

ORIGINAL

Reconstrucción artroscópica de la pseudoartrosis inestable del escafoides carpiano



P.J. Delgado-Serrano*, I. Jiménez-Jiménez, M. Nikolaev, F.A. Figueredo-Ojeda
y M. Gil de Rozas-López

Unidad de Cirugía de la Mano y Microcirugía, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario HM Montepríncipe, Universidad San Pablo CEU, Boadilla del Monte, Madrid, España

Recibido el 1 de noviembre de 2015; aceptado el 7 de marzo de 2017
Disponible en Internet el 1 de mayo de 2017

PALABRAS CLAVE

Reconstrucción
artroscópica;
Pseudoartrosis;
Escafoides carpiano

Resumen

Objetivo: Evaluar los resultados de la reconstrucción artroscópica para el tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides inestable con autoinjerto de hueso esponjoso.

Método: Se trató a 13 pacientes con una edad media de 26 (18-45) años. El tiempo medio desde la fractura hasta la intervención fue de 14 (6-48) meses. Se evaluaron parámetros clínicos y radiológicos preoperatorios y postoperatorios. El seguimiento medio fue de 16,8 (12-36) meses.

Resultados: La consolidación se obtuvo en todos los casos a las 7 (4-10) semanas, ningún paciente presentó complicaciones ni precisó nuevas reintervenciones. El arco de movilidad, la dolor, la valoración funcional (cuestionario DASH) y las mediciones radiológicas mejoraron respecto al preoperatorio. El rango de movimiento promedio de flexión mejoró de 71,9° (55°-80°) a 81,7° (55°-90°), extensión de 66,3° (30°-80°) a 84,4° (70°-90°), desviación ulnar 21,5° (10°-25°) a 25,5° (20°-45°) y desviación radial 11,9° (5°-25°) a 13,3° (10°-20°). El dolor (EVA 0-10) mejoró de 6,8 (4-10) a 0,7 (0-3). Y la escala funcional DASH mejoró de 36 (12-78) a 8 (0-10).

El ángulo escafolunar mejoró de 67,7° (62°-88°) a 47° (32°-55°) y el ángulo radiolunar mejoró de 30,8° (10°-45°) a 4° (0°-10°).

Conclusión: El tratamiento de pseudoartrosis de escafoides inestables con injerto esponjoso asistido por artroscopia presenta buenos resultados clínicos, con un corto tiempo de consolidación y recuperación.

© 2017 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pedrojdeldgado@me.com (P.J. Delgado-Serrano).

KEYWORDS

Arthroscopic reconstruction;
Non-union;
Carpal scaphoid

Arthroscopic reconstruction for unstable scaphoid non-union**Abstract**

Objective: To evaluate the results of arthroscopic reconstruction for the treatment of unstable scaphoid non-union with cancellous bone autograft.

Methods: 13 patients were treated with a mean age of 26 (18-45) years. The average time from injury until surgery was 14 (6-48) months. Preoperative and postoperative clinical and radiological parameters were evaluated. Mean follow-up was 16.8 (12-36) months.

Results: Consolidation was achieved in all cases at 7 (4-10 weeks), no patient had complications or reoperations. Range of motion, pain, functional assessment (DASH questionnaire) and radiological measurements improved compared to preoperative measurements. The average range of flexion improved: flexion 71.9° (55°-80°) to 81.7° (55°-90°), extension 66.3° (30°-80°) to 84.4° (70°-90°), ulnar deviation 21.5° (10°-25°) to 25.5° (20°-45°) and radial deviation 11.9° (5°-25°) to 13.3° (10th-20th). Pain (VAS 0-10) improved from 6.8 (4-10) to 0.7 (0-3). DASH functional scale improved from 36 (12-78) to 8 (0-10).

The Scapho-Lunate Angle improved from 67.7° (62°-88°) to 47° (32°-55°), and the Radio-Lunate Angle improved from 30.8° (10°-45°) to 40° (0°-10°).

Conclusion: Treatment of unstable scaphoid non-union with cancellous bone graft assisted by arthroscopy presents good clinical results with a short period of consolidation and recovery.

© 2017 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La ausencia de consolidación inestable de escafoides es una causa frecuente de artrosis postraumática a nivel de la muñeca que acaba con un colapso avanzado del carpo o también llamado muñeca SNAC (Scaphoid Non-union Advanced Collapse)¹.

