

## Tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides mediante injertos óseos vascularizados

L. Aguilera Fernández

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de la Ribera. Alzira. Valencia

Correspondencia:

L. Aguilera Fernández

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de la Ribera. Alzira. Valencia

(luis.aguilera@comv.es)

### Introducción

En la actualidad podemos contestar a muchas preguntas sobre la pseudoartrosis del escafoides, si bien tenemos que admitir que algunas de ellas son incompletas y otras están en proceso de revisión. Con todo, el balance de las aportaciones hechas al tema en los últimos veinte años invita al optimismo. A modo de ejemplo, conocemos mejor los factores que conducen a la falta de consolidación de las fracturas del escafoides<sup>1</sup>, tenemos información sobre la evolución natural de la pseudoartrosis<sup>2-7</sup>, disponemos de clasificaciones que orientan el tratamiento<sup>8-9</sup> y podemos diagnosticar con mayor precisión la viabilidad vascular del fragmento proximal<sup>10</sup>. En este terreno de los estudios de imagen, la utilización de la resonancia magnética potenciada con contraste de gadolinio ha supuesto un notable avance respecto al estudio estándar, aportando superior sensibilidad y especificidad en la valoración de la vascularización.

El tratamiento quirúrgico de la pseudoartrosis del escafoides también ha evolucionado de forma notable. Inicialmente, el objetivo era únicamente obtener la consolidación y el método para conseguirlo, el aporte de injerto óseo acompañado de una prolongada inmovilización. La técnica denominada Matti-Russe ha sido durante años la más utilizada<sup>11-16</sup>, aunque con resultados satisfactorios limitados a los casos con buena vascularización y que no afectaran al tercio proximal. En una segunda etapa reciente, se ha pasado a reconocer la necesidad de reconstruir la anatomía del escafoides, además de obtener la consolidación. La difusión de nuevos métodos de osteosíntesis, con especial mención del tornillo de Herbert<sup>17</sup>, ha facilitado este doble objetivo, permitiendo la fijación estable de injertos cortico-esponjosos tallados a medida de la deformidad que se pretende corregir<sup>18-21</sup>.

La situación actual del tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides, en líneas generales, es satisfactoria pero, ¿qué hacer con los casos en los que se ha realizado correctamente una técnica convencional y no han consolidado?, o ¿qué podemos ofrecer a los casos con una necrosis avascular del fragmento proximal?. El presente trabajo pretende contribuir a contestar estas cuestiones.

### Utilidad de los injertos óseos vascularizados

Cuando colocamos un autoinjerto esponjoso o cortico-esponjoso convencional para estimular la consolidación de un foco de pseudoartrosis, únicamente se mantienen viables por difusión un mínimo porcentaje de células, muriendo la mayoría de ellas<sup>22</sup>. En presencia de un lecho sano, la incorporación del injerto es un proceso que se inicia de forma precoz hacia la tercera semana<sup>23</sup> y que se prolonga durante un periodo de duración variable, denominado "creeping substitution"<sup>24</sup>, hasta conseguir la completa sustitución del hueso necrótico por hueso vivo. Si las condiciones vasculares del lecho son deficientes, la contribución del injerto al proceso de consolidación puede quedar truncada.

Un injerto óseo vascularizado (IOV), bien se trate de un pediculado o de una transferencia microvascular libre, mantiene la viabilidad celular de forma proporcional a la calidad de su flujo vascular, no precisando atravesar el proceso de "creeping substitution"<sup>25</sup>. Al mantener su integridad estructural y su viabilidad celular, puede producirse la consolidación ósea primaria. Existe evidencia experimental y clínica confirmando la ventaja biológica de los IOV en diversas situaciones, respecto a los autoinjertos convencionales no vascularizados<sup>26-29</sup>.

En lo que respecta a la pseudoartrosis del escafoides, la aportación de los IOV sería aumentar el porcentaje de consolidaciones y acortar el periodo habitual de los casos normales. Más interesante aún, podrían ser utilizados en entornos desfavorables como son los casos ya intervenidos o con necrosis avascular del polo proximal.

