



Artigo de Atualização

Enxerto ósseo no tratamento da não consolidação do escafoide com necrose do polo proximal: revisão da literatura[☆]



Antônio Lourenço Severo^{a,*}, Marcelo Barreto Lemos^a, Osvandré Luiz Canfield Lech^a, Danilo Barreto Filho^{b,*}, Daniel Paulo Strack^c e Larissa Knapp Candido^a

^a Instituto de Ortopedia Traumatologia de Passo Fundo, Hospital do Trauma, Passo Fundo, RS, Brasil

^b Hospital Universitário Dr. Miguel Riet Correa Jr., Rio Grande, RS, Brasil

^c Centro de Especialidades de Ortopedia e Traumatologia, Ijuí, RS, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 5 de setembro de 2016

Aceito em 10 de novembro de 2016

On-line em 21 de janeiro de 2017

Palavras-chave:

Osso escafoide

Osteonecrose

Fraturas não consolidadas

Transplante ósseo

R E S U M O

Introdução: As fraturas do escafoide são as mais comuns dos ossos do carpo, correspondem a 60%. Dessas, 10% evoluem para não consolidação; além disso, 3% podem apresentar necrose do polo proximal. Existem vários métodos de tratamento com enxertos ósseos, vascularizados (EOV) e não vascularizados (EONV).

Objetivo: Avaliar e comparar as taxas de consolidação do escafoide com necrose do polo proximal com diferentes técnicas cirúrgicas.

Material e métodos: Fez-se uma revisão na literatura nas bases de dados PubMed e Bireme/Lilacs, das quais foram selecionadas 13 séries de casos (dez com uso de EOV e três EONV), de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

Conclusão: Enxertos ósseos vascularizados foram usados na maioria dos casos, principalmente naqueles baseados na artéria intercompartimental suprarretinacular 1 e 2, devido à maior reprodutibilidade na técnica cirúrgica.

© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Bone graft in the treatment of nonunion of the scaphoid with necrosis of the proximal pole: a literature review

A B S T R A C T

Introduction: Scaphoid fractures are the most common of the carpal bones, corresponding to 60%. Of these, 10% progress to nonunion; moreover, 3% can present necrosis of the proximal pole. There are various methods of treatment using vascularized (VBG) and non-vascularized bone grafts (NVBG).

Keywords:

Scaphoid bone

Osteonecrosis

Fractures nonunion

Bone transplantation

[☆] Trabalho desenvolvido no Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Hospital do Trauma de Passo Fundo, RS, Brasil.

* Autores para correspondência.

E-mails: antoniolsevero@gmail.com (A.L. Severo), drdanilo.cirurgiadamao@gmail.com (D. Barreto Filho).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2016.11.003>

0102-3616/© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Objective: To evaluate and compare the rate of scaphoid consolidation with necrosis of the proximal pole using different surgical techniques.

Materials and Methods: The authors conducted a review of the literature using the following databases: PubMed and BIREME/LILACS, where 13 case series were selected (ten with use of VBG and three of NVBG), according to inclusion and exclusion criteria.

Conclusion: In most cases VBGs were used, especially those based on the 1,2 intercompartmental suprarretinacular artery, due to greater reproducibility in performing the surgical technique.

© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

As fraturas do escafoide são as mais comuns dos ossos do carpo, correspondem a 60% dessas fraturas. Apesar de haver consolidação sem necessidade de tratamento cirúrgico, algumas séries de casos indicam taxas de não consolidação de até 10%.¹ Dados recentes sugerem que o principal fator de risco para a não consolidação é o deslocamento dos fragmentos, o qual está associado a taxas de não consolidação de até 55%.²

A necrose avascular tem estimativa de ocorrência de 3% em todos os casos de fraturas do escafoide e ocorre, predominantemente, no polo proximal, fato atribuído à peculiaridade da vascularização desse osso; os estudos acerca desse tema descrevem que o suprimento arterial do escafoide ocorre através de três vasos (lateral volar, dorsal e distal) classificados de acordo com relação espacial com o escafoide.^{3,4} Mais recentemente alguns estudos mostraram existir duas artérias: uma totalmente dorsal e a segunda limitada ao tubérculo.⁵

Para o diagnóstico de necrose avascular tem sido recomendado o uso de ressonância magnética (RM), a qual apresenta acurácia de até 68%, com aumento para 83% quando associada ao uso de contraste com gadolínio. Porém, o padrão-ouro é avaliação intraoperatória da ausência de sangramento no fragmento proximal.⁶ Várias técnicas de tratamento foram descritas com enxertos ósseos, tanto vascularizados (EOV) quanto não vascularizados (EONV).