Para evitar este patrón degenerativo, la pseudoartrosis de escafoides debe ser tratada mediante desbridamiento, injerto óseo y fijación interna estable. En función del tipo de ausencia de consolidación el aporte de hueso varía: esponjoso para lesiones estables con mínima deformidad², corticoesponjoso en cuña para lesiones inestables con deformidad en joroba^{3,4} o injerto óseo vascularizado para lesiones isquémicas del polo proximal⁵⁻⁹. Estas técnicas permiten corregir la deformidad a expensas de un incremento de la morbilidad, dado que el abordaje necesario lesiona estructuras ligamentosas y cápsula, aparte del daño de microestructuras vasculares y propioceptivas del carpo.

Varios estudios han demostrado las ventajas de la artroscopia como procedimiento mínimamente invasivo para el tratamiento de las fracturas y ausencia de consolidación del escafoide¹⁰⁻¹³. Presenta una menor morbilidad, permite tratar lesiones asociadas y ocasiona una menor rigidez articular, lo que incrementa los resultados funcionales. Además, preserva los ligamentos esenciales y la cápsula articular, manteniendo las funciones de propiocepción de la muñeca y la cinemática normal del carpo.

La artroscopia está indicada en faltas de unión en fase inicial, estables o fibrosas, pero se encuentra limitada para reconstruir lesiones inestables con defectos dorsales intercalados o presencia de deformidad en joroba, donde el tratamiento convencional se hace con injertos óseos tricorticales de forma abierta. Recientemente, han sido descritos buenos resultados en ausencias de consolidación de

escafoides inestables tratadas sin injertos estructurales de forma abierta. Cohen et al.¹⁴ presentaron los resultados del tratamiento de pseudoartrosis de escafoides con colapso del carpo con injerto esponjoso de forma abierta, donde obtuvieron en 12 pacientes un 100% de consolidación con un seguimiento medio de 2 años.

La conjunción de ambas técnicas, injerto no estructural y cirugía artroscópica, únicamente ha sido citada someramente en un trabajo publicado recientemente¹².

El objetivo de este trabajo es presentar nuestra experiencia en el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoide carpiano con deformidad en joroba utilizando la combinación de ambas técnicas: aporte de injerto esponjoso asistido por artroscopia y fijación estable percutánea.

Material y método**Pacientes**

Presentamos un estudio retrospectivo de una serie de pacientes diagnosticados de pseudoartrosis de escafoides inestable tratados mediante reconstrucción asistida por artroscopia. Los criterios de inclusión fueron ausencia de consolidación con esclerosis¹, cambios quísticos y/o desplazamiento mayor de 2 mm²; ángulo radiolunar (ARL) mayor de 10°³; ángulo escafolunar (AEL) mayor de 60° en proyecciones simples radiológicas⁴ y 6 meses como mínimo desde el traumatismo inicial. Se excluyó a aquellos pacientes con menos de 6 meses de evolución desde el traumatismo, unión fibrosa estable, cambios degenerativos en la articulación radiocarpiana y lesiones isquémicas y/o compatibles con necrosis avascular del polo proximal del escafoide.

Todos los casos fueron intervenidos por el mismo cirujano (PJD) tras consentimiento informado del paciente.

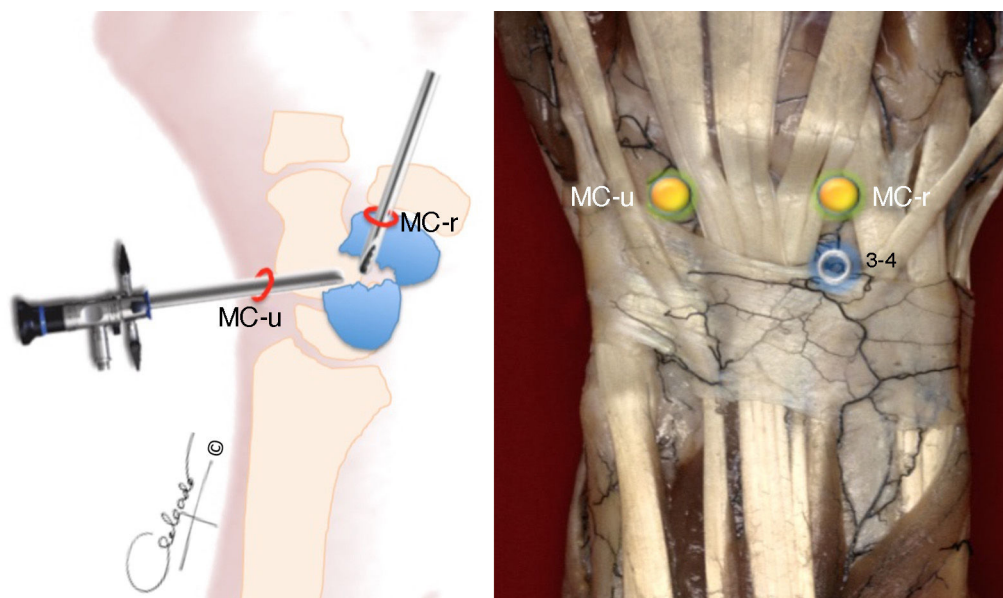


Figura 1 Portales de artroscopia utilizados. Radiocarpianos: 3-4; mediocarpianos: mediocarpiano ulnar (MC-u) y radial (MC-r). El MC-u se utiliza para introducir la óptica y el MC-r como portal de trabajo.