Se han propuesto diversos tipos de IOV para el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides y, aunque ha sido descrita la transferencia microvascular libre de hueso de cresta iliaca<sup>30</sup>, la mayoría de autores utilizan injertos pediculados. El pedículo vascular puede obtenerse de la inserción del pronador cuadrado<sup>31-34</sup>, de la arteria carpiana palmar<sup>35-37</sup>, de la arteria cubital<sup>38</sup>, de la arteria intermetacarpiana del primer o segundo espacio dorsal<sup>39-42</sup>, o de la primera arteria septal del dorso del radio<sup>43-44</sup>.

Nosotros tenemos experiencia con la arteria carpiana palmar y con la primera arteria septal del dorso del radio<sup>45</sup>. Dado

que ésta última es la que ofrece mayores posibilidades, nos centraremos en este tipo de IOV en el resto del trabajo.

### Bases anatómicas y experimentales de los injertos óseos vascularizados del dorso del radio

Fue Zaidemberg, en 1991<sup>44</sup>, el primer autor que describió un IOV pediculado del dorso del radio. Realizando un estudio sobre 20 muñecas de cadáver, comprobó la presencia constante de una rama retrógrada de la arteria radial en la zona dorso-radial del radio distal, que podía ser elevada con una porción de hueso subyacente, e incluso con una isla cutánea, para monitorizar su permeabilidad. Zaidemberg la denominó rama irrigadora ascendente de la arteria radial y presentó los resultados de su utilización en 11 casos de pseudoartrosis.

Este nuevo IOV despertó un gran interés y comenzó a extenderse su utilización, desplazando a otros tipos de injerto pediculado descritos para el escafoides. Sin duda alguna, el grupo de trabajo que más a contribuido a su difusión es el de la Clínica Mayo, con Bishop al frente<sup>43,46-53</sup>. Mediante una serie de trabajos anatómicos y experimentales, han dado a conocer las posibilidades de este IOV y han estimulado su uso.

La anatomía vascular del dorso del radio distal ha quedado satisfactoriamente sistematizada con el trabajo de Sheetz<sup>47</sup>. Las principales fuentes de flujo sanguíneo en este area son la arteria radial y la división posterior de la arteria interósea anterior. De estas arterias surgen cuatro ramas potencialmente utilizables para IOV pediculados. Dos de estos vasos son superficiales al retináculo extensor (suprarretinaculares) y se encuentran entre el 1º-2º compartimento extensor y el 2º-3º compartimento extensor respectivamente (intercompartimentales). Los otros dos vasos son profundos al retináculo extensor y se encuentran en el suelo del 4º y del 5º compartimento extensor respectivamente (compartimentales).

La arteria utilizada por Zaidemberg, denominada por él arteria irrigadora ascendente de la arteria radial, es la descrita por el grupo de la Mayo como arteria intercompartimental suprarretinacular 1,2 (AICSR 1,2). En un trabajo posterior<sup>54</sup>,

Zaidemberg pasa a denominarla primera arteria septal del dorso, término que nosotros utilizamos habitualmente, con el que será mencionada en el resto del presente trabajo.

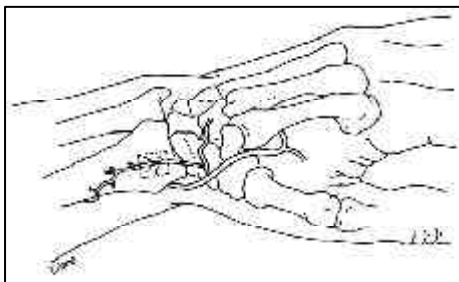
La primera arteria septal del dorso del radio se origina de la arteria radial, aproximadamente a 5 cm de la articulación radio-carpiana. Discurre por el dorso del radio, pasando por encima del primer tabique que separa el 1º y 2º compartimento extensor, y se anastomosa nuevamente con la arteria radial en la tabaquera anatómica (Figura 1). En su trabajo de disección sobre 35 muñecas de cadáver, Sheetz observó que esta arteria estaba presente en el 94% de los casos, con un diámetro interno medio de 0,3 mm. Durante su trayecto por el dorso del radio emite una media de 3,2 arterias nutricias a una distancia media de 15 mm de la articulación radio-carpiana.

