

Prótesis de los huesos del carpo

CAPÍTULO 6

Luis Aguilera Fernández, Samuel Pajares Cabanillas

Introducción

La sustitución de los huesos del carpo por una prótesis se ha venido intentando desde hace largo tiempo, y la mayor parte de los esfuerzos se han centrado en el escafoides, aunque no se han limitado exclusivamente a este hueso. Las principales dificultades que se han presentado hasta ahora en el diseño de una prótesis carpiana han sido encontrar un material adecuado, reproducir una anatomía que presenta gran variabilidad y estabilizar la prótesis dentro del carpo.

Respecto a los materiales empleados, aparte de los primeros intentos en vitalio (1) o acrílico (2), el que tuvo una mayor difusión en las décadas de 1960 y 1970 fue la silicona. Swanson (3) diseñó con este material una prótesis de escafoides, que posteriormente fue abandonada debido a diversos problemas, entre ellos la reacción inflamatoria provocada por el desprendimiento de partículas, la denominada *siliconitis* (4). La posterior utilización de titanio supuso un avance, dada su biocompatibilidad. Este material es idóneo cuando se busca la osteointegración, pero no es el mejor para una superficie de deslizamiento y tiene un módulo de elasticidad distinto al del hueso. Fue la llegada del carbono pirolítico, o pirocarbono, la que supuso un cambio sustancial en las prótesis del carpo y es el que actualmente más se utiliza. El carbono pirolítico venía usándose para válvulas cardíacas desde la década de 1970 por su bajo coeficiente de fricción, su dureza y su compatibilidad biológica. Su aplicación para una superficie articular era lógica, ya que cuenta, además, con un módulo de elasticidad similar al del hueso cortical (5).

La dificultad que ofrece la anatomía del carpo radica en que los huesos carpianos tienen una notable variación morfológica. A diferencia de las prótesis totales de las grandes articulaciones, en las que el implante crea una nueva morfología articular, cuando sustituimos un hueso del carpo, la

morfología del resto de huesos del carpo se mantiene, es decir, no se adapta al implante. Depende de que la prótesis sea una copia fiel del hueso sustituido para que pueda funcionar correctamente. Obviamente, la industria no puede tener un catálogo tan amplio como para cubrir toda esta variabilidad, por lo que, en la práctica, los diseños se han venido estandarizando en un número limitado de tallas. Una alternativa a la reproducción exacta de la anatomía ha sido la creación de implantes de interposición que se adaptan a los movimientos del carpo, sin pretender reproducir la morfología del hueso sustituido. La situación óptima sería llegar a crear una copia exacta del hueso del carpo que se quiere sustituir, algo que ya es posible mediante la impresión en tres dimensiones (3D), pero no con cualquier material.

La tercera dificultad es la estabilización de la prótesis en el carpo, requisito necesario para mantener la cinética y la cinemática normales de la muñeca. Los fracasos de los diseños iniciales se debieron, en buena medida, a su falta de estabilidad, acabando con frecuencia en la luxación del implante (6). Cuando se sustituye todo el hueso, como en el caso del escafoides o del semilunar, es imperativo proporcionar algún tipo de estabilidad adicional a la que proporciona la morfología anatómica del implante. Esto requiere la realización de plastias tendinosas. Si se utiliza un implante de interposición de movilidad libre, se da por supuesto que tanto la cinética como la cinemática de la muñeca quedarán alteradas, confiándose a la peculiar forma del implante y a su envoltura capsuloligamentosa el que mantenga su estabilidad dentro del carpo.

En este capítulo se revisan los diversos tipos de prótesis de huesos del carpo que están disponibles en la actualidad y se seguirá un orden por estructuras anatómicas. No se hablará aquí de las prótesis trapeciometacarpianas, dado que estas son tratadas en un capítulo aparte.

Prótesis del escafoides

La patología del escafoides es la más frecuente y variada del carpo. Para el tema que nos ocupa, clasificaremos las prótesis del escafoides como prótesis del polo proximal, prótesis del polo distal y prótesis total de escafoides.

Prótesis del polo proximal del escafoides

La necesidad de sustituir el polo proximal del escafoides se plantea cuando estamos ante un polo proximal necrótico no reconstruible, bien sea una secuela de una fractura o tras el fracaso de otros intentos quirúrgicos de reconstrucción de una pseudoartrosis.

Como ya se ha comentado anteriormente, los intentos de sustitución con un implante de silicona fueron infructuosos. En nuestro entorno, Irisarri (7) utilizó implantes tallados a medida con este material, estabilizados mediante un pequeño vástago dentro del fragmento distal, pero abandonó posteriormente su uso. En la actualidad disponemos de un implante de carbono pirolítico, el Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI®; Stryker Wright-Medical Tornier, Montbonnot, Francia) para sustituir el polo proximal del escafoides, que puede indicarse hasta en estadios iniciales de la muñeca SNAC (*Scaphoid Non-union Advanced Collapse*). Esta prótesis de interposición fue la primera creada con este material para el carpo (8) y está soportando satisfactoriamente el test del tiempo. Se trata de una prótesis de forma ovoidea (fig. 6.1) que se mueve libremente dentro de la primera fila del carpo. Su única estabilidad proviene de las superficies cóncavas con las que se articula y de la integridad de la envoltura capsuloligamentosa.

Este implante está disponible en tres tallas y su colocación puede realizarse mediante una mini-incisión o por artroscopia. La presencia de cambios degenerativos iniciales en la estiloides radial no supone una contraindicación para esta técnica, dado que puede asociarse una estiloidectomía. Algunos puntos que deberían tenerse en cuenta durante la cirugía son los siguientes:

- Tras la extracción del fragmento proximal del escafoides, debe tallarse una superficie cóncava en el fragmento distal del escafoides mediante una fresa esférica.
- Es imperativo efectuar un adecuado cierre de la cápsula dorsal.
- No debe intentarse la sustitución del hueso más allá del tercio proximal. Cuanto menor sea el fragmento sustituido, mejor será el resultado.

