometacarpal joint of the thumb. Prevalence and associations with disability and mortality. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86:1452e1457.
3. Armstrong AL, Hunter JB, Davis TR. The prevalence of degenerative arthritis of the base of the thumb in post-menopausal women. *J Hand Surg Br*. 1994;19:340-1.
4. Wajon A, Carr E, Edmunds I, Ada L. Surgery for thumb (trapeziometacarpal joint) osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;4:CD004631.
5. Badia A, Sambandam SN. Total joint arthroplasty in the treatment of advanced stages of thumb carpometacarpal joint osteoarthritis. *J Hand Surg Am*. 2006;31:1605e1614.
6. Lemoine S, Wavreille G, Alnot JY, Fontaine C, Chantelot C. Groupe GUEPAR Second generation GUEPAR total arthroplasty of the thumb basal joint: 50 months follow-up in 84 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95:63e69.
7. Ulrich-Vinther M, Puggaard H, Lange B. Prospective 1-year follow-up study comparing joint prosthesis with tendon interposition arthroplasty in treatment of trapeziometacarpal osteoarthritis. *J Hand Surg Am*. 2008;33:1369e1377.
8. Adams B, Pomerance J, Nguyen A, Kuhl T. Early outcome of spherical ceramic trapezium-metacarpal arthroplasty. *J Hand Surg Am*. 2009;34:213e218.
9. Wajon A, Ada L, Edmunds I. Surgery for thumb (trapeziometacarpal joint). Osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;23:CD004631.
10. 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.
11. Barrera-Ochoa S, Vidal-Tarrason N, Correa-Vázquez E, Reverte-Vinaixa MM, Font-Segura J, Mir-Bullo X. Pyrocarbon interposition (PyroDisk) implant for trapeziometacarpal osteoarthritis: Minimum 5-year follow-up. *J Hand Surg Am*. 2014;39:2150-60.
12. Odella S, Querenghi AM, Sartore R, Felice DE A, Dacatra U. Trapeziometacarpal osteoarthritis: Pyrocarbon interposition implants. *Joints*. 2015;13:154-8, 4.
13. Haubold AD. On the durability of pyrolytic carbon in vivo. *Med Prog Technol*. 1994;20(3e4):201e208.
14. Eaton RG, Glickel SZ. Trapeziometacarpal osteoarthritis, staging as a rationale for treatment. *Hand Clin*. 1987;3:455-71.
15. Kapanji A. Clinical test of apposition and counter-apposition of the thumb. *Ann Chir Main*. 1986;5:67-73.
16. Vitale MA, Hsu CC, Rizzo M, Moran SL. Pyrolytic carbon arthroplasty versus suspensionplasty for trapezium-metacarpal arthritis. *J wrist Surg*. 2017;6:134-43.
17. Stillwater L, Memauri B, Ratanshi I, Islur A, Amaratunga T. Radiographic interpretation of carpometacarpal arthroplasty: Correlation between radiographic loosening and clinical outcome. *Skeletal Radiol*. 2017;46:1057-62.

18. Burton RI, Pellegrini VD Jr. Surgical management of basal joint arthritis of the thumb. Part II. Ligament reconstruction with tendon interposition arthroplasty. *J Hand Surg Am.* 1986;11:324–32.
19. Swanson AB, deGroot Swanson G, Watermeier JJ. Trapezium implant arthroplasty. Long-term evaluation of 150 cases. *J Hand Surg Am.* 1981;6:120–5.
20. Regnard PJ. Electra trapezio metacarpal prosthesis: Results of the first 100 cases. *J Hand Surg Br.* 2006;31:621–8.
21. Chakrabarti AJ, Robinson AH, Gallagher P. De la Caffinière thumb carpometacarpal replacements, 93 cases at 6 to 16 years follow-up. *J Hand Surg Br.* 1997;22:695–8.
22. August AC, Coupland RM, Sandifer JP. Short term review of the De la Caffinière trapeziometacarpal arthroplasty. *J Hand Surg Br.* 1984;9:185–8.
23. De Smet L, Sioen W, Spaepen D, Van Rasbeeck H. Total joint arthroplasty for osteoarthritis of the thumb basal joint. *Acta Orthop Belg.* 2004;70:19–24.
24. Cooney WP, Linscheid RL, Askew LJ. Total arthroplasty of the thumb trapeziometacarpal joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;220:35–45.
25. Mariconda M, Russo S, Smeraglia F, Busco G. Partial trapeziectomy and pyrocarbon interpositional arthroplasty for trapeziometacarpal joint osteoarthritis: Results after minimum 2 years of follow-up. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014;39:604–10.
26. Maru M, Jetto P, Tourret L, Jones M, Irwin L. Thumb carpometacarpal osteoarthritis: Trapeziectomy versus pyrocarbon interposition implant (Pi2) arthroplasty. *J Hand Surg Eur Vol.* 2012;37:617e620.
27. Colegate-Stone TJ, Garg S, Subramanian A, Mani GV. Outcome analysis of trapezectomy with and without pyrocarbon interposition to treat primary arthrosis of the trapeziometacarpal joint. *Hand Surg.* 2011;16:49e54.
28. Martinez de Aragon JS, Moran SL, Rizzo M, Reggin KB, Beckenbaugh RD. Early outcomes of pyrolytic carbon hemiarthroplasty for the treatment of trapezial-metacarpal arthritis. *J Hand Surg Am.* 2009;34:205e212.