Técnica quirúrgica

La artroscopia de muñeca se realizó bajo anestesia general, con isquemia preventiva en el brazo y mesa de tracción axial cenital (TractionTower ConMed Linvatec®, Nueva York, EE. UU.) con 4,5 kg de tracción de los 2.º a 5.º dedos. En todos los casos se utilizó artroscopia seca¹⁵ y los portales estándar radiocarpianos y mediocarpianos (fig. 1).

En primer lugar, se realiza una inspección de las articulaciones radio y mediocarpianas, evaluando el estado del cartilago articular, de los ligamentos intrínsecos y del complejo fibrocartilago triangular. El ligamento escafolunar se valoró utilizando la clasificación descrita por Geissler et al.¹⁶ (tabla 1).

El desbridamiento del foco de pseudoartrosis se realizó inicialmente con un periostomo fino de 3 mm de ancho,

seguido de una fresa de 2,7 mm y completado con cuchara de 2-3 mm para resecar todo el tejido fibroso y desvitalizado hasta encontrar hueso sano. Esta maniobra se realizó colocando la óptica en el portal mediocarpiano ulnar (MC-u) y el instrumental de trabajo por el mediocarpiano radial (MC-r).

En segundo lugar, se reduce la deformidad dorsal del semilunar en DISI y se fija con una aguja de Kirschner de 1,4 mm percutánea desde el radio al semilunar. De esta forma, se reducirá el polo proximal a su localización natural. En este momento, antes de reducir el polo distal se introducirá el injerto de hueso esponjoso a través del portal MC-r, obtenido de la cresta iliaca o del suelo del 3.º compartimento extensor del radio. Para facilitar su colocación, lo introduciremos a través del cuerpo de una jeringa de insulina recortado en su porción más distal. Se recomienda ampliar unos milímetros el portal MC-r para que sea más sencillo el introducir la jeringa. Con ayuda del trocar romo de la cánula de artroscopia, se puede empujar el injerto y depositarlo en el lugar de la zona de ausencia de unión. Se debe impactar después con ayuda de una cuchara o el disector de pequeño tamaño utilizando con anterioridad aprovechando su forma más curva (fig. 2).

Se retira el artroscopio y se libera de tracción los dedos dejando la muñeca libre. Colocamos la muñeca con la palma hacia el techo forzando la máxima extensión de la misma. Con esta maniobra se reduce el polo distal y ganamos la longitud del hueso. Acto seguido, fijaremos con una aguja de 1,2 mm ambos segmentos, verificamos alineación bajo fluoroscopia y haremos la fijación con un tornillo canulado sin cabeza, como se realiza en una fijación percutánea distal convencional (fig. 3). La fijación interna fue realizada con tornillo Acutrak Mini (Acumed, Hillsborough, Oregon, EE. UU.) (62% de los casos) y HCS (DePuy Synthes®, Johnson&Johnson, Oberdorf, Suiza) en el 38%.

En el postoperatorio, la muñeca se inmovilizó con una férula volar de muñeca sin incluir el pulgar por 2 semanas,

Tabla 1 Clasificación de Geissler et al. de las lesiones del ligamento escafolunar por artroscopia

Grado	Descripción de la lesión	Introducción de palpador
I	Espacio escafolunar estable. Sinovitis inflamatoria	No permite su paso
II	Espacio inferior a 2 mm. Rotura parcial estable	Permite pasar el palpador, pero no girarlo
III	Espacio mayor de 2 mm. Rotura parcial con moderada inestabilidad	Permite pasar el palpador y girarlo sobre sí mismo hasta 90°
IV	Inestabilidad intercarpiana. Rotura completa	Permite pasar el artroscopio (2,7 mm) entre ambos huesos hasta la radiocarpiana

Tomado de Geissler et al.¹⁶.