La experiencia con este implante es amplia, y disponemos de series con largo periodo de seguimiento (tabla 6.1). El principal problema es la luxación precoz del implante, que puede minimizarse mediante una técnica quirúrgica cuidadosa. Nuestra experiencia con este implante también ha sido satisfactoria. Hace 5 años hicimos una revisión de los primeros 10 casos intervenidos con un seguimiento medio de 6 años. Se trataba de nueve hombres y una mujer con una edad media de 34 años. La mayoría de los pacientes obtuvieron un resultado satisfactorio, manteniendo una movilidad del 84% respecto a la muñeca contralateral. El dolor medio en la escala visual analógica (EVA) fue de 1,25. Los resultados medios obtenidos en la Patient-Rated Wrist Evaluation (PRWE) y el Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) fueron de 21 y 17, respectivamente. Únicamente un paciente precisó la reconversión a una artrodesis parcial al cabo de 4 años.

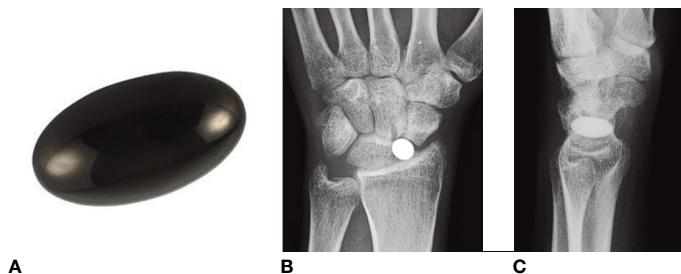


Figura 6.1. A. Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI®). B y C. Proyecciones radiográficas anteroposterior (B) y lateral (C) del implante.

Tabla 6.1. Resultados de la prótesis APSI®

Autores	N.º de casos	Seguimiento (años)	Etiología	Resultados	Complicaciones
Pequignot y cols., 2000 (8)	25	6	SNAC	Flexoextensión 95°/ fuerza 80%	—
Gras y cols., 2012 ^a	14	8,7	SNAC	DASH 7,6/MWS 79,6/ EVA 0,7 Flexoextensión 113°/ fuerza 78%	6 (43%) 3 subluxaciones
Daruwalla y cols., 2013 ^b	12	1,5	SNAC	EVA 2/DASH 20 Flexoextensión 80°/ fuerza 65%	—
Santos y cols., 2018 ^c	12	6,5	SNAC en estadios I, II	MWS 67,5/QDASH 25 Flexoextensión 71°	—
Poumellec y cols., 2019 ^d	19	11	SNAC, SLAC	DASH 26/MWS 69 Flexoextensión 106°/ fuerza 72%	2 luxaciones
Aribert y cols., 2019 ^e	33	10	SNAC en estadio I	PRWE 17,5/MWS 80 QDASH 19,5/EVA 1,2/ fuerza 86%/ flexoextensión 101°	9 (27%) 4 luxaciones

^aGras M, Wahegaonkar AL, Mathoulin C. Treatment of Avascular Necrosis of the Proximal Pole of the Scaphoid by Arthroscopic Resection and Prosthetic Semireplacement Arthroplasty Using the Pyrocarbon Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI): Long-Term Functional Outcomes. *J Wrist Surg.* 2012;1:159-64.

^bDaruwalla ZJ, Davies K, Shafighian A, Gillham NR. An alternative treatment option for scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) and radioscaphoid osteoarthritis: early results of a prospective study on the pyrocarbon adaptive proximal scaphoid implant (APSI). *Ann Acad Med Singap.* 2013;42:278-84.

^cSantos FL, Ferreira A, Grazina R, Sá D, Canela P, Lemos R. APSI scaphoid hemiarthroplasty - long-term results. *Rev Bras Ortop.* 2018;53:582-8.

^dPoumellec MA, Camuzard O, Pequignot JP, Dreant N. Adaptive Proximal Scaphoid Implant: Indications and Long-Term Results. *J Wrist Surg.* 2019;8:344-50.

^eAribert M, Bouju Y, Chaise F, Loubersac T, Gaisne E, Bellemère P. Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI): 10-year outcomes in patients with SNAC wrists. *Hand Surg Rehabil.* 2019;38:34-43.

DASH, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; EVA, escala visual analógica; MWS, Mayo Wrist Scale; PRWE, Patient-Rated Wrist Evaluation; QDASH, Quick-Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; SLAC, Scaphoid-lunate Advanced Collapse; SNAC, Scaphoid Non-union Advanced Collapse.

Obviamente, estamos ante un implante de interposición, que es incapaz de reproducir el comportamiento cinético y cinemático normal del carpo. Por tanto, es inevitable que haya un deterioro articular progresivo y que, con la evolución, aparezcan signos degenerativos. Durante el periodo de seguimiento de nuestros pacientes, los cambios radiográficos no fueron llamativos. En siete pacientes se clasificaron como leves; en uno, moderados, y en otro, acusados; este último caso se correspondió con un paciente de mayor edad.

En resumen, podemos afirmar que la sustitución del polo proximal del escafoides por una prótesis APSI® es una técnica simple y reproducible,

que ofrece buenos resultados a medio plazo y que su uso está justificado como técnica puente, con el objetivo de retrasar una cirugía paliativa más limitante.