A pesar del limitado arco de rotación que permite obtener, la proximidad de la primera arteria septal con el escafoides la hace muy adecuada para ser utilizada como pedículo de un IOV. La desconexión arterial se hace proximal, con lo que el IOV obtenido es de flujo retrógrado (Figura 2).

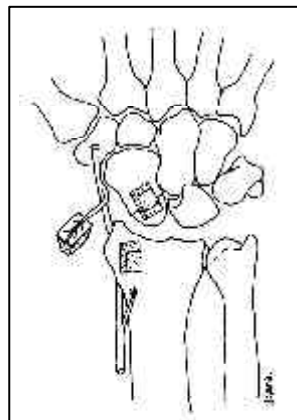
La validación experimental del uso clínico de los IOV pediculados del dorso del radio, la ha efectuado el grupo de trabajo de Bishop mediante estudios en las patas delanteras de perros, que presentan una anatomía vascular similar a la humana<sup>52</sup>. Se cuantificó el flujo sanguíneo del injerto pediculado y del radio normal contralateral en el momento de la cirugía y a las dos semanas. Se observó que el flujo sanguíneo inmediato era del 50% en el injerto pediculado respecto al hueso no alterado, pero al cabo de dos semanas, se producía una respuesta hiperémica que aumentaba el flujo cuatro veces, doblando al del hueso normal<sup>53</sup>.

En la misma línea experimental, se crearon pseudoartrosis bilaterales de escafoides con el fragmento proximal avascular, que fueron tratadas con un injerto óseo convencional en un lado y un injerto vascularizado en el contralateral. Tras el sacrificio a las 6-8 semanas, se comprobó que el 73% de los injertos vascularizados había consolidado, mientras que ninguno de los injertos óseos convencionales lo había conseguido. También los estudios de flujo sanguíneo y de histomorfometría del fragmento proximal, previamente necrótico, mostraron resultados superiores en los injertos vascularizados<sup>53</sup>.

**Figura 1.** Esquema del trayecto de la primera arteria septal del dorso del radio



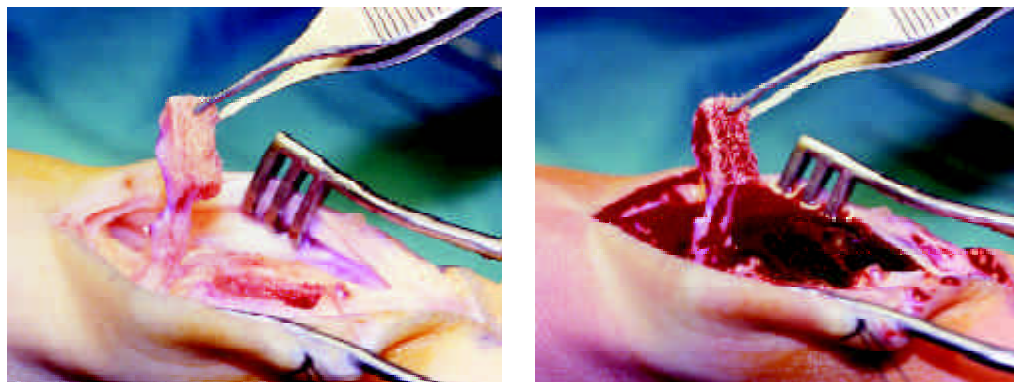
**Figura 2.** Esquema de la obtención del IOV pediculado con la primera arteria septal



**Figura 3.** Exposición de la zona donante del IOV, tras la apertura del 1º y 2º compartimento extensor



**Figura 4.** Aspecto del IOV con su pedículo, antes (a) y después (b) de aflojar el manguito de isquemia.



### Indicaciones

El IOV pediculado con la primera arteria septal del dorso tiene su indicación de elección en las pseudoartrosis del escafoides con un fragmento proximal que presente necrosis avascular y en las pseudoartrosis con fracaso previo de técnicas convencionales<sup>49</sup>. También constituye una buena opción primaria en las pseudoartrosis que afectan al tercio proximal, aunque no exista necrosis avascular.

Nosotros hemos utilizado este IOV en algunos casos de pseudoartrosis del tercio medio e incluso del tercio distal con buen resultado<sup>45</sup>, aunque hemos dejado de considerarlo como primera opción a menos que exista necrosis avascular. En estas localizaciones, con buena vascularización, un injerto convencional es suficiente.

