

Tratamiento artroscópico de la pseudoartrosis de escafoides sin injerto óseo: ¿Es realmente factible?

Arthroscopic Treatment of Scaphoid Pseudoarthrosis without Bone Graft: Is it Really Feasible?

Martin F. Caloia¹ Diego González Scotti² Diego L. Fernández³

¹Jefe Sección Cirugía del Miembro Superior, Ortopedia y Traumatología, Hospital Universitario Austral, Facultad de medicina Universidad Austral, Buenos Aires, Argentina

²Sección Cirugía del Miembro Superior, Ortopedia y Traumatología, Hospital Universitario Austral, Buenos Aires, Argentina

³Universidad de Berna, Berna, Suiza

Address for correspondence Dr. Martin F. Caloia, Miembro Fundador-Jefe Sección Hospital Universitario Austral, Pilar, Libertador 3552 8D, Palermo Nuevo, Capital Federal, Buenos Aires, Argentina (e-mail: mcaloia@intramed.net).

Rev Iberam Cir Mano 2020;48:31–41.

Resumen

Introducción En la actualidad, el manejo de la pseudoartrosis del escafoides sigue siendo controvertido, con una tasa de fallas que puede llegar hasta el 40% y con ausencia de un “patrón de oro” de tratamiento. Tomando los novedosos conceptos sobre el potencial osteogénico de las células encontradas en la pseudoartrosis de escafoides de años de evolución, los alentadores resultados por los efectos del aumento de la vascularización por la descompresión metafisaria del radio y cúbito para el tratamiento de la enfermedad de Kienböck y las ventajas del mínimo trauma quirúrgico de las técnicas percutáneas y artroscópicas, es que planteamos la hipótesis de realizar en forma prospectiva el *Tratamiento Artroscópico de la Pseudoartrosis de Escafoides sin Injerto Óseo*. [T.A.S.E s. I.O] y evaluar si era una técnica factible.

Material y Método Se evaluaron 84 no uniones de escafoides tratados en forma prospectiva mediante T.A.S.E s. I. La edad promedio fue de 32.42 años. El miembro dominante se vio afectado en el 77,5. % de los casos (65 pacientes). El tiempo promedio desde ocurrida la lesión hasta la intervención quirúrgica, fue de 20,57 meses. Veinte tres de las fracturas fueron tratadas inicialmente en forma conservadora con yeso con un promedio de 6,3 semanas, 17 de las cuales vinieron con la inmovilización al momento de la consulta. Acorde a los estudios peri-operatorios, todos los pacientes fueron agrupados según la clasificación propuesta por los autores (MC & DF).

Resultados Se obtuvo la consolidación ósea en 77 casos (91,66%), la cual fue documentada mediante T.A.C. En 7 casos no se alcanzó, luego de 9 meses de evolución, y 4 requirieron un nuevo procedimiento quirúrgico. En las pseudoartrosis quísticas, el defecto óseo fue rellenado con crecimiento óseo nuevo, aún en aquellos casos en que el quiste excedía los 10 mm. El SPECT demostró en los casos realizados, un patrón singular documentando en cierta medida el efecto biológico de la descompresión metafisaria caracterizada por un aumento de la irrigación inespecífica sobre la columna radial. La escala visual analógica mostró un dolor

Palabras clave

- ▶ pseudoartrosis escafoides
- ▶ artroscopía de muñeca
- ▶ sin injerto óseo
- ▶ descompresión metafisaria

received
March 29, 2020
accepted
April 3, 2020

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712089>.
ISSN 1698-8396.

Copyright © 2020 Thieme Revinter
Publicações Ltda, Rio de Janeiro, Brazil

License terms



postoperatorio promedio de 1,04 (0 a 2). El rango funcional promedio postoperatorio fue de: extensión 65,3° (rango 46° a 88°), flexión de 69,2° (rango 55° a 88°), desviación radial 10,7° (rango 5 a 20°) y desviación cubital 26° (rango 20 a 37°). El promedio del escore de la Clínica Mayo arrojó una puntuación de 95±

Conclusión Se recomienda el Tratamiento Artroscópico de la Pseudoartrosis del Escafoides Sin Injerto Óseo como abordaje terapéutico para aquellos pacientes, jóvenes o de mediana edad, no fumadores, con falta de consolidación del escafoides, en la que previamente se ha excluido mediante la T.A.C, una excesiva esclerosis del foco o un fragmento proximal muy pequeño con una trama ósea inadecuada para la colocación de un tornillo que asegure una fijación interna estable y con presencia de petequiado hemorrágico en la evaluación artroscópica. Nuestra experiencia demostró ser una técnica reproducible y factible.

Nivel de evidencia IV

Abstract

Introduction Currently, the management of scaphoid pseudoarthrosis remains controversial, with a failure rate reaching up to 40% with the absence of a "gold standard" treatment. Taking innovative concepts about the potential of the cells found in the scaphoid pseudoarthrosis evolved over the years and its osteogenic capacity, the encouraging results from the effects of increased vascularization by metaphyseal decompression of the radius and ulna for the treatment of the disease of Kienböck and the advantages of minimal surgical trauma of percutaneous and arthroscopic techniques, therefore, we propose the hypothesis to prospectively perform Arthroscopic Treatment of Scaphoid Pseudoarthrosis without Bone Graft. [A.T.S without B. G]

Materials and Methods Eighty-four scaphoid non-union treated prospectively with A. T.S.without B.G were evaluated . The average age was 32.42 years old. The dominant member was affected at 77.5. % of the cases (65 patients). The average time from injury to surgical intervention was 20.57 months. Twenty-three of the fractures were initially treated conservatively with orthopedic cast with an average of 6.3weeks, 17 from which came with immobilization at the time of the consultation. According to the peri-operative studies, all of the patients were grouped according to the proposed classification by the authors (MC & DF).

Results Bone consolidation was obtained in 77 cases (91.66%), which was documented by CT- Scan. In 7 cases did not reach (bone consolidation), after 9 months of evolution, and 4 required a new surgical procedure. In cystic pseudoarthrosis, the bone defect was filled with the growth of new bone even in cases where the cyst exceeded 10 mm. SPECT demonstrated in the cases performed, a unique pattern documenting to some extent the biological effect of metaphyseal decompression characterized by increased of nonspecific irrigation on the radial column. The visual analog scale showed an average postoperative pain of 1.04 (0 to 2). The postoperative average functional range was: extension 65.3 ° (range 46° to 88 °), flexion 69.2 ° (range 55° to 88 °), radial deviation 10.7 ° (range 5 to 20 °) and deviation ulnar 26 ° (range 20 to 37 °). The average score of the Mayo Clinic gave a score of 95 ±

Conclusion Arthroscopic Treatment of Scaphoid Non-osteoarthritis Without Bone Graft is recommended as a therapeutic approach for those patients, young or middle-aged, non-smokers, with lack of scaphoid consolidation, with previous exclusion by CT-Scan , an excessive focus sclerosis or a very small proximal fragment with an inadequate bone fragment for the placement of a screw to ensure stable internal fixation and finding a hemorrhagic petechiae (Green's arthroscopic sign) in the Arthroscopic evaluation. Our experience proved to be a reproducible and feasible technique.