Prótesis del polo distal del escafoides

El escenario en el que con mayor frecuencia se plantea la sustitución del polo distal del escafoide es el de una artrosis escafotrapezotrapezoidea (ETT) refractaria al tratamiento conservador. En realidad, se trata de sustituir únicamente la superficie articular, no todo el polo distal. Aunque la simple resección es bien tolerada en muchos

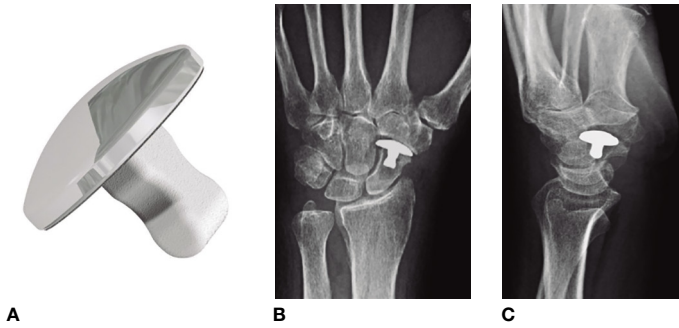


Figura 6.2. A. Prótesis INCA®. B y C. Controles radiográficos anteroposterior (B) y lateral (C) tras 10 años de evolución del implante. (Por cortesía de la Dra. Clarisa Simón.)

casos, la colocación de un implante contribuye a mantener la longitud del escafoides y a evitar su eventual colapso en flexión. No obstante, si ya está establecida una inestabilidad mediocarpiana, con acusada subluxación dorsal del hueso grande e inestabilidad dorsal del segmento intercalado (DISI, *dorsal intercalated segment instability*), puede ser más conveniente optar por una artrodesis. Tenemos dos tipos de prótesis para esta localización: una prótesis parcial de revestimiento, que se ancla en el escafoides (prótesis INCA®; Grupo Lépine, Francia), y las prótesis de interposición de pirocarbono, de las que existen dos modelos, el Scaphoid Trapezium Pyrocarbon Implant (STPI®) y la Pyrocardan® (ambos de Stryker Wright-Medical Tornier, Montbonnot, Francia).

La prótesis INCA® sustituye la superficie articular distal del escafoides y se fija al escafoides mediante un vástago no cementado (fig. 6.2). Está fabricada con una aleación de cromo-cobalto-molibdeno y la superficie de contacto con el hueso tiene un revestimiento de titanio con hidroxiapatita. Está disponible en dos tallas. Su implantación se realiza mediante un abordaje radial centrado en la articulación ETT, y requiere la resección de al menos 2 mm del polo distal del escafoides.

Los resultados clínicos publicados hasta la actualidad sobre la prótesis INCA®, aunque escasos, son alentadores. Humada y cols. (9) obtuvieron buenos resultados en una serie de 10 pacientes en lo referente al alivio del dolor y a la recuperación de la movilidad y la fuerza. No registraron complicaciones ni desalineación del carpo, aunque el periodo de seguimiento se limitó a un promedio de 2 años. Recientemente, Degeorge y cols. (10) han comunicado los resultados de una serie

de 35 implantes con un seguimiento medio de 4,6 años. Han obtenido una mejoría significativa en el dolor, en la fuerza y en varias escalas de valoración (Quick-DASH, PRWE y Modified Mayo Wrist Score [MMWS]). También refieren una mejoría de la DISI preoperatoria, que estaba presente en 21 pacientes y se redujo a 7 casos. Como complicación, se han observado dos aflojamientos de la prótesis (6%) por implantación incorrecta en un caso y por insuficiente inmovilización postoperatoria en otro.

Respecto a las prótesis de interposición de pirocarbono, en la articulación ETT se empezó utilizando el STPI®. Esta prótesis tiene forma de disco, con una cara convexa para la superficie trapecio-trapezoidea y otra cóncava para la superficie del escafoides. Su implantación requiere la resección de 3-4 mm del polo distal del escafoides. Existen varias series, con un limitado número de casos, que ofrecen buenos resultados a corto y medio plazo (11, 12), pero se le atribuye una tasa excesiva de luxaciones, especialmente cuando se implanta artroscópicamente (13). El problema de la inestabilidad, que parece estar provocado por una insuficiente resección medial, ha causado el abandono progresivo de este implante.

Una alternativa más reciente es la prótesis Pyrocardan® (fig. 6.3), que también se utiliza para la articulación trapeciometacarpiana. Se trata, asimismo, de un implante de interposición de pirocarbono, pero más delgado y estable que el STPI®. Tiene dos superficies cóncavas y un grosor en el centro de 1 mm. Está disponible en siete tallas, que van aumentando no solo su tamaño sino también su grosor periférico. La resección ósea necesaria para su colocación es mínima, y se realiza



Figura 6.3. Prótesis Pyrocardan®.

únicamente en la superficie trapeciotrapezoidea, de forma que se preserve el polo distal del escafoides. Es recomendable una inmovilización postoperatoria de 3 semanas.

Hasta ahora solo un grupo (14) ha comunicado sus resultados usando Pyrocardan® como tratamiento de la artrosis ETT. En la publicación más reciente de este grupo (15), ofrecen los resultados de una serie de 18 casos con un seguimiento medio de 5 años. Obtuvieron una mejoría en la evaluación del dolor, en la fuerza y en la movilidad, así como en las escalas funcionales. Tuvieron un caso de luxación asintomática del implante y cuatro casos de calcificaciones periarticulares.

Prótesis total de escafoides

La indicación de una prótesis total de escafoides puede ser apropiada en aquellos casos en los que el escafoides está irreversiblemente dañado y ya no es reconstruible, o cuando la articulación radio-escafoidea es irrecuperable por cambios degenerativos. Esta situación es la que habitualmente vemos en muñecas con patrones SNAC o SLAC (*Scaphoid-lunate Advanced Collapse*) en estadios I y II. La afectación de la articulación entre el semilunar y el hueso grande (SNAC o SLAC en estadio III) es una contraindicación para la sustitución del escafoides. La principal ventaja que ofrece una prótesis total de escafoides sobre una artrodesis parcial del carpo es la preservación de un mayor rango de movilidad. Respecto a la resección de la primera fila del carpo esto sería discutible, pero, así como la carpectomía proximal no deja más opción que la artrodesis total de muñeca en caso de fracaso, una prótesis total de escafoides no cerraría la puerta a otras técnicas.