En la pseudoartrosis del tercio medio, si ya se ha producido una reabsorción del foco, con acortamiento y deformidad en flexión del escafoides, no pensamos que deba indicarse el IOV dorsal.

### Técnica quirúrgica

La técnica quirúrgica del IOV pediculado con la primera arteria septal del dorso del radio no es particularmente difícil, estando recogida de forma detallada en diversos trabajos<sup>48,55</sup>. Para facilitar la localización de la arteria, no utilizamos venda de Esmarch antes de activar el manguito de isquemia.

Se practica una incisión oblicua sobre el escafoides en el dorso de la muñeca, siguiendo el trayecto del EPL. Nosotros encontramos útil hacer la incisión en V, con el vértice en el tubérculo de Lister, un brazo siguiendo el EPL hasta la articulación trapecio-metacarpiana y otro brazo más corto dirigiéndose en sentido radial-proximal. La primera estructura a identificar y proteger es el nervio radial superficial, a este nivel ya ramificado. La primera arteria septal suele ser fácilmente visible por encima del retináculo extensor, entre el primero y segundo compartimento. Una referencia útil es la gran vena dorsal del pulgar, cuyo trayecto se sitúa por encima de la arteria que nos interesa.

A continuación se dibuja con rotulador la zona donante de injerto, con un tamaño de 1,5 x 1 cm, cuyo centro debe situarse a 1,5 cm de la articulación radio-carpiana. Se abren el pri-

mero y el segundo compartimento extensor, y se rechazan los tendones del APL, EPB y ECRL para facilitar la exposición (Figura 3). La primera arteria septal puede ser seguida en su trayecto hacia la arteria radial, aunque la disección es mejor diferirla hasta la elevación del injerto. La apertura de la cápsula articular se efectúa mediante una incisión transversa, próxima

al borde del radio. Se examina la pseudoartrosis y se elimina el tejido de interposición entre los fragmentos, pasando a preparar el lecho receptor del injerto en el escafoides. Este lecho lo elaboramos habitualmente con escoplos finos al principio y con fresas de precisión para el acabado, dándole la forma de un sarcófago rectangular en el eje longitudinal del escafoides. Durante la elaboración del lecho, se puede apreciar ya el estado vascular del fragmento proximal, aunque posteriormente se valora mejor al aflojar el manguito de isquemia.

Una vez preparado el escafoides, se procede a levantar el injerto pediculado. El primer paso es la desconexión proximal de la primera arteria septal, coagulándola con un bipolar. Con escoplos finos se practican las osteotomías radial, cubital y proximal manteniendo una dirección perpendicular al hueso, mientras que la osteotomía distal, delicada por el riesgo de dañar el pedículo, la efectuamos de forma oblicua. Completadas las osteotomías, se levanta el injerto cuidadosamente, manteniendo la bisagra perióstica distal. La disección del pedículo vascular se efectúa de forma subperióstica hasta la estiloides, conservando una bandeleta de tejido para protegerlo. A partir de la estiloides, se prosigue la disección hacia la arteria radial, deteniéndonos cuando consideramos suficiente el arco de rotación para llegar al escafoides. En este momento conviene aflojar la isquemia para comprobar la calidad del sangrado del injerto óseo (Figura 4 a y b).

El injerto es pasado por debajo del ECRL para alcanzar el foco de pseudoartrosis. Normalmente se precisa de un remodelado con gubia para su adaptación en el lecho receptor. Los huecos que puedan quedar se rellenan con injerto de esponjosa del radio. Si queda firmemente encastrado, podemos prescindir de la osteosíntesis, pero lo más frecuente es asegurar su estabilidad con algún método de fijación interna. No somos partidarios de utilizar tornillos. Preferimos una aguja de Kirschner, que colocamos bajo visión directa de proximal a distal, ensartando el injerto, y retirándola distalmente hasta que observamos en el intensificador de imágenes que no sobresale del fragmento proximal. La cápsula articular puede ser suturada tras comprobar que no comprime el pedículo vascular. El tiempo quirúrgico habitualmente empleado para esta técnica oscila entre los 90 y los 110 minutos en nuestra experiencia.