Level of Evidence IV

Keywords

- ▶ scaphoid pseudoarthrosis
- ▶ wrist arthroscopy
- ▶ without bone graft
- ▶ metaphyseal decompression

Introducción

Desde la primera descripción por Causin y Destot en 1895, las fracturas del escafoides se encuentran entre las fracturas más frecuentes de la mano, y representan el 70% de todas las fracturas del carpo y el 2 al 7% de todas las fracturas.¹ Más del 80% de los pacientes que presentan una fractura del escafoides son hombres jóvenes activos entre los 20 y 30 años² con alta demanda funcional, por lo cual esta afectación tiene repercusión socioeconómica importante.^{3,4}

Con el diagnóstico precoz y un tratamiento inicial adecuado, se obtiene la consolidación de la fractura sin complicaciones en la mayoría de los casos.^{3,5} Pero, frecuentemente, los retrasos en la detección precoz de la fractura, la falta de inmovilización temprana adecuada, las fracturas del polo proximal, las fracturas con desplazamiento mayor de 1 mm⁶ y/o la inestabilidad carpiana asociada se caracterizan por una capacidad de consolidación reducida.^{7,8} Además, el patrón de vascularización precaria^{6,9} y la compleja forma tridimensional articular del mismo^{10,11} pueden sumarse al desarrollo de retrasos en la consolidación o pseudoartrosis (que pueden llegar hasta 75% cuando el trazo se ubica en el polo proximal), y/o necrosis avascular. Los factores antes mencionados provocan que las fracturas del escafoides tengan la mayor tasa de incidencia de pseudoartrosis del cuerpo humano con porcentajes que pueden llegar a promediar el 55%.¹¹⁻¹³ Por otra parte, el escafoides tiene inserciones ligamentarias que representan un eslabón fundamental que gobierna la cinemática de la muñeca.^{14,15} Por lo tanto, la preservación de su anatomía y vascularización, son requisitos claves para la función normal de la mano y la muñeca.

A pesar de la gran cantidad de reportes publicados, el manejo de la pseudoartrosis del escafoides continúa siendo actualmente controversial, con una tasa de fallas alrededor del 25 al 40%, y con ausencia de un "patrón de oro" sobre el tipo de tratamiento a realizar,¹⁶ por lo que constituye un verdadero desafío, aún en manos de cirujanos experimentados. Dichas controversias radican en la falta de consenso sobre la definición de: necrosis avascular, retardo de consolidación, no unión, estatificación de la pseudoartrosis, y el tiempo y tipo de inmovilización postoperatoria. Por otro lado, Merrel G.A. y Col.¹⁷ sostienen que la obtención solamente de la consolidación del escafoides resulta en un parámetro insuficiente de tasa de éxito del tratamiento quirúrgico. Por lo tanto, la pregunta relevante no es si hay que tratarla, sino cual sería el mejor método de tratamiento de esta lesión.

Varios años atrás Slade J.F.^{3rd} y Dodds S.D.¹⁸ clasificaron a la pseudoartrosis del escafoides en seis grados basados en: - el ancho de la zona desvitalizada del foco de pseudoartrosis, las circunstancias que complican el proceso de curación, y la necesidad de mejoras estructurales o biológicas adicionales. Estos autores establecieron que la fijación interna mediante técnicas mini invasivas son suficientes y efectivas en aquellas fracturas donde hay: un retardo en la presentación, una unión fibrosa y/o una pseudoartrosis con esclerosis mínima, contraindicando este abordaje en estadios más avanzados especialmente con pérdidas del stock óseo y deformidad en

flexión tipo "humpback". Para estos estadios avanzados la decorticación por abordaje a cielo abierto y la utilización de un injerto trapezoidal en cuña anterior tipo Fisk-Fernández y la fijación interna estable obtiene con una tasa de curación de hasta un 90%.^{7,19}

La falta de una clasificación que permita identificar el tipo de no-unión a tratar, explica la variabilidad de resultados en la literatura y el tratamiento de grupos heterogéneos de pseudoartrosis con una misma técnica quirúrgica. La asistencia artroscópica en el tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides ha ganado popularidad en los últimos años debido al abordaje mínimamente invasivo para resolver esta situación. La visualización directa del foco y/o defecto pseudoartrosico y del estado vascular de ambos fragmentos del escafoides así como la valoración de las lesiones asociadas aporta información relevante para identificar el tipo de pseudoartrosis de escafoides a tratar. Esta información vital aportada por la artroscopia sumada a los hallazgos en estudios de evaluación tradicionales (Rx-T.A.CyR. N.M) han motivado a los autores (MC & DF) desarrollar una nueva clasificación con orientación terapéutica, de gran utilidad para determinar cuáles son las alternativas de manejo para la no-unión a tratar. (► **Figura 1**)

Finalmente, en base a los interesantes conceptos de Qu G y Von Schroeder H.P.²⁰, sobre la potencial capacidad osteogénica de las células del foco de pseudoartrosis de escafoides que pueden ser estimuladas por diversos factores osteo-inductores, los alentadores resultados por los efectos del aumento de la vascularización por la descompresión metafisaria del radio y cúbito para el tratamiento de la enfermedad de Kienböck reportados por Illaramendi y Col²¹ y las ventajas del mínimo trauma quirúrgico de las técnicas percutáneas y artroscópicas que respetan la vascularización y las conexiones ligamentarias, se inició el tratamiento de una serie de pacientes en forma prospectiva con la asistencia artroscópica de la pseudoartrosis de escafoides sin injerto óseo [T.A.S.E s. I.O] aún en casos avanzados, con deformidad en giba de varios años de evolución. Se evaluaron los resultados para determinar el límite de la indicación con ésta técnica, considerando a la consolidación como éxito del tratamiento y determinar si era una técnica factible.

Material y Métodos

En el período comprendido entre mayo del 2007 a diciembre del 2018 se evaluaron 84 pseudoartrosis de escafoides tratados por el autor (M.C) en forma prospectiva mediante fijación percutánea bajo asistencia artroscópica sin utilización de injerto óseo. Los datos fueron recogidos de la base de datos de la historia clínica informatizada del Hospital Universitario Austral (Sistema Pectra®) por especialistas del sector de Cirugía del Miembro Superior y el estudio fue aprobado por el comité académico institucional [CIE #17-021]. De los 84 pacientes, 69 pacientes fueron de sexo masculino y 15 femeninos. La edad promedio fue de 31.42 años (rango 12 -61). El lado derecho se afectó en 69 casos, y en 15, el lado comprometido fue el izquierdo. El miembro dominante se vio afectado en el 77,5% de los casos (65