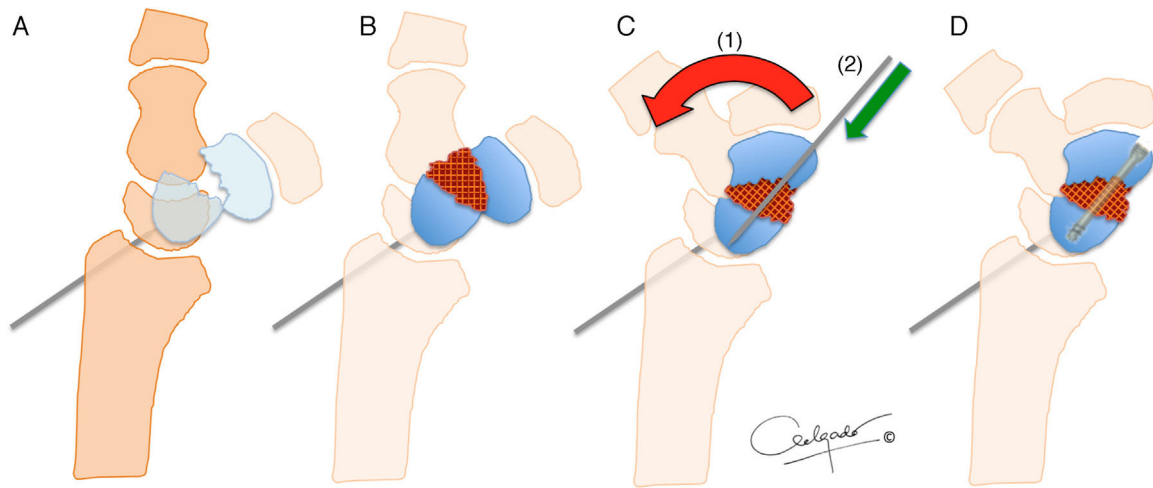


Figura 2 Técnica de reconstrucción del escafoide asistida por artroscopia. Tras el fresado de los bordes, se fija el semilunar al radio para reducir el polo proximal (A). Se aporta el injerto en el espacio creado (B) y se reduce la muñeca en máxima extensión (C) para colocar el polo distal en su situación más anatómica (1) y darle longitud. Se fija con una aguja de Kirschner de 1,2 mm (2) y se fijan ambos segmentos con el injerto incorporado con un tornillo canulado sin cabeza (D).



Figura 3 Desbridamiento del defecto óseo (izquierda), aporte de injerto con el cuerpo de la jeringa de insulina (centro) y aspecto final tras la impactación del injerto (derecha).

que se cambió por una removable por 2-4 semanas, seguido de fisioterapia. La aguja percutánea de fijación del radio al semilunar se retiró a las 4 semanas.

Evaluación clínica y radiológica

La evaluación radiológica preoperatoria constaba de cuatro proyecciones radiológicas de escafoides, tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética para valorar el estado vascular de los fragmentos. En el periodo postoperatorio se realizó estudio radiológico en proyecciones lateral, posteroanterior y oblicua en 45° de pronación de la muñeca cada 2 semanas hasta la consolidación. No se realizó de forma rutinaria estudio con TC, salvo en aquellos casos con consolidación dudosa.

Se utilizaron la clasificación de Herbert y Fisher¹⁷ (tabla 2) de fracturas de escafoides y la clasificación posteriormente sugerida por Herbert¹⁸ para la ausencia de consolidación (tabla 3), para determinar el tipo y localización de la pseudoartrosis. Los ángulos radiológicos utilizados fueron el AEL y el ARL, que se realizaron mediante las herramientas de medición de sistema infográfico del visor

del sistema PACS (Picture Archiving and Communication System®, TerchHeim, Seoul, República de Corea)¹⁹, que incorpora el sistema de historias clínicas informatizadas de la entidad.

El arco de movilidad se valoró con un goniómetro estándar y se realizó una evaluación funcional con el cuestionario DASH validado para la población española²⁰. Estas valoraciones se calcularon en el periodo preoperatorio, a los 3 meses tras la cirugía y al final del seguimiento.

La consolidación ósea se determinó cuando el paciente no presentaba dolor en la tabaquera anatómica y se objetivó una continuación ósea o puente óseo entre los dos extremos de la pseudoartrosis en todas las proyecciones radiológicas o en al menos 2 cortes de TC evaluado por 2 observadores^{21,22}.

Resultados

Trece pacientes (11 varones, 2 mujeres) fueron intervenidos con esta técnica. La edad media fue de 26 (18-45) años y el 76% realizaba actividades deportivas o laborales de alto nivel de exigencia física. El tiempo medio desde la fractura hasta la intervención fue de 14 (6-48) meses.