El protocolo postoperatorio que seguimos es colocar una férula de yeso antebraquio-palmar, con bloqueo del pulgar, durante 6 semanas. Al cabo de este periodo, retiramos la aguja

**Figura 5.** Pseudoartrosis de escafoides con necrosis avascular del fragmento proximal (a), en la que se ha obtenido la consolidación con la técnica del IOV del dorso del radio (b). En un posterior estudio mediante resonancia magnética con gadolinio se puede comprobar la completa revascularización del fragmento proximal (c)



de Kirschner y colocamos una férula de yeso similar, efectuando controles radiológicos cada 2-4 semanas hasta obtener la consolidación.

## Resultados

Disponemos actualmente de un número creciente de publicaciones de series de pseudoartrosis del escafoides tratadas con injertos vascularizados. Dado que se han utilizado diversos tipos de IOV en estas series, el número de casos disponibles para cada técnica resulta limitado. El IOV pediculado con la primera arteria septal del dorso del radio está siendo el más difundido y el que permite una mejor comparación de los resultados de la literatura.

Zaidemberg<sup>44</sup>, en su descripción inicial de la técnica, presenta los resultados de su utilización en 11 casos de pseudoartrosis de larga evolución, 5 de ellos intervenidos previamente con la técnica de Matti-Russe. Obtiene la consolidación de todos los casos en un periodo medio de 6,2 semanas. El rango medio de flexo-extensión postoperatoria ha sido de 130°. El grupo de la Mayo ha publicado extensamente sobre este IOV, pero hasta ahora únicamente ha comunicado los resultados de sus primeros 15 casos de pseudoartrosis tratados con la técnica<sup>43,50,51</sup>. En esta serie, 5 pacientes habían sido intervenidos previamente con un injerto convencional y 6 presentaban una necrosis avascular del fragmento proximal. Obtienen la consolidación de todos los casos en un periodo medio de 11 semanas. La flexo-extensión postoperatoria media ha sido de 90° en el 80% de los pacientes. Se puede apreciar una notable discrepancia en el periodo de consolidación de ambas series, que probablemente radica en la utilización de distintos criterios de valoración de la curación de la pseudoartrosis y en el número indeterminado de casos con necrosis de la serie de Zaidemberg. No obstante, el porcentaje de éxitos de consolidación en ambas series es del 100%.

La serie publicada por Boyer<sup>56</sup> no ofrece unos resultados tan optimistas. Presenta 10 casos de pseudoartrosis con necrosis del polo proximal, en los que el IOV del dorso del radio consigue la consolidación de únicamente 6 de ellos. Es significativo que los 4 casos no consolidados habían sido intervenidos previamente con un injerto convencional. Comunica también un nivel de insatisfacción elevado en sus pacientes, incluso en los

que obtienen la consolidación, relacionado con la pérdida de movilidad de la muñeca. A pesar de estos resultados, el IOV del dorso del radio ha seguido ganando popularidad y en trabajos posteriores<sup>57,58</sup> vuelven a presentarse porcentajes de consolidación del 100%. La serie de Uerpaiojkit<sup>57</sup> consta de 10 casos de pseudoartrosis, 5 de ellos con necrosis avascular, aunque ninguno de ellos con intervención previa. Utilizan un doble abordaje, volar y dorsal, para corregir la deformidad en flexión de algunas pseudoartrosis. La consolidación de todos sus casos la obtienen en un periodo medio de 6,5 semanas. Malizos<sup>58</sup> reporta los resultados de 22 casos de pseudoartrosis, 4 de ellos con tratamiento quirúrgico previo y 7 con necrosis avascular. Obtiene la consolidación de todos sus casos entre las 6 y 12 semanas.

La publicación reciente de una serie de 22 casos intervenidos en centros distintos por dos cirujanos de la mano experimentados<sup>59</sup> ha vuelto a sembrar dudas sobre la eficacia de este IOV en la pseudoartrosis del escafoides, especialmente en los casos con necrosis avascular. Únicamente 2 de sus 16 casos con necrosis avascular han consolidado y el porcentaje global de curación es del 27%. Aún aceptando que utilizan un criterio estricto de valoración de la consolidación, sus malos resultados no dejan de ser sorprendentes y sus críticas a la técnica del IOV con la primera arteria septal merecen ser tenidas en consideración.