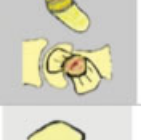

Estadios después de 8 meses		Descripción	Localización	Hallazgos artroscópicos	Artritis	Tratamiento recomendado
	Estadio I	No unión sin deformidad Esclerosis mínima (< 1 mm) Interposición de tejido fibroso Estable	Polo distal Cintura Polo proximal	Antiguo sitio de fractura Posible atenuación del ligamento escafo-	No hay	Tornillo de fijación Abierto o percutáneo Sin injerto óseo
	Estadio II	No unión quística sin deformación Esclerosis mínima (< 3 mm) Defecto óseo no mayor de 3 mm (medido en la tomografía computarizada) Estable	Cintura Polo proximal	Antiguo sitio de fractura Área quística no visible Anormalidades/atenuación del ligamento escafo-semilunar	No hay	Tornillo de fijación Abierto o percutáneo Sin injerto óseo
	Estadio III	No-unión prolongada sin deformidad Aumento de la esclerosis Defecto óseo más grande (3-10 mm) (medido en la tomografía computarizada) Inestable	Cintura Polo proximal	Defecto óseo visible Fibrosis hipertrófica Anormalidades del ligamento escafo-semilunar Posible condromalacia en hueso grande Puntos de sangrado en la superficie	Los cambios degenerativos son mínimos o ausentes Cambios radiocarpianos	
	Estadio IV	Defecto óseo más grande (> 10 mm) Aumento de la esclerosis Posible fragmento distal del desplazamiento radial Deformidad en "humpback" Inestable	Cintura	Defecto óseo visible Tejido sinovial interpuesto y esclerosis Anormalidades del ligamento escafo-semilunar Condromalacia en hueso grande Puntos de sangrado en la superficie	Cambios moderados en articulación radioescafoidea y escafoides	Desbridamiento de sitio de no unión Corrección de deformidad en "humpback" Tornillo de fijación +/- aumento con clavijas de Kirschner (8-10 semanas) "Descompresión central"
	Estadio Va	No-unión prolongada +/- defecto óseo Esclerosis severa y colapso marcado de la deformidad Inestable	Polo distal Cintura Polo proximal	Ídem Estadio IV, pero con escasos puntos de sangrado en el fragmento proximal	Cambios degenerativos en articulación radioescafoidea y escafoides	Desbridamiento de sitio de no unión Corrección de deformidad Tornillo rígido de fijación Artroscopia Compresa de injerto óseo o injerto de cuña volar convencional +/- estiloidectomía radial
	Estadio Vb	Esclerosis +/- fragmentación del polo proximal Se sospecha necrosis avascular (aumento de la radiodensidad en el polo proximal, sin trabéculas convergentes en la tomografía computarizada)	Polo proximal	Necrosis +/- fragmentación ósea Anormalidades/atenuación del ligamento escafo-semilunar Ausencia completa de puntos de sangrado en fragmentos proximales	Raramente presente / Cambios en el borde dorsal del radio	Injerto de hueso pediculado vascularizado/reemplazo de injerto condilar osteocondral/salvamento (carpectomía de fila proximal [PRC], fusión de las cuatro esquinas [4CF], reemplazo protésico)

Fig. 1 Clasificación Propuesta de Pseudoartrosis de Escafoides .Caloia M. & Fernández D.

pacientes). El tiempo promedio, desde ocurrida la lesión hasta la intervención quirúrgica fue de 20,57 meses (rango 3-108 meses). En 66 pacientes la fractura se había producido durante la práctica deportiva (fútbol, roller, tenis, polo, motocross, rugby, karting), 8 pacientes durante actividad de la vida diaria-laboral (escalera, propia altura), y 10 pacientes no recordaban exactamente el momento de la lesión. Veintitres de las fracturas fueron tratadas inicialmente con inmovilización enyesada en un yeso antebraquio-digital con un promedio 6,3 semanas (rango 4 a 12), 17 de las cuales ya venían con la inmovilización al momento de la consulta, 56 pacientes no habían recibido nunca tratamiento, de los cuales 10 eran del grupo que no tenía identificado el día exacto de la lesión. En dos pacientes el diagnóstico se realizó concomitantemente con una fractura del IV y I metacarpiano respectivamente, ambos referían dolor ocasional previo de muñeca ante esfuerzos máximos. Estos pacientes también fueron incluidos en el grupo de estudio y fueron tratados en forma simultánea: la fractura mediante fijación interna con placa de 2,3 mm mediante procedimiento a cielo abierto, y la pseudoartrosis del escafoide mediante la técnica en estudio. El resto de los pacientes fueron errores de diagnóstico y/o de consulta tardía. Seis de los pacientes eran fumadores al momento

del tratamiento²² y 19 pacientes tomaban ocasionalmente antiinflamatorios no esteroideos cuando el dolor se exacerbaba sobre la tabaquera anatómica, generalmente con los esfuerzos y o transmisión de carga, desviación radial y extensión. En este grupo, tres pacientes poseían al momento del tratamiento un patrón predictivo degenerativo de muñeca S.N.A.C grado I y II,²³ 2 y 1 respectivamente. La muñeca afectada de todos los pacientes fueron evaluadas mediante los siguientes estudios:

- Proyecciones radiográficas específicas para escafoides: Frente en proyección Postero-Anterior (PA), Perfil estricto, Frente en PA con desviación cubital máxima, y Oblicuas en pronación y supinación,
- Tomografía Axial Computadas con Reconstrucción Helicoidal con cortes realizados cada 1 mm en el eje del escafoide, utilizando los cortes sagitales y coronales, para determinar el grado de reabsorción ósea, la cuantificación en las formas quísticas, el grado de colapso si lo hubiese y el espesor de los bordes esclerosos del foco pseudoartrosico como así también la geometría del fragmento proximal.^{24,25}
- Resonancia Nuclear Magnética simple: en los casos de sospecha de necrosis ósea avascular por aumento de la







Clasificación Integral de No Unión de Escafoides					
Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo Va	Tipo Vb
					
7 (8,33 %)	14 (16,66%)	23 (27,38%)	30 (35,71%)	10 (11,9%)	0 (0%)

Fig. 2 Número de casos según la nueva clasificación.

densidad en las evaluaciones radiológicas de rutina y en pseudoartrosis proximales o del polo proximal.

d) Artroscopia de muñeca: en todos los casos para definir el foco de pseudoartrosis, la presencia de petequiados hemorrágicos en ambos extremos, las lesiones ligamentarias y del cartílago coexistentes.

Clasificación

Basados en los hallazgos con los métodos de diagnóstico empleados de los casos evaluados, y en conceptos previos publicados por otros autores como T. Herbert (1984), Alnot (1988) y Slade (2011), dos de los autores (MC & DF) proponen una nueva y detallada clasificación mediante la cual fueron agrupados los pacientes. (►Figura 2). Esta clasificación define a la no unión como falta de consolidación luego de 8 meses, incluye 5 tipos de no unión y sugiere el tratamiento recomendado para cada estadio.

Evaluación Pre-Operatoria: Se realizó evaluación funcional en forma sistemática en el preoperatorio, el rango de movilidad previo promedio fue de 53,5° extensión (rango 46-89°), 55,7° flexión (rango 53-87°), 10,5° desviación radial (rango 5-20°) y 20,8° desviación cubital (rango 20-36°). La fuerza de puño medida con el dinamómetro de Jamar® (Sammons Preston, Bolingbrook, IL) fue del 68% del lado contralateral y el dolor pre-existente con la escala V.A.S dio un promedio de 4,8 (rango 3-6).