Tabla 2 Clasificación de fracturas de escafoides de Herbert y Fisher

Tipo	Definición	Subtipo	Localización y/o lesión
A	Agudo, estable	A1	Tubérculo
		A2	Trazo no desplazado en la cintura
B	Agudo, inestable	B1	Oblicuo
		B2	Desplazada o inestable, cintura
		B3	Polo proximal
		B4	Fractura-luxación
		B5	Conminuta
C	Retardo de consolidación		
D	Ausencia de consolidación	D1	Fibrosa
		D2	Esclerótica

Tomado de Herbert y Fisher¹⁷.

Tabla 3 Estadios de la ausencia de consolidación del escafoides según Herbert

	Estadio I	Estadio II	Estadio III	Estadio IV	Estadio V
Tipo de unión	Unión fibrosa (D1)	Seudoartrosis (D2)	Seudoartrosis	Seudoartrosis	Necrosis avascular
Movilidad de la fractura	+/-	+	++	+++	^a
Pérdida de masa ósea	No	+	++	+++	++++
Colapso del carpo	No	+	++	+++	^a
Pérdida de movilidad	+/-	+	++	+++	++++
Artrosis	No	+	++	+++	^a
Capacidad de consolidación	++++	+++	++	+	No

Tomado de Herbert¹⁸.

^a Depende del tiempo de evolución desde la fractura y de cómo fue el tratamiento previo si lo hubo.

Con respecto al patrón de la fractura, todas eran tipo D2 de la clasificación de Herbert y Fisher, y respecto al tipo de no unión, el 76% era estadio II y el 24% estadio III de la clasificación propuesta por Herbert. En 2 casos se objetivó durante la artroscopia lesión del ligamento escafolunar, un caso grado I y otro grado II de la clasificación de Geissler et al.¹⁶. El 76% de los pacientes presentaban deformidad en joroba en la evaluación radiológica previa a la cirugía.

Se obtuvo la consolidación en todos los casos a las 7 (4-10 semanas). Ningún paciente presentó complicaciones ni precisó nuevas reintervenciones (figs. 4-6).

El seguimiento medio fue de 16,8 (12-36) meses. El arco de movilidad, el dolor, la valoración funcional (cuestionario DASH) y las mediciones radiológicas mejoraron respecto al preoperatorio (tabla 4).

Discusión

El patrón degenerativo de la muñeca SNAC cursa en 3 fases: 1) cambios degenerativos entre la estiloides radial y el polo distal del escafoides; 2) la afectación progresa hacia la articulación entre escafoides y hueso grande, y 3) afectación de la articulación entre semilunar y hueso grande, respetando siempre la articulación radiosemilunar. Las pseudoartrosis de los tercios proximal y medio muestran los primeros cambios degenerativos a nivel de la articulación radioescafoidea y las del tercio distal solo se observan en el espacio entre semilunar y el hueso grande²³. La inestabilidad en DISI va incrementando con el tiempo en las pseudoartrosis del polo

distal y del tercio medio pero las del polo proximal rara vez desarrollan inestabilidad. La restauración de la forma del escafoides disminuye la progresión de los cambios degenerativos.

La artroscopia de muñeca es una técnica mínimamente invasiva que preserva la vascularización y propiocepción de los huesos del carpo, aunque no exenta de riesgos²⁴. Este aspecto es especialmente importante, como reflejan los estudios de Hagert et al.²⁵. La propiocepción de la muñeca se origina a partir de señales aferentes provocados por los órganos sensoriales finales (mecanorreceptores) en ligamentos y cápsulas articulares que provocan reflejos espinales para la estabilidad articular inmediata. Se ha demostrado que la propiocepción del ligamento escafolunar en los movimientos de flexión, inclinación radial y cubital dependen de la función del nervio interóseo posterior que puede dañarse con cierta facilidad utilizando con los abordajes dorsales habituales^{26,27}.

En las pseudoartrosis inestables crónicas, los injertos corticoesponjosos (vascularizados o no) son la técnica que ofrece más garantías para restaurar la anatomía normal del carpo y la consolidación del escafoides. Sin embargo, entre las potenciales complicaciones de las técnicas abiertas se incluyen la lesión de los elementos estabilizadores y propioceptivos del carpo, así como complicaciones frecuentes como la protrusión del injerto, consolidación parcial del mismo, infecciones y problemas con el material de osteosíntesis. Otro aspecto es el tiempo necesario hasta obtener la consolidación completa, que oscila entre las 12-19 semanas^{6,28-30}.