En la actualidad nuestra experiencia en el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides con el IOV del dorso del radio es de 19 casos. Los resultados de una serie inicial de 10 casos, en los que se utilizaron dos tipos de IOV, han sido ya publicados<sup>45</sup>, obteniendo la consolidación de todos ellos. En esta primera serie únicamente dos casos presentaban necrosis avascular. El porcentaje de casos con necrosis en nuestra serie ha aumentado notablemente, ya que nuestro criterio actual de indicación del IOV dorsal es el que se ha manifestado en este trabajo (Figura 5 a, b y c). Los resultados siguen siendo satisfactorios, con un único caso que no ha consolidado. Una de nuestras preocupaciones es conseguir una mejor movilidad postoperatoria. La mayor disección que exige esta técnica y la conexión cicatricial que se establece entre los diversos planos de deslizamiento, parece favorecer este hecho. Pensamos que la depuración de la técnica quirúrgica nos debe conducir a un acortamiento del periodo de inmovilización y por tanto a una mejor funcionalidad final.

## Bibliografía

1. Günel I, Barton N, Çalli I. Current management of scaphoid fractures. Twenty questions answered. London: RSM Press, 2002;55-60.
2. García-Eliás M, Vidal A, Salvador E, Casas J. Historia natural de la pseudoartrosis del escafoides carpiano y de la disociación escafolunar. Estudio comparativo. *Rev Ortop Traum* 1993; 37 (supl 1):71-7.
3. Kozin SH. Incidence, mechanism, and natural history of scaphoid fractures. *Hand Clin* 2001; 17:515-24.
4. Lindström G, Nyström A. Natural history of scaphoid non-union, with special reference to "asymptomatic" cases. *J Hand Surg* 1992;17B:697-700.
5. Lluch A. Concepto de muñeca SNAC: Scaphoid Non-union Advanced Collapse. *Rev Ortop Traum* 1998; 42(supl 1): 33-8.
6. Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH, et al. The natural history of scaphoid non-union. *J Bone Joint Surg* 1984; 66A: 504-9.
7. Ruby LK, Stinson J, Belsky MR. The natural history of scaphoid non-union: A review of 55 cases. *J Bone Joint Surg* 1985; 67A: 428-32.
8. Alnot JY. Symposium sur les fractures et pseudarthroses du scaphoïde carpien. Les différents stades de pseudarthrose. *Rev Chir Orthop* 1988;74:714-7.
9. Filan SL, Herbert TJ. Herbert screw fixation of scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg* 1996;78-B:519-29.
10. Cerezal L, Abascal F, Canga A, García-Valtuille R, Bustamante M, Del Piñal F. Usefulness of gadolinium-enhanced MR imaging in the evaluation of the vascularity of scaphoid nonunions. *AJR* 2000;174:141-9.
11. Ayala H, Redín JM, Sola R. Pseudoartrosis de escafoides carpiano. Criterios actuales de tratamiento. *Rev Ortop Traumatol* 1993; 37 (supl 1):61-70.
12. Delgado AD, Díaz A, Sánchez V. Seudoartrosis del escafoides carpiano tratados mediante la técnica de Matti-Russe. Resultados a medio plazo. *Avances Traumatol* 1995;25:29-32.
13. Gracia I, Lizaur A, Andrés JM. Pseudoartrosis del escafoides carpiano tratadas mediante la técnica de Matti-Russe. *Rev Ortop Traumatol* 1997;41:338-43.
14. Hernández C, Martín MA, Vega A, De Miguel A, Candau E, Sánchez MM. Seudoartrosis de escafoides carpiano. Resultados del tratamiento quirúrgico. *Avances Traumatol* 1996;26:123-30.
15. López MI, Bosch M, Henríquez A. La pseudoartrosis de escafoides carpiano. Revisión de 49 casos. *Avances Traumatol* 1994;24:13-21.
16. Ruiz A, Lluch A, Gimeno F. Tratamiento de las pseudoartrosis de escafoides carpiano con injerto óseo y agujas de Kirschner. *Rev Ortop Traumatol* 1991;35:337-40.
17. Herbert TJ, Fisher WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg* 1984;66B:114-23.
18. Fernández DL. A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability. *J Hand Surg* 1984; 9A:733-7.
19. Fisk GR. Overview of wrist injuries. *Clin Orthop* 1980;149:137-43.
20. Junyent E, García-López A, Molina M, Pérez MJ, Pereiro J, López-Durán L. Tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides mediante injerto óseo anterior e injerto óseo intercalado. Resultados con las dos técnicas quirúrgicas. *Rev Ortop Traumatol* 2002;46:305-10.