En la actualidad no existe ninguna prótesis total de escafoides comercialmente disponible, a pesar de haber sido el primer hueso del carpo para el que se ensayó la sustitución protésica. Es algo

que no debería sorprendernos si consideramos las dificultades comentadas en la introducción, de las que el escafoides es su máximo exponente. Las primeras prótesis totales de escafoides se fabricaron con materiales como el vitalio (1, 16, 17) o el acrílico (2, 18, 19), pero no fue hasta que Swanson (3) introdujo en 1968 su diseño de silicona cuando empezaron a utilizarse de forma sistemática. Las prótesis totales de escafoides de silicona presentaron muchas complicaciones. La más conocida, por ser la más citada, es la siliconitis (4), pero también sufrieron roturas, luxaciones, etc. Como respuesta a estos problemas, Swanson desarrolló en 1985 un nuevo implante hecho de titanio. Esto mejoraba la parte del material, pero seguía siendo una solución limitada para reproducir la anatomía con sus únicas cinco tallas disponibles y, por supuesto, no proporcionaba la estabilidad suficiente para reproducir la biomecánica del carpo. A pesar de los buenos resultados comunicados por el creador del implante (20) y otros autores vinculados a su diseño (21), esta prótesis ha dejado de utilizarse.

La opción de crear una prótesis total de escafoides en carbono pirolítico no es viable en la actualidad. El proceso de fabricación con este material no permite elaborar estructuras 3D complejas, como lo exigiría la morfología del hueso escafoides. Además, persistiría el problema de su estabilización en el carpo, dado que no podría funcionar como prótesis de interposición sin colapsarse en flexión y pronación.

Desde hace años, en nuestro grupo de investigación venimos trabajando sobre la manera de resolver estas dificultades. Un modelo de estabilización de una prótesis total de escafoides en cadáver ya fue objeto de una tesis doctoral (22) y germen de un diseño posterior que actualmente estamos utilizando en pacientes con buenos resultados. Nuestro concepto de una prótesis total de escafoides es que debe reproducir fielmente la anatomía, utilizar un material resistente biocompatible y

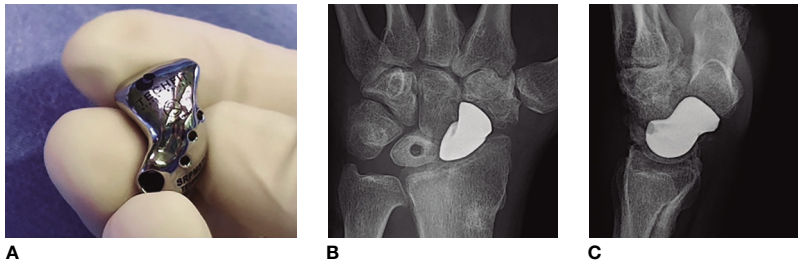


Figura 6.4. A. Prótesis de escafoides a medida, elaborada mediante impresión 3D en titanio. B y C. Aspecto radiográfico tras su implantación y estabilización en proyecciones anteroposterior (B) y lateral (C).

permitir realizar plastias ligamentosas que la estabilicen en el carpo. Para conseguir estos objetivos, hemos contado con Avamed Synergy, empresa con la que hemos desarrollado nuestro proyecto. El proceso que seguimos es hacer una copia 3D en espejo a partir de las imágenes de tomografía computarizada del escafoides contralateral sano. Esta copia es impresa en plástico, y sobre ella diseñamos los orificios que servirán para el paso de la plastia ligamentosa y para la reinserción capsular. Una vez definida la morfología final del implante, se efectúa la impresión 3D en titanio. Obtenemos así una prótesis que es una copia del escafoides que vamos a sustituir (fig. 6.4).

La implantación requiere de un abordaje dorsal y dos volares. Mediante el dorsal se efectúa la escafoidectomía y un túnel anteroposterior de 3 mm en el semilunar. Con un abordaje volar-radial obtenemos un hemitendón del flexor carpi radialis que se extrae dorsalmente y se introduce en el implante a través de su orificio longitudinal. El hemitendón se introduce en el semilunar y se extrae volarmente a través de un pequeño abordaje volar central. A continuación, se pasa el hemitendón por debajo de los tendones flexores y se extrae por el lado radial. Hasta aquí no difiere de la técnica de Corella para la reconstrucción del ligamento escafosemilunar (23), pero el diseño de nuestra prótesis permite pasar nuevamente el hemitendón por un orificio anteroposterior en el polo proximal y suturarlo dorsalmente sobre sí mismo. De esta forma obtenemos una estabilización completa de la prótesis en 360°. Únicamente queda suturar la cápsula dorsal al implante y efectuar el cierre por planos.

La experiencia que tenemos es que el implante se adapta perfectamente al defecto creado por la escafoidectomía, lo que le confiere una estabilidad inicial. Una vez realizada la plastia ligamentosa y

hecho el cierre capsular, el comportamiento dinámico observado mediante radioscopia imita satisfactoriamente al de un escafoides normal. El paciente mantiene inmovilizada la muñeca durante 4 semanas y posteriormente acude a tratamiento rehabilitador. Los resultados preliminares de esta prótesis a medida, impresa en titanio con tecnología 3D, nos permiten albergar fundadas esperanzas sobre su futura difusión. En la actualidad hemos tratado cuatro casos con este tipo de implante. En el primer caso, que cuenta ya con 3 años de evolución, el paciente mantiene una movilidad y una fuerza satisfactorias, y desempeña su actividad laboral con normalidad.

Prótesis del semilunar

La sustitución del semilunar por una prótesis tiene su principal indicación en la enfermedad de Kienböck, cuando el hueso se encuentra ya colapsado y fragmentado, y no es recuperable (estadios IIIC y IV). Las prótesis del semilunar han seguido un camino paralelo a las del escafoides. Tras algunos tanteos con materiales como el vitalio (24) o el acrílico (25), comenzaron a fabricarse en silicona estándar y posteriormente en silicona de alta resistencia. Algunos autores obtuvieron buenos resultados a corto plazo con este último tipo de silicona en el estadio III (26), pero tras un seguimiento medio de 5 años aparecieron los problemas, principalmente debidos a sinovitis por partículas, y recomendaron el abandono de la técnica (27).

Consciente de estos problemas, Swanson propuso la utilización del titanio en las prótesis del semilunar a partir de 1985. De esta manera obviaba los problemas derivados del material, pero estos implantes carecían de la estabilidad necesaria

en el carpo, dado que únicamente estaban unidos al escafoides y al piramidal con dos suturas. Su uso no llegó a extenderse. Solo conocemos los resultados publicados por su diseñador (20) y, más recientemente, los resultados a largo plazo de una serie de 10 casos en la que hubo una tasa de fracasos del 20% (28).