Técnica Quirúrgica:

Todo el procedimiento quirúrgico fue realizado bajo anestesia pleural eco-asistida en forma ambulatoria. Se utilizó manguito hemostático a 250 mm Hg. con expresión suave del miembro con el objetivo de valorizar el petequiados hemorrágico en los casos más avanzados. En los casos de dudas sobre la viabilidad del polo proximal se liberó luego del tratamiento del foco pseudoartrosico y se valorizó mediante artroscopia el sangrado de ambos fragmentos. Se realizó en primera instancia la artroscopia de muñeca con el objetivo de completar la estadificación del tipo de pseudoartrosis del escafoides, documentar las lesiones asociadas co-existentes incluyendo las lesiones condrales del cartílago articular y haciendo principal hincapié en el complejo ligamentario

escafo-semilunar. En líneas generales, la visualización radiocarpiana ayuda a determinar lesiones asociadas, y valorar la lesión de la porción dorsal del cartílago de la estiloides radial, frecuentemente alterada en los casos de muñeca S.N.A.C, y la mediocarpiana permite la evaluación de la integridad del ligamento escafo-semilunar, los daños del cartílago de la articulación mediocarpiana como así también la geometría del polo proximal. Las lesiones halladas fueron clasificadas y tratadas simultáneamente acorde a los criterios previamente publicados.²⁶ Para ello se utilizó la torre de distracción de Geissler- Slade (Acumed®, Beaverton, OR, USA) o Terry-Whipple (Conmed Linvante® Corporation, Largo, FL) con una tracción de 15 libras (4.5-5 kg.), video artroscópico con ópticas de 2,4 -2,7 mm de 30° (Karl Storz®, Germany), y se realizaron los portales 3-4, 6R, Mediocarpiano radial (MR), Mediocarpiano Cubital (MC), en forma rutinaria, y un portal Accesorio Mediocarpiano Radial en los casos de necesidad de valorización de la viabilidad del polo proximal y el curetaje y/o fresado del mismo. Con la óptica en el portal MC se valorizó el foco de pseudoartrosis, el grado de compromiso del ligamento escafo-semilunar, y las alteraciones del cartílago del hueso grande, pero principalmente las características del foco pseudoartrosico y la integridad de la cubierta cartilaginosa del escafoides. En los estadios tempranos (estadios I-II-III) se observa el foco de no unión como una línea de clivaje en la superficie articular del escafoides con una interposición fibrosa proporcional al estadio, corroborando el pasaje del fluido sinovial a través del foco de fractura, como una de las causas patognomónicas de la no unión, y con francos cambios en el cartílago de la superficie articular del escafoides. La firmeza del foco debe evaluarse mediante un gancho palpador a través del portal MCR; muchas veces dicha estabilidad explica la falta de síntomas de algunos pacientes. En los casos de la presencia de fibrosis y/o movilidad del foco (estadios IV) es necesario realizar un desbridamiento del foco mediante un sinoviótomo motorizado de 2,0 y burr de 2,9mm introducido por el mismo portal hasta lecho sangrante. Una vez corroborada la alineación, se procede bajo control por intensificador de imágenes a realizar la osteosíntesis en forma anterógrada. Para ello utilizamos la técnica modificada, descrita por Slade III J. y col. priorizando realizar: -mini abordaje dorsal para evitar

el daño tendinoso, -colocación de un abboath n° 16 utilizado como cánula que ayuda para la colocación de la fina clavija guía en el verdadero eje del escafoides tratando de optimizar la mayor longitud del mismo, teniendo en cuenta la forma del fragmento proximal observado en los cortes tomográficos, principalmente en las pseudoartrosis proximales y así obtener la mayor rigidez del montaje posible, Mediante el intensificador de imágenes se intenta conseguirla imagen en "V"²⁷ del polo proximal del escafoides en la proyección postero-anterior con la muñeca en ligera flexión y desviación cubital localizando el punto de entrada en el vértice de la "V". Una vez colocada la clavija en la bisectriz de esa "V" se retira por volar y se realiza un nuevo control colocando lo muñeca en semi-supinación con el antebrazo ligeramente levantado para observar la llamada "línea de oro" en el 1/3 medio del verdadero eje del escafoides,²⁸ pasos cruciales de la técnica percutánea, -posteriormente se vuelve a pasar la clavija de volar a dorsal y se realiza la colocación de una clavija anti-rotatoria en forma paralela a la anterior permitiendo el acceso a la fresa canulada, -se realiza la medición y el fresado manual según la técnica original, y la osteosíntesis con un tornillo canulado, que preferimos de ser posible, el Acutrak mini de 3,5 mm (Acumed®, Hillsbro, OR, USA) por presentar mayor rigidez del montaje. En los estadios más avanzados de pseudoartrosis, con mayor inestabilidad del foco, con colapso y deformidad en "humpback" (Estadios IV y ciertos Va) y desviación dorsal del semilunar (DISI-aumento del ángulo grande semilunar $\geq 30^\circ$) utilizamos una cureta curva delicada de 3 mm para limpiar el foco, ayudado por sinoviótomo motorizado de 2,0 y/o 2,9 mm eliminando el tejido fibroso y de esta manera obtener una buena visualización de la superficies del foco y una buena movilidad de los fragmentos que ayude a la reducción de los mismos. En presencia de bordes esclerosos, se realizan perforaciones previas mediante clavijas de Kirschner completando con fresa de burr 2,9 mm hasta ver puntos hemorrágicos en ambos extremos, siendo este signo artroscópico un requisito fundamental para la técnica descripta. Un portal accesorio al MCR, o bien el desarrollo de un portal escafo-trapezio-trapezoide (STT) puede ser útil para la visualización del fragmento proximal. La corrección de la deformidad se puede ver facilitada por las siguientes medidas agregadas a las descriptas con anterioridad: -flexión pasiva de la muñeca para restaurar el ángulo radio-lunar, y fijación temporaria del semilunar con un clavo de kirschner de 1,0 mm pasado a través del radio. La reducción de la deformidad en giba del escafoides se realiza una vez retirada la clavija por volar, mediante extensión, desviación cubital e hiper-supinación se puede deflexión al escafoides y reducir el fragmento distal. En pseudoartrosis de localización distal, con gran inestabilidad del fragmento del polo distal resulta de gran ayuda la utilización de clavos de kirschner de 1,0 mm a manera de "joystick" para la reducción del mismo. Debido a que no utilizamos injerto óseo, en pseudoartrosis quísticas con pérdida del stock óseo entre 2 a 10 mm y/o colapso en flexión utilizamos una clavija transfixiante transitoria por 6-8 semanas (como método adyuvante para lograr mayor estabilidad del foco pseudoartrosico) del escafoides al hueso grande para inmovilizar la articulación mediocarpiana, y en pseudoartrosis