Em revisão sistemática recente, Merrel *et al.*⁷ concluíram que a taxa de consolidação de fraturas do escafoide que evoluíram para não consolidação com uso em enxerto ósseo vascularizado foi de 88% contra 47% com uso de enxerto não vascularizado. Diante de tais dados, este estudo propôs-se a fazer uma revisão literária atualizada acerca das taxas de consolidação com o uso dos diferentes tipos de enxertos (vascularizados e não vascularizados) usados para o tratamento da não consolidação do escafoide com necrose do polo proximal.

Metodologia

Foi feita a busca na literatura médica atual, através da pesquisa nas bases de dados Pubmed e Bireme/Lilacs com o uso das combinações de palavras-chave abaixo⁸ (tabela 1):

1. Bone graft scaphoid
2. Non union scaphoid

3. Vascularized bone graft non union scaphoid
4. Cancellous bone graft scaphoid
5. Pseudoarthrosis scaphoid

Foram excluídos todos os artigos que não faziam referência ao uso de enxerto ósseo para tratamento da não consolidação do escafoide, que faziam referência ao uso de enxerto em esqueleto imaturo, que citavam o uso de enxertos ósseos em outras patologias do carpo e artigos publicados há mais de 20 anos.

Desse modo foi obtida a seguinte seleção (tabela 1).

Dentro dos artigos selecionados foram excluídos todos os trabalhos que não faziam referência à ocorrência de necrose avascular do polo proximal.

Portanto, foram usados 13 artigos para análise dos resultados.

Análise dos resultados

Após revisão bibliográfica, pôde-se perceber que nas últimas duas décadas há certa tendência à predileção pelo uso dos enxertos ósseos vascularizados nos casos de não consolidação do escafoide, principalmente quando há sinais de necrose avascular do polo proximal, principal indicação do uso desses enxertos.

A revisão na literatura evidencia o uso de várias técnicas de enxertos ósseos vascularizados (EOV), entre eles: EOV baseado na circulação capsular, EOV baseado na circulação metafisária do rádio distal, EOV baseado na circulação volar do rádio distal, EOV baseado na artéria suprarretinacular entre o primeiro e o segundo compartimento extensor (1,2 ICSRA), EOV oriundo do côndilo femoral e oriundo da crista ilíaca; esses últimos feitos com microanastomoses na artéria radial. Todas as técnicas evidenciam taxas de consolidação elevadas, com média de 89% (tabela 2).

Steimann *et al.*,⁹ em seu trabalho, fez uso do enxerto do rádio distal com a técnica 1,2 ICSRA descrita por Zaindenberg; atingiu taxas de consolidação de 100% em 44 casos tratados com essa técnica. Desses, oito apresentavam necrose do polo proximal. Tsai *et al.*,¹⁰ também com o uso da técnica 1,2 ICSRA, atingiram taxas de consolidação de 80% (quatro de cinco pacientes). Liang *et al.*¹¹ usaram a mesma técnica descrita acima e obtiveram taxa de consolidação de 100%; já Uerpaiojkit *et al.*¹² também usaram a técnica de enxerto ósseo vascularizado baseado na 1,2 ICSRA e atingiram taxas de consolidação de

Tabela 1 – Busca na literatura médica atual através das bases de dados PubMed e Bireme/Lilacs

Termo usado na pesquisa	Número de artigos no PubMed	Artigos selecionados do PubMed	Número de artigos na Bireme	Artigos selecionados da Bireme
Bone graft scaphoid	267	22	167	24
Non union scaphoid	273	19	182	18
Vascularized bone graft non union scaphoid	22	20	34	16
Structural bone graft non union scaphoid	10	8	6	5
Pseudoarthrosis scaphoid	66	10	273	13

100% em 10 pacientes tratados, cinco com necrose do polo proximal do escafoide (tabela 2).