La generación más reciente de prótesis del semilunar es la que utiliza el carbono pirolítico como material. Aquí cabría distinguir entre las que intentan reproducir la anatomía, como el Integra® PyroCarbon Lunate (Smith and Nephew, Watford, Reino Unido) o los implantes puramente de interposición, como la prótesis APSI®.

El Integra® PyroCarbon Lunate es el único implante con una morfología similar al semilunar (fig. 6.5) y se fabrica en cinco tamaños. En el plano sagital, tiene una superficie distal cóncava y una proximal convexa. En el plano coronal, la superficie de contacto con el escafoides es menor que la que se articula con el piramidal. Tiene dos orificios transversales, uno volar y otro dorsal, lo que permite realizar una plastia de estabilización dentro de la primera fila del carpo mediante un hemitendón del flexor carpi radialis, que es introducido en los túneles óseos efectuados en el escafoides y el piramidal. De esta forma se intenta reproducir la función de los ligamentos escafosemilunar y lunopiramidal.

La técnica de implantación ha sido descrita en detalle por Henry (29). Este autor es también

quien tiene mayor experiencia con esta prótesis. En su serie inicial de 13 casos con un seguimiento medio de 30 meses, obtuvo una mejoría de la flexoextensión y de la fuerza, aunque 3 casos precisaron una reintervención, 2 de ellos por inestabilidad y 1 por necrosis del polo proximal del escafoides (30). Estos resultados lo llevaron a modificar la técnica de estabilización del implante. En su reciente publicación sobre 12 casos con largo periodo de seguimiento, los resultados se mantienen y no ha habido necesidad de reintervenir ninguno de ellos (31). Otro grupo ha comunicado sus resultados con este implante sobre una serie de siete casos, con un seguimiento medio de 2 años (32). El dolor mejoró significativamente, no se produjeron complicaciones y los implantes eran estables radiográficamente. En la actualidad no disponemos de publicaciones con series amplias que avalen el uso de esta prótesis.

Otra opción para sustituir el semilunar es usar un implante de interposición, que no pretende reproducir la anatomía sino ocupar el espacio dejado por la exéresis del hueso. Con este objetivo se ha propuesto la prótesis APSI®, que ya hemos descrito anteriormente al hablar de la sustitución del polo proximal del escafoides. En una serie de 12 casos, con un seguimiento medio de 3 años y una edad media de 56 años, Muller y cols. (33) han obtenido una mejoría significativa en la puntuación del Quick-DASH y de la PRWE. Respecto a la movilidad, se ha conservado la extensión, pero ha disminuido la flexión. La fuerza no se ha modificado, y radiográficamente se ha mantenido la altura del carpo. Un paciente ha requerido una fusión escafoides-hueso grande, y otro ha experimentado una luxación asintomática del implante. Se necesitan un mayor número de casos y un periodo más prologado de seguimiento para avalar el uso de la prótesis APSI® como sustitución del semilunar.

La posibilidad de crear prótesis del semilunar a medida mediante la impresión 3D en titanio ha sido ya ensayada en un caso aislado de enfermedad de Kienböck en estadio IIIC, sin estabilización al resto del carpo (34) y en una serie de cinco casos de enfermedad de Kienböck en estadios III y IV, de forma estabilizada (35). Obviamente, la opción estabilizada es la más deseable y está facilitada por el hecho de que con la impresión 3D se pueden crear orificios de diámetro variado dentro del implante. El método de fabricación es similar al ya descrito para las prótesis 3D del escafoides.



Figura 6.5. Prótesis del semilunar Integra® PyroCarbon Lunate.

A partir del semilunar contralateral sano, se crea una imagen 3D en espejo, que se imprime en titanio. Los resultados obtenidos por Ma y cols. (35) en su corta serie son alentadores. Con un seguimiento medio de 20 meses, mejoró significativamente el rango de flexoextensión, y la EVA pasó de 7,3 en el preoperatorio a 0,2. El valor medio del DASH y de la MMWS fue de 10 y 79, respectivamente. Dado el desarrollo que está experimentando la impresión 3D, cabe esperar que se extienda su uso en un futuro próximo.

Prótesis del hueso grande

La superficie articular proximal del hueso grande se deteriora irreversiblemente en el estadio III de los patrones SNAC y SLAC. También su porción proximal puede ocasionalmente sufrir una necrosis, como ocurre tras una fractura-luxación perilunar en la que se desplaza y se voltea el fragmento proximal del hueso grande (síndrome de Fenton). En ambas situaciones, una alternativa de tratamiento es la sustitución del polo proximal mediante el implante de carbono pirolítico Resurfacing Capitate Pyrocarbon Implant (RCPI®; Stryker Wright-Medical Tornier, Montbonnot, Francia).

El RCPI® es una hemiprótesis monobloque con forma de seta. Tiene un vástago con 15° de inclinación, que se introduce en el hueso grande, y una cabeza, que sustituye la porción articular proximal del hueso grande (fig. 6.6). Está disponible en dos tamaños. Su utilidad radica en que permite ampliar las indicaciones de una carpectomía proximal a las muñecas SNAC y SLAC en estadio III. Habitualmente, cuando ya existen cambios degenerativos en la articulación mediocarpiana y la cabeza del hueso grande está dañada, suele recurrirse a una

artrodesis parcial de tipo «cuatro esquinas». Sin embargo, mediante esta prótesis, el hueso grande sigue articulándose con el radio tras la carpectomía y cabe esperar un mayor rango de movilidad que con la artrodesis parcial.