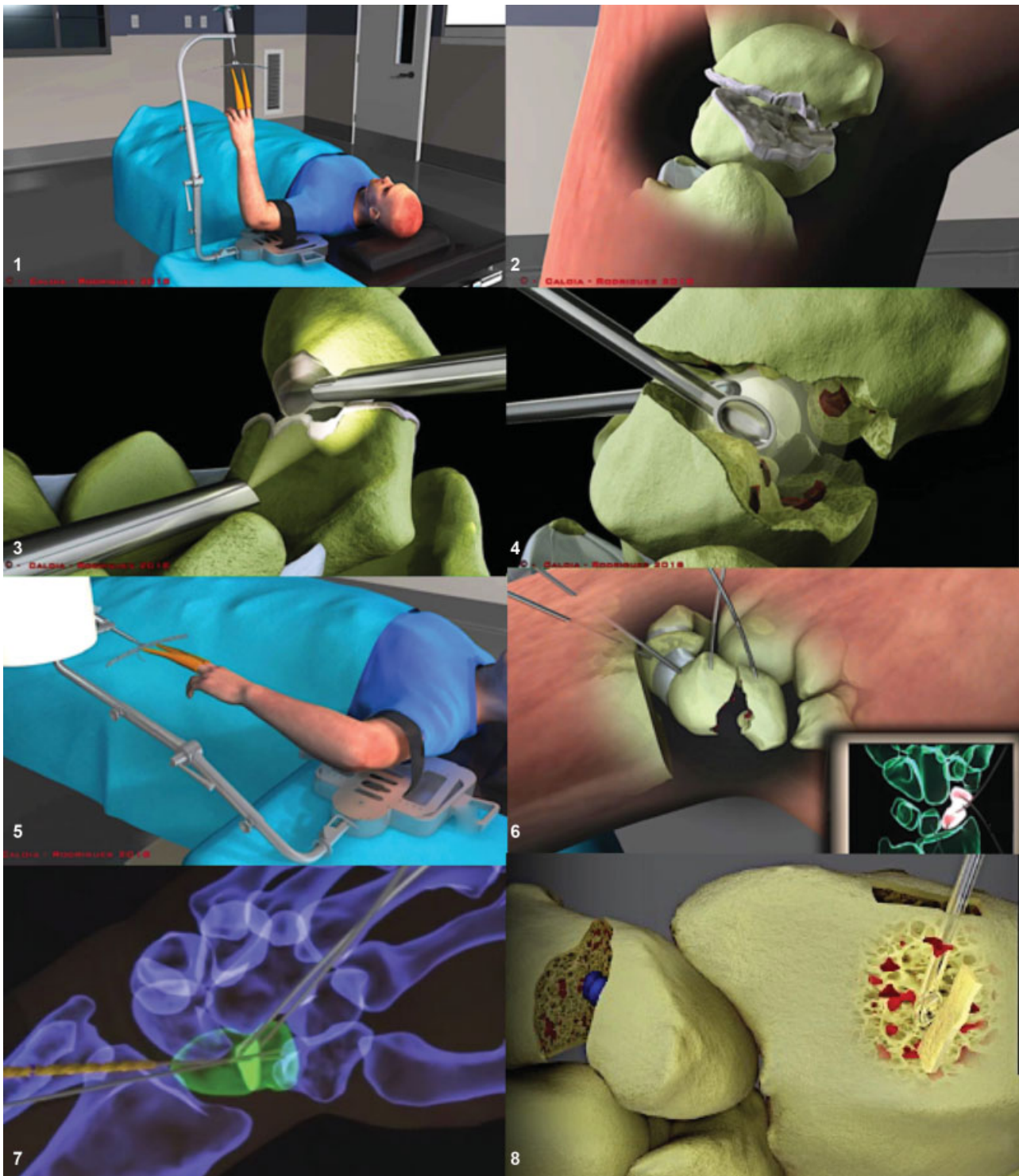
muy proximales agregamos una clavija similar del escafoides al semilunar para obtener una mayor fijación la articulación escafo-semilunar. Posteriormente, en estos estadios avanzados, para culminar el procedimiento realizamos la descompresión metafisaria según la técnica de Illarramendi y Col.²¹ a la que modificamos realizando por la misma vía que la técnica original pero solo en la epífisis distal del radio. (**Esquema I de la técnica quirúrgica: pasos claves 1-8**). Las lesiones ligamentarias asociadas fueron tratadas simultáneamente acorde a la clasificación de Geissler et al.²⁹

Postoperatorio: se inmoviliza al paciente durante 6 semanas mediante una férula de yeso antebraquio-digital con inclusión del pulgar para luego pasar a férula removible hasta la consolidación. En este período se permite comenzar con ejercicios de flexo/extensión suaves y progresivos mediante un programa de rehabilitación habitual, no permitiendo deporte de contacto y/o actividad de esfuerzo hasta obtenida la consolidación. Los pacientes fueron monitoreados con evaluaciones radiográficas la primera, tercera, sexta semana y luego mensualmente hasta la consolidación. La unión ósea se corrobora en todos los casos mediante estudios tomográficos y se considera el alta cuando se observa puentes óseos en el 50% del escafoides en el plano sagital. El tiempo exacto de consolidación ósea no fue registrado.

Con el objetivo de poder determinar el efecto biológico coadyuvante de la descompresión metafisaria del radio, en todos los pacientes con estadios avanzados de pseudoartrosis (Estadio Va), en grado IV con necrosis avascular del polo proximal se solicitó un Centellograma con tecnecio 99 con SPECT - Pin Hole. Este estudio se basa en la detección de radioisótopos, y obtiene registros de imágenes en la fase temprana y tardía para detectar el paso a través del tejido blando y la captación ósea, y al cual se puede asociar con una Tomografía Computada para tener mejor información funcional y anatómica. Los pacientes tuvieron un seguimiento promedio de 52,34 meses (rango 24 a 120 meses). Finalmente, la función global de la muñeca fue evaluada mediante la confección del score modificado de la Clínica Mayo. Dicho score califica en una escala de 0 a 100, donde 100 representa la función normal de la muñeca y se basa en las calificaciones individuales de dolor (25 puntos), rango de movilidad (25 puntos), la fuerza de presión (25 puntos), y el estado funcional (25 puntos).

Resultados

Acorde a la clasificación propuesta fueron tratados: 7 pacientes Estadio I (8,33%), 14 pacientes Estadio II (16,66%), 23 pacientes Estadio III (27,38%), 30 pacientes Estadio IV (35,71%), y 10 pacientes Estadio Va (11,9%). No hubo casos Grado Vb. En 25 casos la R.N.M. simple, evidenció cambios de señales del polo proximal del escafoides que fueron interpretados como necrosis del polo proximal con la siguiente distribución, estadio II 5 casos, estadio III 8 casos, Estadio IV 2 casos y finalmente estadio Va 10 casos. Estos hallazgos no fueron correlacionados con anatomía patológica. La tomografía axial computada evidenció un desplazamiento y deformidad en flexión en 44 casos. La artroscopia reveló la existencia de



Esquema 1 Técnica Quirúrgica: [secuencia de técnica quirúrgica en 3D.

lesiones asociadas coexistentes con la siguiente distribución:
 -Lesión del ligamento escafo-semilunar grado I de Geissler en 11 casos, 18 casos con grado II, 12 casos con grado III. En 2 pacientes se evidenció una lesión del C.F.C.T tipo ID y 4 pacientes tipo IB de Palmer que se trató mediante desbridamiento,³⁰ en 14 pacientes se evidenció un patrón de lesión condral constante del hueso grande a nivel de la articulación medio-carpiana, en la cara articular con el hueso escafoides, grado III (8 casos) y IV (6 casos) de la clasificación de Outerbridge. En 79 pacientes se

utilizó un tornillo canulado auto compresivo con modalidad Acutrak, (Acumed®, Hillsbro, OR, USA) (59 mini, 15 standard, y un 6 micro) y en cinco pacientes tornillos canulados autocompresivos doble rosca (Twin Fix® Stryker y New Clips®). Los pacientes tuvieron un seguimiento promedio de 52, 34 meses (rango 24 a 120 meses). En 77 (91,66%) pacientes se obtuvo la consolidación de la pseudoartrosis, la cual fue documentada mediante controles tomográficos. En las pseudoartrosis quísticas, el defecto óseo fue rellenado con

crecimiento óseo nuevo, aún en aquellos casos en que el quiste excedía los 10 mm. La escala visual analógica mostró un dolor postoperatorio promedio de 1,04 (0 a 2). El rango funcional promedio postoperatorio fue de: extensión 65,3^o (rango 46 a 88^o), flexión de 69,2^o (rango 55 a 88^o), desviación radial 10,7^o (rango 5 a 20^o) y desviación cubital 26^o (rango 20 a 37^o). El promedio del score de la Clínica Mayo arrojó una puntuación de 95 ± 6.