21. Mir X, Froufe MA, Llusá M, Nardi J, Navarro A. Tratamiento quirúrgico de la pseudoartrosis del escafoides mediante injerto óseo corticoesponjoso y fijación con tornillo de Herbert. *Rev Ortop Traumatol* 1994;38 (supl 2):40-4.
22. Heslop BF, Zeiss IM, Nisbet NW. Studies on transference of bone. A comparison of autologous and homologous bone implants with reference to osteocyte survival, osteogenesis and host reaction. *Br J Exp Pathol* 1960;41:269-87.
23. Siegert JJ, Wood MB. Blood flow evaluation of vascularized bone transfers in a canine model. *J Orthop Res* 1990;8:291-6.
24. Plemister DB. The fate of transplanted bone and regenerative powers of its various constituents. *Surg Gynecol Obstet* 1914; 19:303.
25. Moran CG, Wood MB. Vascularized autograft healing. En: Wood MB, Gilbert A, eds. *Microvascular Bone Reconstruction*. London: Martin Dunitz, 1997;37-9.
26. DeBoer HH, Wood MB. Bone changes in the vascularized fibular graft. *J Bone Joint Surg* 1989;71B:374-8.
27. Haw CS, O'Brien BM, Kurata T. The microsurgical revascularization of resected segments of tibia in the dog. *J Bone Joint Surg* 1978;60B:266-9.
28. Shafer JW, Field GA, Goldberg VM, Davy DT. Fate of vascularized and nonvascularized autografts. *Clin Orthop* 1985;197:32-43.
29. Zdeblick TA, Shaffer JW, Field GA. The healing of canine vascularized segmental osteotomies: the effect of retained endosteal circulation. *Clin Orthop* 1988;236:296-302.
30. Gabl M, Reinhart C, Lutz M, Bodner G, Rudish A, Hussl H, Pechlaner S. Vascularized bone graft from the iliac crest for the treatment of non-union of the proximal part of the scaphoid with an avascular fragment. *J Bone Joint Surg* 1999;81A:1414-28.
31. Alcocer L, Pérez-España F, Galván F, Irisarri C. Tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides carpiano por injerto pediculado del radio. *Avances Traumatol* 1976;6:11-31.
32. Judet R, Roy-Camille R, Guillaumon JL. Traitement de la pseudoarthrose du scaphoïde carpien par le greffon pédiculé. *Rev Chir Orthop* 1972;58:699-705.
33. Lee JC, Lim J, Chacha PB. The anatomical basis of the vascularized pronator quadratus pedicled bone graft. *J Hand Surg* 1997;22B:644-6.
34. Leung PC, Hung LK. Use of pronator quadratus bone flap in bony reconstruction around the wrist. *J Hand Surg* 1990;15A: 637-40.
35. 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* 1987;12B:203-10.
36. Kuhlmann JN, Baux S, Fahed I, Mimoun M. Fracturas del escafoides. Complicaciones tardías. *Rev Esp Cir Mano* 1996; 23:37-48.
37. Mathoulin C, Haerle M. Vascularized bone graft from the palmar carpal artery for treatment of scaphoid non-union. *J Hand Surg* 1998;23B:318-23.
38. Guimberteau JC, Panconi B. Recalcitrant non-union of the scaphoid treated with a vascularized bone graft based on the ulnar artery. *J Bone Joint Surg* 1990;72A:88-97.
39. Khan K, Riaz M, Small JO. The use of the second dorsal metacarpal artery for vascularized bone graft. An anatomical study. *J Hand Surg* 1998;23B:308-10.
40. Lara JS, Garnica I, Giraldo F, De Grado J, Rus JA. Tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides con injerto óseo metacarpiano vascularizado en la primera arteria intermetacarpiana dorsal. *Rev Esp Cir Mano* 1997;24:51-8.
41. Mathoulin C, Brunelli F. Further experience with the index metacarpal vvascularized bone graft. *J Hand Surg* 1998;23B: 311-7.
42. Yucertuk A, Isiklar ZU, Tuncay C, Tandogan R. Treatment of scaphoid nonunions with a vascularized bone graft based on the first dorsal metacarpal artery. *J Hand Surg* 1997;22B:425-7.
43. Bishop AT. Vascularized pedicled grafts from the dorsal distal radius: design and application for carpal pathology. En Saffar P, Amadio PC, Foucher G, eds. *Current Practice in Hand Surgery*. London: Martin Dunitz, 1997;307-13.
44. Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg* 1991;16A: 474-8.