En una serie de 35 pacientes a los que se efectuó una carpectomía proximal asociada a la colocación de una prótesis RCPI®, con una edad media de 54 años (rango 22-81) y un seguimiento medio de 34 meses, los autores encontraron una mejoría significativa en todos los rangos de movilidad, en la fuerza, en la EVA y en el DASH. Radiográficamente, el implante se mantuvo situado en la fosa semilunar en 22 pacientes, y en los 13 restantes se observó una ligera translación medial. Concluyeron que esta técnica quirúrgica es una buena alternativa a la artrodesis parcial o total de la muñeca, puesto que permite ampliar la indicación de la carpectomía proximal a estadios de artrosis más avanzados (36). A una conclusión similar llegaron Giacalone y cols. (37) en un estudio retrospectivo en el que se compararon los resultados de la carpectomía proximal simple, efectuada en 32 pacientes con muñecas SNAC/SLAC en estadios I y II o enfermedad de Kienböck en estadio III, con los resultados de la carpectomía asociada a una prótesis RCPI®, efectuada en 25 pacientes con muñecas SNAC/SLAC en estadios III y IV o enfermedad de Kienböck en estadio IV. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en todos los parámetros estudiados (movilidad, fuerza, EVA, DASH y PRWE), salvo en la extensión, que fue superior en el grupo de carpectomía simple.

Cuando la articulación semilunar-hueso grande está selectivamente dañada, la primera fila del carpo puede conservarse. Esta es la situación que podemos encontrar en la necrosis de la cabeza

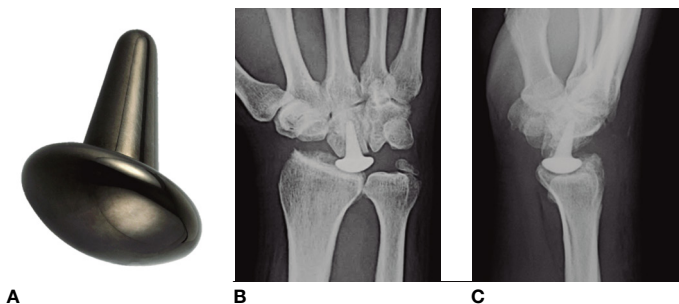


Figura 6.6. A. Resurfacing Capitate Pyrocarbon Implant (RCPI®). B y C. Controles radiográficos anteroposterior (B) y lateral (C). (Por cortesía del Dr. Francesco Giacalone.)

del hueso grande o en secuelas de un síndrome de Fenton. En estos infrecuentes casos puede utilizarse la prótesis RCPI® para sustituir el polo proximal del hueso grande (38, 39). También se ha propuesto el uso del implante de carbono pirolítico Pi2® (Stryker Wright-Medical Tornier, Montbonnot, Francia). Se trata de una prótesis elipsoidal, inicialmente diseñada para la articulación trapeciometacarpiana, que permite sustituir la cabeza del hueso grande (40). A diferencia de la RCPI®, el Pi2® es una prótesis de interposición que requiere modelar la resección del hueso grande para adaptar el implante. Según Bellemère, que cuenta con una experiencia de ocho casos (5), el Pi2® proporciona mejor movilidad que la RCPI® cuando sustituye la cabeza del hueso grande.

Prótesis radiocarpiana Amandys®

La prótesis radiocarpiana Amandys® (Stryker Wright-Medical Tornier, Montbonnot, Francia) se incluye aquí por su similitud de diseño y funcionamiento con algunas prótesis del carpo que aparecen en este capítulo. Se trata de un implante de interposición de carbono pirolítico que viene usándose desde 2008 (41). Sustituye al semilunar, a los dos tercios proximales del escafoides y a la cabeza del hueso grande. El piramidal no se resecta para conservar el anclaje de los ligamentos del dorso del carpo. El implante tiene una forma elipsoidal con dos superficies convexas asimé-

tricas, siendo más prominente la que se articula con el radio (fig. 6.7), y está disponible en ocho tamaños. Dado que no tiene fijación ósea ni ligamentosa, al igual que el resto de implantes de interposición, su estabilidad la proporciona la congruencia con las superficies óseas del radio y del carpo, así como la integridad de la envoltura capsuloligamentosa. Estaría indicada en casos de daño irreversible de la articulación radiocarpiana y mediocarpiana de origen artrósico, reumático o postraumático. También podría utilizarse como método de rescate en fracasos de cirugías previas, como artrodesis parciales, carpectomías proximales o artroplastias.

La experiencia con este implante es amplia en número, pero todavía no disponemos de series con seguimiento a largo plazo. Los resultados publicados hasta ahora son satisfactorios en cuanto al alivio del dolor y a la función de la muñeca. La principal complicación que se ha observado es la inestabilidad temprana del implante. En un estudio comparativo de 26 prótesis totales de muñeca, con un seguimiento medio de 6,5 años, y 10 prótesis Amandys®, con un seguimiento medio de 3,5 años, estas últimas obtuvieron un mejor resultado clínico y no precisaron ninguna revisión, mientras que 2 prótesis totales precisaron ser revisadas (42).

Bellemère es el autor que más ha difundido su uso y que cuenta con la serie más extensa, superando ya los 200 casos (43). En su publicación más reciente sobre 63 casos con un seguimiento mínimo de 5 años (44), el 90% de los pacientes se mostraron satisfechos o muy satisfechos. Curiosamente, la función de la muñeca mejoró entre

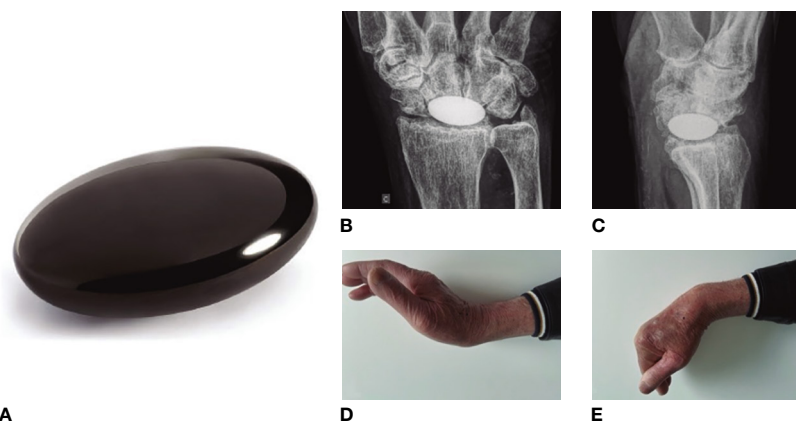


Figura 6.7. A. Prótesis Amandys®. B y C. Controles radiográficos anteroposterior (B) y lateral (C) tras 5 años de evolución del implante. D y E. Extensión (D) y flexión (E) obtenidas tras este periodo. (Por cortesía del Dr. Philippe Bellemère.)