En siete pacientes (8,33%) no se logró la consolidación ósea luego de 9 meses de evolución y 4 pacientes requirieron un nuevo procedimiento quirúrgico. De este grupo solo un paciente tenía molestias leves ante los esfuerzos y la decisión de re intervención fue por los hallazgos imagenológicos. Todos eran no uniones del cuerpo del escafoides, 2 casos en estadios IV y dos casos en estadio Va. De estos 4 pacientes 2 tenían antecedentes de fumadores, en dos casos las pseudoartrosis eran de larga data (60 y 108 meses respectivamente) y se caracterizaban por el hallazgo tomográfico de bordes esclerosos prominentes. En uno de ellos, (estadio Va) no fue franca, la identificación del petequiado hemorrágico, y en el otro caso se constató una posición inadecuada del tornillo no coincidente con el eje central del escafoides y fuera de la disposición geométrica del fragmento proximal de la pseudoartrosis. La reintervención fue realizada mediante cirugía mini invasiva similar a la descrita, pero con el agregado de injerto óseo esponjoso del radio distal en el foco, por vía percutánea mediante trefina³¹ bajo asistencia artroscópica y recolocación de un nuevo tornillo canulado agregando aumentación del montaje mediante clavija transitoria del polo distal del escafoides a la articulación medio-carpiana por 6 a 8 semanas, obteniendo el éxito en dos pacientes. (Caso Clínico: ► **Figura 3 A-F**)

Discusión

El tratamiento de la fractura del escafoides sigue siendo un problema no resuelto, representa un gran impacto económico³² y con un porcentaje de no consolidación que asciende entre el 10 a 13% de todos los casos.^{33,34} El escafoides carpiano constituye un hueso de difícil abordaje terapéutico y ha intriguado a varias generaciones de cirujanos de mano.³⁵ Su forma, alineación y tamaño reducido, hacen que la evaluación a través de los estudios por imágenes sea difícil. Tradicionalmente las *pseudoartrosis sintomáticas* han sido clásicamente tratadas con *fijación interna más injerto óseo autólogo*. Sin embargo la consolidación ósea no está garantizada, principalmente en fumadores.²²⁻³⁶

En los estadios iniciales de la pseudoartrosis del escafoides sin reabsorción ósea sustancial, sin colapso apreciable de la arquitectura del escafoides y sin signos subjetivos de necrosis del polo proximal (*Estadios I-II*), la *cirugía mini-invasiva* ofrece resultados predecibles y alentadores, altos porcentajes de consolidación *sin la necesidad de utilización de injerto óseo* con la consecuente dificultad técnica, prolongación del tiempo quirúrgico y la morbilidad que ello implica. La *unión fibrosa* de las fracturas del escafoides (Estadio I) se debe a que el proceso de curación es detenido en

sus primeras etapas, por micro-movimientos y la falta de estabilidad mecánica del foco.³⁷ La estabilización del foco es suficiente para que el proceso continúe y se obtenga la consolidación. La pseudoartrosis con esclerosis mínima (*Estadios II – III*) son similares a las uniones fibrosas y sólo requieren compresión y fijación rígida para la curación. Cosio y Camp³⁸ demostraron que estabilizando estas pseudoartrosis con *múltiples agujas de Kirschner*, lograron consolidación sólida en el 77% de sus casos sin reparación abierta o injerto óseo. **Los resultados obtenidos con la técnica propuesta para los grados menos avanzados (Estadios I-II-III) son similares a los reportados recientemente por otros autores.**^{23,39-44} Los interesantes estudios in vitro de Qu G. y Von Schroeder H.P,²⁰ han determinado que las células provenientes del sitio de la superficie de no unión y de la zona cartilaginosa del escafoides de más de una década de evolución pueden ser nuevamente estimuladas por proteína morfogénica ósea 2 (BMP2) para el desarrollo de osteoblastos funcionales que podrían producir hueso y contribuir a la curación. Este concepto inspiró al autor (MC)⁴² en reflejar que existe en las células del foco pseudoartrótico, una capacidad potencial para que puedan ser estimuladas por factores que promuevan la diferenciación celular y la osteogénesis vital y necesaria que, junto con la fijación interna compresiva y estabilizadora del foco favorezcan la consolidación. Finalmente, los efectos biológicos generados por ciertas técnicas que producen una agresión en el radio como: -los aportes de Illarramendi y col.²¹ sobre la descompresión metafisaria del radio en el tratamiento de la necrosis avascular del semilunar, y -los aportes de Monreal R.⁴⁵ mediante las osteotomías de cierre del radio distal para el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides, fueron utilizados como coadyuvantes, para extender la indicación de tratamiento con la técnica propuesta, a estadios más avanzados con gran defectos óseo y/o con colapso en flexión (Estadio III,IV Va). En los casos que se utilizó el SPECT, se registró un patrón constante de aumento de la perfusión vascular de toda la columna radial. Este comportamiento del organismo en respuesta a la agresión sobre la metafisis del radio, provocaría *un aumento de la vascularización* en la región,^{42,46} permitiendo conjeturar al autor, que el beneficio no fuera solamente por el aporte vascular, sino también, por la liberación de diversos *factores de crecimiento no identificados*, capaces de estimular las células del foco pseudoartrótico para su diferenciación osteoblástica, favoreciendo así la osteogénesis necesaria para la formación ósea con la obtención de la consolidación.