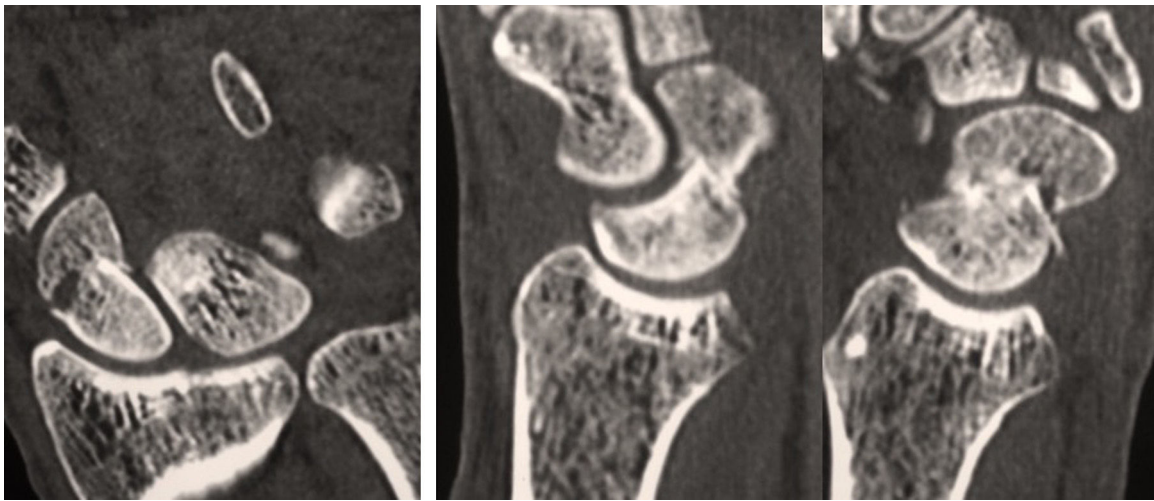


Figura 4 Varón de 46 años. Muñeca izquierda no dominante. Once meses desde el traumatismo. Imagen TC donde se aprecia deformidad en joroba.

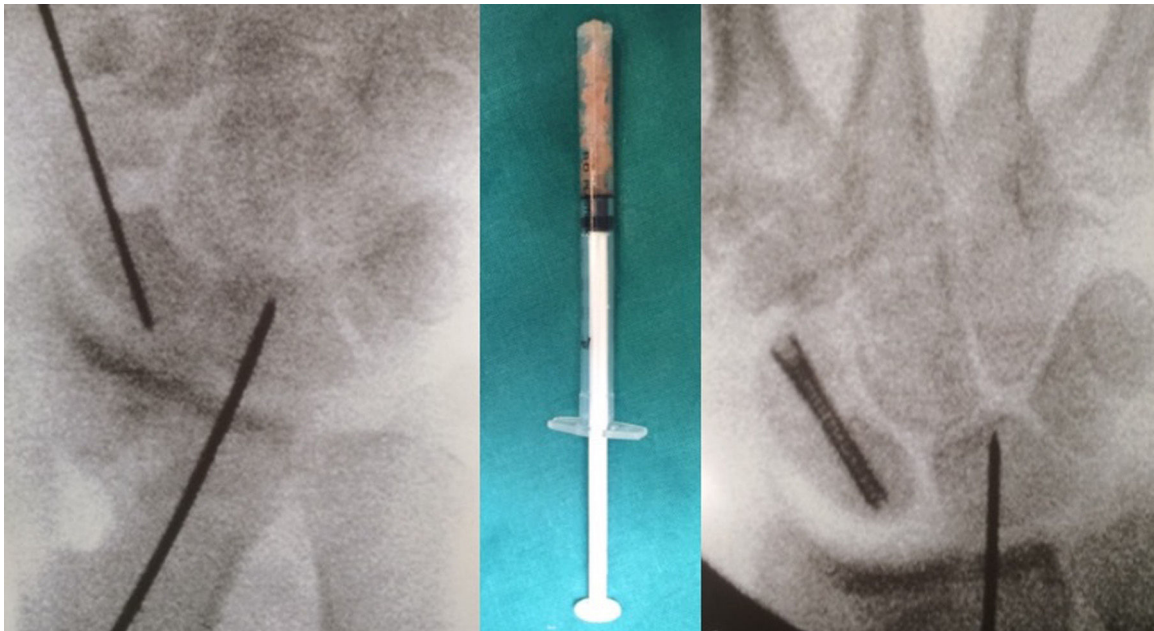


Figura 5 Defecto creado en el escafoide, aporte de injerto del radio distal usando una jeringa de insulina a modo de trocar y resultado intraoperatorio con el tornillo de fijación.

Existen varios trabajos que describen buenos resultados aplicando injerto de hueso esponjoso en pseudoartrosis inestables. Cohen et al.¹⁴ obtuvieron una consolidación completa en 12 pacientes tratados con injerto esponjoso y fijación un tornillo canulado con un excelente resultado funcional a los 2 años. Park et al.²¹ trataron un total de 61 pseudoartrosis (52% estables y 48% inestables) de escafoide con aporte de injerto esponjoso y fijación con agujas de Kirschner. Obtuvieron consolidación completa del escafoide en el 88,2% de los casos con pseudoartrosis estables y 83,9% de las inestables, sin diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos.