45. Aguilera L, Fargueta I, Blasco C, Domínguez JL. Injertos óseos vascularizados en el tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides. *Rev Ortop Traumatol* 2002;46:311-6.
46. Bishop AT. Vascularized bone grafting. En Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, eds. *Operative Hand Surgery*. New York: Churchill Livingstone, 1999;1221-50.
47. Sheetz KK, Bishop AT, Berger RA. The arterial blood supply of the distal radius and ulna and its potential use in vascularized pedicled bone grafts. *J Hand Surg* 1995;20A:902-14.
48. Shin AY, Bishop AT, Berger RA. Vascularized pedicled bone grafts for disorders of the carpus. *Tech Hand Upper Extrem Surg* 1998; 2:94-109.
49. Shin AY, Bishop AT. Vascularized bone grafts for scaphoid nonunion and Kienböck disease. *Orthop Clin North Am* 2001;32:267-81.
50. Shin AY, Bishop AT. Injertos óseos vascularizados pediculados en las alteraciones del carpo: ausencia de consolidación del escafoides y enfermedad de Kienböck. *J Am Acad Orthop Surg* (Ed Esp) 2002;1:276-82.
51. Steinmann SP, Bishop AT. A vascularized bone graft for repair of scaphoid nonunion. *Hand Clin* 2001; 17: 647-53.
52. Tu Y, Bishop AT, Kato T, Adams ML, Wood MD. Experimental carpal reverse-flow pedicled vascularized bone grafts. Part I: The anatomical basis of vascularized pedicle bone grafts based on the canine distal radius and ulna. *J Hand Surg* 2000;25A: 34-45.
53. Tu Y, Bishop AT, Kato T, Adams ML, Wood MD. Experimental carpal reverse-flow pedicled vascularized bone grafts. Part II: Bone blood flow measurement by radioactive-labeled microspheres in a canine model. *J Hand Surg* 2000;25A:46-54.
54. Zaidenberg C. Vascularized bone graft for scaphoid non-union. En Saffar P, Amadio PC, Foucher G, eds. *Current Practice in Hand Surgery*. London: Martin Dunitz, 1997;323-8.
55. López-Graña G, Beredjikian PK, Weiland AJ. Vascularized bone grafting for scaphoid non-union. *Tech Hand Upper Extrem Surg* 1999;3:105-9.
56. Boyer MI, Von Schroeder HP, Axelrod TS. Scaphoid non-union with avascular necrosis of the proximal pole. Treatment with a vascularized bone graft from the dorsum of the distal radius. *J Hand Surg* 1998;23B:686-90.
57. Uerpaiojkit C, Leechavengvongs S, Witoonchart K. Primary vascularized distal radius bone graft for non-union of the scaphoid. *J Hand Surg* 2000;25B:266-70.
58. Malizos KN, Dailiana ZH, Kiron M, Vragales V, Xenakis TA, Soucacos PN. Longstanding nonunions of scaphoid fractures with bone loss: successful reconstruction with vascularized bone grafts. *J Hand Surg* 2001;26B:330-4.
59. Straw RG, Davis TRC, Dias JJ. Scaphoid nonunion: treatment with a pedicled vascularized bone graft based on the 1,2 intercompartmental suparetinacular branch of the radial artery. *J Hand Surg* 2002;27B:413-6.