Los procedimientos abiertos pueden afectar el limitado aporte vascular del escafoides⁴⁷ y dañar los ligamentos palmares radiocarpianos de la muñeca,⁴⁸ y la consecuente pérdida de la correcta alineación del carpo. Por otro lado, en comparación con la exposición abierta que proporciona una visión limitada, la artroscopia ofrece una mejor evaluación detallada del escafoides y permite determinar el tipo de pseudoartrosis: estable-inestable, su estatus vascular y la calidad de la reducción. De los resultados obtenidos,^{42,49} y a diferencia de otras publicaciones,^{28,50,51} el autor puede



Fig. 3 (A) Paciente masculino de 25 años con pseudoartrosis del cuerpo del escafoides derecho de 3 años de evolución Estadio IV Clasificación Propuesta: reabsorción y deformidad en flexión con desalineación del carpo. (B) Secuencia Quirúrgica: Tratamiento artroscópico del foco de pseudoartrosis, liberación tejido sinovial interpuesto y tejido fibroso. Luego de la liberación del foco pseudoartrotrósico, corrección del DISI del semilunar y del “Humpback” del escafoides. Hallazgos artroscópicos: Lesión del cartilago del hueso Grande grado IV de Outerbridge. Sangrado del polo proximal luego de la suelta del manguito hemostático. (C) Post operatorio de 8 semanas de evolución. Spect de Muñeca : Aumento de la perfusión vascular y tisular en radio distal, escafoides, trapecio y trapezoide. Evolución radiológica con signos de consolidación y regeneración ósea a nivel del gap. (D) Evolución radiológica y tomográfica a los 1,5 años. PA, vista lateral y corte sagital de TAC : preservación de la alineación y el relleno del defecto con regeneración ósea. Rango de movimiento funcional en flexión-extensión. (E) Evolución radiológica a los 4 años de seguimiento. PA y Vista lateral que muestra el mantenimiento de la alineación y la longitud del escafoides carpiano. Signos de la descompresión metafisaria. (F) Rango funcional de movimiento a los 7 años.

concluir que:- el tiempo de evolución de la lesión, -la fijación interna estable, y -el petequiado hemorrágico observado intra-operatoriamente, son *factores determinantes* para la consolidación, *independientemente* del gap o la deformidad en flexión del escafoides para la indicación de la técnica descrita. Por lo tanto, existe un gran número de no uniones de escafoides en estadio avanzado, que **no necesitarían injerto óseo** para la consolidación.

También se puede concluir, que los estudios imagenológicos utilizados habitualmente para la evaluación preoperatoria *no son predictivos* del tipo de pseudoartrosis a tratar, y es aquí, donde la *artroscopia* juega un **rol diagnóstico**

relevante en la estaficación que permite al cirujano optar por la mejor opción. Finalmente, la asistencia artroscópica ofrece, en este caso, *ventajas potenciales adicionales*:

- a) Evaluar en forma *magnificada* la vitalidad de ambos fragmentos del escafoides.
- b) *Diagnosticar y tratar lesiones asociadas* simultáneas, como las lesiones del ligamento escafo-semilunar, que explican porque en ciertas fracturas existe mayor micro-movilidad del foco y evolucionan a la pseudoartrosis, (14,28% de los pacientes presentaron lesiones del ligamento escafo-semilunar grado III Geissler).

c) Determinar la estabilidad de la fijación especialmente en aquellos grados avanzados con defectos óseos importantes y poder así determinar si es necesario *augmentar* la fijación del montaje con una clavija de Kirchner transitoria desde el polo distal del escafoides al hueso grande o al semilunar dependiendo la topografía del defecto del escafoide.

d) Explicar el desarrollo de *muñecas dolorosas*, aún, habiendo conseguido la consolidación, debido a las frecuentes lesiones osteocondrales halladas en el hueso grande especialmente en estadios avanzados de la afección.

e) Precisa evaluación de la *reducción del foco de no unión* y/o,

f) Correcta colocación del implante, en un *ambiente biológico favorable* para la consolidación, con mínimo trauma quirúrgico sobre la arquitectura de los ligamentos y/o la precaria vascularización del escafoides.

Finalmente pensamos (MC & DF) que la clasificación propuesta ofrece un enfoque racional y completo basado en los antecedentes del paciente, el estado anatómico-patológico, la información aportada por los estudios por imágenes y la artroscopia para definir finalmente el tratamiento.

Por otro lado, es importante destacar que, el trabajo presentado, ofrece debilidades: el tamaño muestral, el tiempo exacto de la consolidación, la falta de randomización y/o comparación con un grupo control, la falta de identificación de los verdaderos factores o moduladores de la osteogénesis actuantes en el foco pseudoartrosico, y el reconocimiento de que la técnica exige una habilidad quirúrgica apropiada. No obstante, la originalidad en un tema tan controvertido y el resultado de algunas reciente publicaciones^{42,44,46,51} genera una apertura a una futura línea de investigación. Los resultados altamente alentadores, las bondades de la cirugía mini invasiva y los beneficios de la asistencia artroscópica son resaltados como fortalezas de la técnica, destacando que no invalida la utilización de otras técnicas ulteriores necesarias ante el fracaso de la misma cumpliendo con el aforismo de “not burn bridges”.

Conclusión

En base al porcentaje de éxitos de la serie presentada, se recomienda el *Tratamiento Artroscópico de la Pseudoartrosis del Escafoides Sin Injerto Óseo*, como una alternativa factible de abordaje terapéutico para aquellos pacientes jóvenes o de mediana edad, no fumadores, sin cirugías de muñeca previa, con falta de consolidación del escafoides. Previamente, se debe excluir mediante la T.A.C, una excesiva esclerosis, un fragmento proximal muy pequeño o con inadecuada trama ósea para la colocación de un tornillo que asegura una fijación interna estable y además una ausencia/o escaso petequiado hemorrágico del foco en la evaluación artroscópica. La descompresión metafisaria del radio distal, produce una respuesta de hipervascularización constante en la columna radial de la muñeca.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Quisiera dejar explícito un especial agradecimiento al Dr. Juan Andrés Pinzón, “fellow” del equipo de Cirugía del Miembro Superior del Hospital Austral, por su colaboración en la evaluación de las historias clínicas de los pacientes tratados, como así también al Prof. Dr. Diego L. Fernández por sus enseñanzas, que estimularon al autor a la búsqueda de nuevas técnicas en el manejo de una patología tan desafiante como es la pseudoartrosis del escafoides carpiano.

Bibliografía

- Hackney LA, Dodds SD. Assessment of scaphoid fracture healing. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2011;4(01):16–22
- Hove LM. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1999;33(04):423–426
- Bond CD, Shin AY, McBride MT, Dao KD. Percutaneous screw fixation or cast immobilization for nondisplaced scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83(04):483–488
- Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL. Fractures of the scaphoid: a rational approach to management. *Clin Orthop Relat Res* 1980; (149):90–97
- Szabo RM, Manske D. Displaced fractures of the scaphoid. *Clin Orthop Relat Res* 1988;(230):30–38
- Taleisnik J, Kelly PJ. The extraosseous and intraosseous blood supply of the scaphoid bone. *J Bone Joint Surg Am* 1966;48(06): 1125–1137
- 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(01):36–41
- Herbert TJ, Fisher WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66(01): 114–123
- Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg Am* 1980;5(05):508–513
- Jupiter JB, Shin AY, Trumble TE, Fernandez DL. Traumatic and reconstructive problems of the scaphoid. *Instr Course Lect* 2001; 50:105–122
- Berger RA. The anatomy of the scaphoid. *Hand Clin* 2001;17(04): 525–532
- Schuind F, Haentjens P, Van Innis F, Vander Maren C, Garcia-Elias M, Sennwald G. Prognostic factors in the treatment of carpal scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am* 1999;24(04):761–776
- Inoue G, Shionoya K, Kuwahata Y. Herbert screw fixation for scaphoid nonunions. An analysis of factors influencing outcome. *Clin Orthop Relat Res* 1997;(343):99–106
- Berger RA, Crowninshield RD, Flatt AE. The three-dimensional rotational behaviors of the carpal bones. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(167):303–310
- Short WH, Werner FW, Fortino MD, Mann KA. Analysis of the kinematics of the scaphoid and lunate in the intact wrist joint. *Hand Clin* 1997;13(01):93–108
- Barton NJ. Experience with scaphoid grafting. *J Hand Surg [Br]* 1997;22(02):153–160
- Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF III. Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta-analysis of the literature. *J Hand Surg Am* 2002;27(04):685–691
- Slade JF III, Dodds SD. Minimally invasive management of scaphoid nonunions. *Clin Orthop Relat Res* 2006;445(445): 108–119