La suma de artroscopia de muñeca y aporte de hueso esponjoso en las pseudoartrosis de escafoide inestables es

una técnica exigente, pero aporta las ventajas de ambas técnicas: mantiene la propiocepción y la vascularización intrínseca y, según nuestros resultados, podría mejorar la consolidación obtenida con injertos estructurales. En nuestra experiencia, llama la atención el corto tiempo obtenido de consolidación (medio 7 semanas), muy inferior al presentado en las series abiertas, tanto en injertos vascularizados como no vascularizados. Kim et al.²² presentaron su experiencia en el tratamiento de pseudoartrosis de escafoide asistido por artroscopia. Trataron 36 pacientes, de los cuales 16 precisaron injerto de hueso esponjoso. Se obtuvo la consolidación completa en el 86% de los casos a las 11 semanas. Este es el único trabajo similar al nuestro encontrado en la literatura.



Figura 6 Resultado final. Consolidación a las 8 semanas.

Tabla 4 Resultado clínico y radiológico tras reconstrucción por artroscopia en ausencia crónica de consolidación de escafoides inestables (13 pacientes)

	Media preoperatorio (rango)	Media postoperatoria (rango)
Arco de flexión	71,9° (55°-80°)	81,7° (55°-90°)
Arco de extensión	66,3° (30°-80°)	84,4° (70°-90°)
Desviación ulnar	21,5° (10°-25°)	25,5° (20°-45°)
Desviación radial	11,9° (5°-25°)	13,3° (10°-20°)
Angulo escafolunar	67,7° (62°-88°)	47° (32°-55°)
Angulo radiolunar	30,8° (10°-45°)	4° (0°-10°)
Dolor (EVA 0-10)	6,8 (4-10)	0,7 (0-3)
Cuestionario DASH	36 (12-78)	8 (0-10)

DASH: Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; EVA: Escala Visual Analógica.

Una de las limitaciones de este trabajo es que no se ha medido la longitud final del escafoides ni su forma final. Este aspecto puede influir en los ángulos radiológicos. La corrección de 9,3° del ángulo intraescafoideo produce una corrección del AEL en 7,7°³¹. No obstante, estos cambios no han demostrado influencia en el resultado funcional final. Jiranek et al.³² obtuvieron una deformidad de 45° o más de ángulo intraescafoideo en el 50% de los casos tratados con injerto corticoesponjoso tipo trapezoidal y no encontraron influencia en el resultado clínico final. En la serie de Kim et al.²², los parámetros radiológicos del escafoides y la alineación del carpo en los casos en los que se consiguió la consolidación completa no se correlacionó con cambios en la función clínica de la muñeca. Estos autores concluyen que si bien la técnica es limitada para restaurar la alineación normal del carpo, presenta efectos positivos en la mejora de la función de la muñeca.

Conclusiones

La artroscopia de muñeca es una alternativa válida en el tratamiento de las lesiones del escafoides carpiano. Presenta buenos resultados clínicos y de consolidación, incluso en deformidades en joroba con un menor tiempo de

recuperación. Probablemente, está limitada para restaurar la alineación normal del carpo, pero es beneficiosa y mejora los tiempos de recuperación de estas lesiones. Los resultados presentados son comparables con otras técnicas abiertas, pero con menor morbilidad asociada. No obstante, se precisan series más largas con mayor seguimiento y estudios prospectivos comparativos para confirmar estos resultados.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV, terapéutico, serie de casos.

Responsabilidades éticas

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que 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 han obtenido el consentimiento informado de los

pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP. Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. *J Hand Surg Am.* 1994;19:751-9.
- Russe O. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative and operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1960;42:759-68.
- Fisk GR. Operative surgery, part II. En: Bentley G, editor: *Orthopaedics*. Kent: Butterworths; 1979. p. 540.
- Fernandez DL. A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability. *J Hand Surg Am.* 1984;9:733-7.
- Aguilella L, Fargueta I, Blasco C, Dominguez JL. Injertos óseos vascularizados en el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoide. *Rev Ortop Traumatol.* 2002;4:311-6.
- Chang MA, Bishop AT, Moran SL, Shin AY. The outcomes and complications of 1,2-intercompartmental supraretinacular artery pedicled vascularized bone grafting of scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am.* 2006;31:387-96.
- Kuhlmann JN, Mimoun M, Boabighi A, Baux S. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for non-union of the scaphoid. *J Hand Surg Br.* 1987;12:203-10.
- Mathoulin C, Haerle M. Vascularized bone graft from the palmar carpal artery for treatment of scaphoid non-union. *J Hand Surg Br.* 1998;23:318-23.
- Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1991;16:474-8.
- Chu PJ, Shih JT. Arthroscopically assisted use of injectable bone graft substitutes for management of scaphoid nonunions. *Arthroscopy.* 2011;27:31-7.
- Slutsky DJ, Trevare J. Use of arthroscopy for the treatment of scaphoid fractures. *Hand Clin.* 2014;30:91-103.
- Wong WY, Ho PC. Minimal invasive management of scaphoid fractures: From fresh to nonunion. *Hand Clin.* 2011;27:291-307.
- Thomsen L, Falcone MO. Lesions of the scapholunate ligament associated with minimally displaced or non-displaced fractures of the scaphoid waist. *Chir Main.* 2012;5:234-8.
- Cohen MS, Jupiter JB, Fallahi K, Shukla SK. Scaphoid waist nonunion with humpback deformity treated without structural bone graft. *J Hand Surg Am.* 2013;38:701-5.
- Del Piñal F. Dry arthroscopy and its applications. *Hand Clin.* 2011;27:335-45.
- Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, McIntyre LW, Whipple TL. Intracarpal soft-tissues lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:357-65.
- Herbert TJ, Fisher WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg Br.* 1984;66:114-23.
- Herbert TJ. A rational approach to treatment of acute scaphoid fractures. En: Herbert TJ, editor. *The fractured scaphoid*. St. Louis: Quality Medical Publishing; 1990. p. 51-67.
- Watanabe K. Analysis of carpal malalignment caused by scaphoid nonunion and evaluation of corrective bone graft on carpal alignment. *J Hand Surg Am.* 2011;36:10-6.
- Rosales RS, Delgado EB, Díez de la Lastra-Bosch I. Evaluation of the Spanish version of the DASH and carpal tunnel syndrome health-related quality-of-life instruments: Cross-cultural adaptation process y reliability. *J Hand Surg Am.* 2002;27:334-43.
- Park HY, Yoon JO, Jeon IH, Chung HW, Kim JS. A comparison of the rates of union after cancellous iliac crest bone graft and Kirschner-wire fixation in the treatment of stable and unstable scaphoid nonunion. *Bone Joint J.* 2013;95-B:809-14.
- Kim JP, Seo JB, Yoo JY, Lee JY. Arthroscopic management of chronic unstable scaphoid nonunions: Effects on restoration of carpal alignment and recovery of wrist function. *Arthroscopy.* 2015;3:460-9.
- Moritomo H, Tada K, Yoshida T, Masatomi. The relationship between the site of nonunion of the scaphoid and scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC). *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81:871-6.
- Ahsan ZS, Yao J. Complications of wrist arthroscopy. *Arthroscopy.* 2012;28:855-9.
- Hagert E, Forsgren S, Ljung BO. Differences in the presence of mechanoreceptors and nerve structures between wrist ligaments may imply differential roles in wrist stabilization. *J Orthop Res.* 2005;23:757-63.
- Lluch A, Salvá G, Esplugas M, Llusá M, Hagert E, García-Elías M. El papel de la propiocepción y el control neuromuscular en las inestabilidades del carpo. *Rev Iberoam Cir Mano.* 2015;43:70-8.
- Salvá G, García-Elías M, Lluch A, León-López MM, Llusá M, Rodríguez-Baeza A. Mecanismos de estabilización dinámica del carpo. Estudio experimental. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2013;57:129-34.
- Jones DB Jr, Burger H, Bishop AT, Shin AY. Treatment of scaphoid waist nonunions with an avascular proximal pole and carpal collapse. A comparison of two vascularized bone grafts. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:2616-25.
- Tambe AD, Cutler L, Murali SR, Trail IA, Stanley JK. In scaphoid non-union, does the source of graft affect outcome? Iliac crest versus distal end of radius bone graft. *J Hand Surg Br.* 2006;31:47-51.
- Eggl S, Fernandez DL, Beck T. Unstable scaphoid fracture nonunion: A medium term study of anterior wedge grafting procedures. *J Hand Surg Br.* 2002;27:36-41.
- Megerle K, Harenberg PS, Germann G, Hellmich S. Scaphoid morphology and clinical outcomes in scaphoid reconstructions. *Injury.* 2012;43:306-10.
- Jiranek WA, Ruby LK, Millender LB, Bankoff MS, Newberg AH. Long-term results after Russe bone-grafting: The effect of malunion of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:1217-28.