el segundo y el quinto años. Mientras que la movilidad activa se mantuvo en un rango medio de 74° de flexoextensión, la fuerza de empuñadura mejoró significativamente hasta alcanzar los 20 kg. Precisarón cirugía de revisión el 12% de los casos debido a luxación del implante (5%), rotación (6%) o impactación ósea (1%). Los resultados de los casos revisados fueron similares al resto de la serie. La tasa de supervivencia acumulada a 10 años fue estimada en un 89%, tasa que es comparable a la obtenida con las prótesis totales de muñeca de última generación. A la vista de estos resultados, los autores han extendido la indicación de la prótesis Amandys® a casos con afectación menos severa de la muñeca (estadios III de los patrones SNAC, SLAC y SCAC [*Scaphoid Chondrocalcinosis Advanced Collapse*]) como alternativa a la artrodesis tipo «cuatro esquinas».

Conclusiones

Actualmente disponemos de alternativas satisfactorias para sustituir las superficies articulares dañadas de los huesos del carpo, sin recurrir a las artrodesis o a las prótesis totales de muñeca. Mientras que la sustitución de huesos del carpo por prótesis de titanio impresas en 3D abre perspectivas de futuro, la utilización de prótesis de pirocarbono es ya una realidad avalada por años de uso, con buenos resultados y excelente tolerancia. No obstante, es necesario disponer de estudios comparativos a largo plazo para definir mejor su indicación frente a otras técnicas.

Recomendaciones de los autores para el manejo fisioterápico especializado en el postoperatorio inmediato

Las prótesis de los huesos del carpo son muy variadas y su manejo postoperatorio debe ser individualizado. Como pauta general, en las prótesis de interposición de pirocarbono se recomienda un mínimo de 2 semanas de inmovilización estricta, seguida de 4 semanas con muñequera, durante las que se van introduciendo ejercicios de movilización progresiva.

Bibliografía

- [1] Waugh RL, Reuling L. Ununited fractures of the carpal scaphoid. Preliminary report on the use of vitallium replicas as replacements after excision. *Am J Surg* 1945;67:184–200.
- [2] Picaud A. Acrylic prosthesis in therapy of old pseudarthrosis of the carpal scaphoid. *Mem Acad Chir* 1953;79:200–3.
- [3] Swanson AB. Silicone rubber implants for replacement of arthritis or destroyed joints in the hand. *Surg Clin North Am* 1968;48:1113–27.
- [4] Swanson AB, Swanson GG, Maupin BK, Hynes DE, Jindal P. Failed carpal bone arthroplasty: causes and treatment. *J Hand Surg Am* 1989;14:417–24.
- [5] Bellemère P. Pyrocarbon implants for the hand and wrist. *Hand Surg Rehabil* 2018;37:129–54.
- [6] Kleinert JM, Lister GD. Silicone implants. *Hand Clin* 1986;2:271–90.
- [7] Irisarri C. Artroplastias protésicas del escafoide carpiano. *Rev Ortop Traum* 1998;42(Supl. 1):46–50.
- [8] Pequignot JP, Lussiez B, Allieu Y. An adaptive proximal scaphoid implant. *Chir Main* 2000;19:276–85.
- [9] Humada Álvarez G, Simón Pérez C, García Medrano B, Faour Martín O, Marcos Rodríguez JJ, Vega Castriello A, Martín Ferrero MA. Isolated scaphotrapezotrapezoid osteoarthritis treatment using resurfacing arthroplasty with scaphoid anchorage. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2017;61:412–8.
- [10] Degeorge B, Toffoli A, Teissier P, Athlani L, Teissier J. The INCA® implant to treat isolated scaphotrapezotrapezoid osteoarthritis: preliminary results at a minimum 2 years' follow-up. *Hand Surg Rehabil* 2022;41:606–12.
- [11] Pequignot JP, D'asnieres de Veigy L, Allieu Y. Arthroplasty for scaphotrapezotrapezoidal arthritis using a pyrolytic carbon implant. Preliminary results. *Chir Main* 2005;24:148–52.
- [12] Pegoli L, Zorli IP, Pivato G, Berto G, Pajardi G. Scaphotrapezotrapezoid joint arthritis: a pilot study of treatment with the scaphoid trapezium pyrocarbon implant. *J Hand Surg Br* 2006;31:569–73.
- [13] Mathoulin C, Darin F. Arthroscopic treatment of scaphotrapezotrapezoid osteoarthritis. *Hand Clin* 2011;27:319–22.
- [14] Bellemère P, Truffandier MV, Gaisne E, Loubesac T, Kerjean Y, Ardouin L, Fournier A. Double arthroplastie en «burger» par implants de resurfage en pyrocarbure pour les atteintes arthrosiques pérित्रapéziales: à propos de 21 cas. *Chir Main* 2014;33:5436.
- [15] Chollet-Rouleau M, Bouju Y, Lecoq FA, Fournier A, Bellemère P. Pyrocardan scaphotrapezotrapezoid joint arthroplasty for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 5 years. *J Wrist Surg* 2022;11:262–8.
- [16] Legge R. Vitallium prothesis in the treatment of fracture of the carpal navicular. *West J Surg* 1951;59:468–71.