- 19 Fernández DL. Anterior bone grafting and conventional lag screw fixation to treat scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am* 1990;15(01):140-147
- 20 Qu G, von Schroeder HP. The osteogenic potential of pseudoarthrosis tissue and bone from human scaphoid nonunions. *J Hand Surg Eur Vol* 2008;33(04):449-456
- 21 Illarramendi AA, Schulz C, De Carli P. The surgical treatment of Kienböck's disease by radius and ulna metaphyseal core decompression. *J Hand Surg Am* 2001;26(02):252-260
- 22 Little CP, Burston BJ, Hopkinson-Woolley J, Burge P. Failure of surgery for scaphoid non-union is associated with smoking. *J Hand Surg [Br]* 2006;31(03):252-255
- 23 Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am* 1987;12(04):514-519
- 24 Bain GI, Bennett JD, Richards RS, Slethaug GP, Roth JH. Longitudinal computed tomography of the scaphoid: a new technique. *Skeletal Radiol* 1995;24(04):271-273
- 25 Sanders WE. Evaluation of the humpback scaphoid by computed tomography in the longitudinal axial plane of the scaphoid. *J Hand Surg Am* 1988;13(02):182-187
- 26 Caloia MF, Gallino RN, Caloia H, Rivarola H. Incidence of ligamentous and other injuries associated with scaphoid fractures during arthroscopically assisted reduction and percutaneous fixation. *Arthroscopy* 2008;24(07):754-759
- 27 Caloia M. La mano y muñeca del deportista de alto y bajo rendimiento" tema fractura de escafoides, Comunicación Oral 47° Congreso Argentino de Ortopedia y Traumatología, Bs. As., Diciembre 2010
- 28 Wong WY, Ho PC. Minimal invasive management of scaphoid fractures: from fresh to nonunion. *Hand Clin* 2011;27(03):291-307
- 29 Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, McIntyre LW, Whipple TL. Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78(03):357-365
- 30 Palmer AK. Triangular fibrocartilage disorders: injury patterns and treatment. *Arthroscopy* 1990;6(02):125-132
- 31 Slade JF III, Gillon T. Retrospective review of 234 scaphoid fractures and nonunions treated with arthroscopy for union and complications. *Scand J Surg* 2008;97(04):280-289
- 32 Buijze GA, Jørgsholm P, Thomsen NO, Bjorkman A, Besjakov J, Ring D. Diagnostic performance of radiographs and computed tomography for displacement and instability of acute scaphoid waist fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(21):1967-1974
- 33 Dias JJ, Brenkel IJ, Finlay DB. Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(02):307-310
- 34 Düppe H, Johnell O, Lundborg G, Karlsson M, Redlund-Johnell I. Long-term results of fracture of the scaphoid. A follow-up study of more than thirty years. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76(02):249-252
- 35 Dias JJ. Definition of union after acute fracture and surgery for fracture nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]* 2001;26(04):321-325
- 36 Dinah AF, Vickers RH. Smoking increases failure rate of operation for established non-union of the scaphoid bone. *Int Orthop* 2007;31(04):503-505
- 37 Haddad FS, Goddard NJ. Acute percutaneous scaphoid fixation. A pilot study. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80(01):95-99
- 38 Cosio MQ, Camp RA. Percutaneous pinning of symptomatic scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am* 1986;11(03):350-355
- 39 Merrell G, Slade J. Technique for percutaneous fixation of displaced and nondisplaced acute scaphoid fractures and select nonunions. *J Hand Surg Am* 2008;33(06):966-973
- 40 Shah J, Jones WA. Factors affecting the outcome in 50 cases of scaphoid nonunion treated with Herbert screw fixation. *J Hand Surg [Br]* 1998;23(05):680-685
- 41 Wozasek GE, Moser KD. Percutaneous screw fixation for fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(01):138-142
- 42 Martín F. Caloia, Hugo F. Caloia, Diego González Scotti, Diego L. Fernández. Arthroscopic Treatment of Scaphoid Nonunion without Bone Graft and Distal Radius Decompression. *Hand* 2016;11(Suppl 1):111S-112S. Article first published online: September 26, 2016
- 43 Dedeoğlu SS, İmren Y, Çabuk H, Tekin AC, Türe YC, Gürbüz H. Results of percutaneous fixation and distal radius core decompression in scaphoid waist non-unions treated without grafting. *Hand Surg Rehabil* 2018;37(01):43-47
- 44 Liu B, Wu F, Ng CY. Wrist arthroscopy for the treatment of scaphoid delayed or nonunions and judging the need for bone grafting. *J Hand Surg Eur Vol* 2019;44(06):594-599. Doi: 10.1177/1753193419841253
- 45 Monreal R. Treatment of scaphoid nonunions with closed-wedge osteotomy of the distal radius: Report of six cases. *Hand (N Y)* 2008;3(02):91-95
- 46 Rellan I, Gallucci GL, Boretto JG, Donndorff AG, Zaidenberg EE, De Carli P. Metaphyseal Core Decompression and Anterograde Fixation for Scaphoid Proximal Pole Fracture Nonunion without Avascular Necrosis. *J Wrist Surg* 2019;8(05):416-422. Doi: 10.1055/s-0039-1692472
- 47 Botte MJ, Mortensen WW, Gelberman RH, Rhoades CE, Gellman H. Internal vascularity of the scaphoid in cadavers after insertion of the Herbert screw. *J Hand Surg Am* 1988;13(02):216-220
- 48 Garcia-Elias M, Vall A, Salo JM, Lluch AL. Carpal alignment after different surgical approaches to the scaphoid: a comparative study. *J Hand Surg Am* 1988;13(04):604-612
- 49 Oral Communications during XX FEESH Congress – EWAS Session A-0742 - Arthroscopic Management of Scaphoid Nonunion without Bone Graft - Martín F. Caloia (Argentina). Milan, Italy 17-20 June 2015
- 50 Joseph F. Slade III; Andrew P. Gutow, William B. Geissler, Percutaneous Internal Fixation of Scaphoid Fractures via an Arthroscopically Assisted Dorsal Approach *J Bone Joint Surg. Am* 2002;84:S21-S36
- 51 Mahmoud M, Koptan W. Percutaneous screw fixation without bone grafting for established scaphoid nonunion with substantial bone loss. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(07):932-936
- 52 Taleisnik J, Kelly PJ. The extraosseous and intraosseous blood supply of the scaphoid bone. *J Bone Joint Surg Am* 1966;48(06):1125-1137