- bb0017 [17] Metcalfe J. The vitallium sphere prothesis for non-union of the navicular bone. *J Int Coll Surg* 1954;22:459–61.
- bb0018 [18] Agner O. Treatment of nonunited navicular fractures by total excision of the bone and the insertion of acrylic prostheses. *Acta Orthop Scand* 1963;33:236–45.
- bb0019 [19] Agerholm JC, Lee M. The acrylic scaphoid prosthesis in the treatment of the ununited carpal scaphoid fracture. *Acta Orthop Scand* 1966;37:67–76.
- bb0020 [20] Swanson AB, de Groot Swanson G, DeHeer DH, Pierce TD, Randall K, Smith JM, Van Gorp CC. Carpal bone titanium implant arthroplasty. 10 years' experience. *Clin Orthop Relat Res* 1997;342:46–58.
- bb0021 [21] Spingardi O, Rossello MI. The total scaphoid titanium arthroplasty: A 15-year experience. *Hand* 2011;6:179–84.
- bb0022 [22] López-Valenciano J. Estudio experimental sobre cadáver del comportamiento cinético del carpo tras escisión, reimplantación y estabilización del escafoides aplicando diferentes cargas tendinosas. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Católica de Valencia; 2015.
- bb0023 [23] Corella F, Del Cerro M, Ocampos M, Simon de Blas C, Larrainzar-Garijo R. Arthroscopic scapholunate ligament reconstruction, volar and dorsal reconstruction. *Hand Clin* 2017;33:687–707.
- bb0024 [24] Lippman EM, McDermott LJ. Vitallium replacement of lunate in Kienböck's disease. *Mil Surg* 1949;105:482–4.
- bb0025 [25] Agerholm JC, Goodfellow JW. Avascular necrosis of the lunate bone treated by excision and prosthetic replacement. *J Bone Joint Surg Br* 1963;45:110–6.
- bb0026 [26] Lichtman DM, Alexander AH, Mack GR, Gunther SF. Kienböck's disease-Update on silicone replacement arthroplasty. *J Hand Surg Am* 1982;7:343–7.
- bb0027 [27] Alexander AH, Turner MA, Alexander CE, Lichtman DM. Lunate silicone replacement arthroplasty in Kienböck's disease: a long-term follow-up. *J Hand Surg Am* 1990;15:401–7.
- bb0028 [28] Viljakka T, Tallroth K, Vastamäki M. Long-term clinical outcome after titanium lunate arthroplasty for Kienböck disease. *J Hand Surg Am* 2018;43:945.e1–945.e10.
- bb0029 [29] Henry M. Double Bundle Tendon graft for rotational stabilization of lunate Implant arthroplasty. *Tech Hand Surg* 2011;15:16–23.
- bb0030 [30] Henry M. Outcomes assessment of lunate replacement arthroplasty with intrinsic carpal ligament reconstruction in Kienböck's disease. *Hand (NY)* 2014;9:364–9.
- bb0031 [31] Henry M, Lundy FH, Henry GK. Long-term outcomes for late-phase Kienböck's tenoarthroplasty. *Hand (NY)* 2022;15589447221136622. doi:10.1177/15589447221136622.
- bb0032 [32] Alao U, Bodansky D, Hajipour L, Hayton M, Talwalkar S. Pyrocarbon lunate replacements perform well at two years: a retrospective case series and technique from two UK tertiary centres. *J Hand Surg Asian Pac* 2022;27(6):1008–12. doi:10.1142/S2424835522500965.
- bb0033 [33] Muller C, Ardouin L, Fournier A, Gaisne E, Leroy M, Bellemère P. Pyrocarbon interposition implant after lunate resection in Kienböck's disease: a case series. *Hand Surg Rehabil* 2023;42(1):34–9. doi:10.1016/j.hansur.2022.10.003.
- bb0034 [34] Xie MM, Tang KL, Yuan CS. 3D printing lunate prosthesis for stage IIIc Kienböck's disease: a case report. *Arch Orthop Trauma Surg* 2018;138:447–51.
- bb0035 [35] Ma ZJ, Liu ZF, Shi QS, Li T, Liu ZY, Wang JW, et al. Varisized 3D-Printed Lunate for Kienböck's Disease in Different Stages: Preliminary Results. *Orthop Surg* 2020;12:792–801.
- bb0036 [36] Marcuzzi A, Ozben H, Russomando A. The use of a pyrocarbon capitate resurfacing implant in chronic wrist disorders. *J Hand Surg Eur* 2014;39:611–8.
- bb0037 [37] Giacalone F, di Summa PG, Fenoglio A, Sard A, Dutto E, Garcia-Elias M, et al. Resurfacing Capitate Pyrocarbon Implant versus Proximal Row Carpectomy Alone: A Comparative Study to Evaluate the Role of Capitate Prosthetic Resurfacing in Advanced Carpal Collapse. *Plast Reconstr Surg* 2017;140:962–70.
- bb0038 [38] Dereudre G, Kaba A, Pansard E, Mathevon H, Mares O. Avascular necrosis of the capitate: a case report and a review of the literature. *Chir Main* 2010;29:203–6.
- bb0039 [39] Marcuzzi A, Ozben H, Russomando A, Petit A. Chronic transscaphoid, transcapitate perilunate fracture dislocation of the wrist: Fenton's syndrome. *Chir Main* 2013;32:100–3.
- bb0040 [40] Ferrand M, Bellemère P. Pyrocarbon interposition after capitate head resection. *J Wrist Surg* 2013;2:351–4.
- bb0041 [41] Bellemère P, Maes-Clavier C, Loubersac T, Gaisne E, Kerjean Y. Amandys[®] implant: novel pyrocarbon arthroplasty for the wrist. *Chir Main* 2012;31:176–87.
- bb0042 [42] Cugola L, Testoni R, Carita E, Dib G. Total wrist arthroplasty versus Amandys. *J Hand Surg Eur* 2015;40(Suppl 1):S64.
- bb0043 [43] Bellemère P. Medium- and long-term outcomes for hand and wrist pyrocarbon implants. *J Hand Surg Eur* 2019;44:887–97.
- bb0044 [44] Tanwin Y, Maes-Clavier C, Lestienne V, Gaisne E, Loubersac T, Kerjean Y, Bellemère P. Medium-Term Outcomes for Amandys Implant: A 5-Year Minimum Follow-Up of 63 Cases. *J Wrist Surg* 2022;11:6–15.