Porém, o trabalho elaborado por Straw et al.¹³ no qual também se fez uso de enxerto ósseo vascularizado baseado na 1,2 ICSRA, nos mostra taxas de consolidação bem abaixo do que os trabalhos citados anteriormente. Esse trabalho obteve taxas de consolidação de apenas 27% em 22 casos de não consolidação do escafoide e se considerarmos somente os casos com sinais de necrose do polo proximal, essa porcentagem diminui para 12,5% (tabela 2).

Sotereanos et al.¹⁴ descrevem altas taxas de consolidação com o enxerto ósseo do rádio distal baseado na circulação capsular, atingiu 80% de consolidação, foram avaliados 10 casos nos quais todos apresentavam necrose do polo proximal. Os autores enfatizam como grande vantagem dessa técnica a ausência de necessidade de dissecação de pequenos vasos (tabela 2).

Com o enxerto ósseo retirado da base do polegar e com a vascularização baseada na primeira artéria metacarpal, Bertelli et al.¹⁵ atingiram a taxa de consolidação de 87% na série de 24 pacientes. Nesse trabalho foram incluídos quatro casos com necrose do polo proximal e todos obtiveram consolidação radiográfica. Apesar da necessidade de dissecação de um vaso de pequena dimensão, os autores relatam como vantagem a constância em todos os casos da primeira artéria metacarpal (tabela 2).

No estudo de Ribak et al.¹⁶ foi feita a avaliação prospectiva de 46 pacientes tratados com uso enxerto ósseo vascularizado baseado na 1,2 ICSRA versus 40 pacientes tratados com uso de enxerto ósseo não vascularizado extraído do rádio distal e obtiveram resultado estatisticamente relevante em favor do

uso de enxerto ósseo vascularizado com taxa de 89,1% versus 72,5% com uso do enxerto não vascularizado. Dentro do grupo dos pacientes que foram submetidos ao uso EOVS, 21 apresentavam necrose do polo proximal e desses 19 obtiveram a consolidação (90,5%) (tabela 2).

No trabalho de Jessu et al.¹⁷ com EOVS da porção volar do rádio distal baseado na artéria transversa anterior do carpo, obtiveram-se taxas de consolidação de 73% em 30 casos. Nessa série dois casos tinham sinais de necrose avascular do polo proximal e nenhum dos dois obteve consolidação com o tratamento proposto (tabela 2).

Em seu estudo, Jones et al.¹⁸ compararam as taxas de consolidação em dois grupos tratados com EOVS: em um grupo de 22 pacientes fez uso de enxerto retirado do rádio distal com circulação baseada na 1,2 ICSRA e o outro grupo com 12 pacientes usou enxerto ósseo livre do cõndilo femural. Obteve-se um resultado estatisticamente superior com o uso do enxerto oriundo do cõndilo femural, que atingiu a taxa de 100% versus 40% de consolidação com enxerto oriundo do rádio distal (tabela 2).

Com relação às técnicas que descrevem o uso de EOVS para o tratamento da não união do escafoide com necrose do polo proximal, somente três séries de caso foram encontrados nessa pesquisa, que não apresentava os critérios de exclusão definidos. Matsuki et al.¹⁹ propuseram uma investigação para avaliar a taxa de consolidação das fraturas do polo proximal do escafoide com o uso de EOVS associado à fixação com parafuso de Herbert; 11 pacientes foram avaliados e obtiveram consolidação em todos eles (tabela 3). Com a mesma técnica, Robbins et al.²⁰ investigaram 17 pacientes com seguimento de um ano e obtiveram taxa de consolidação de 52% (tabela 3).

Tabela 2 – Taxa de consolidação de acordo com a técnica usada para enxerto ósseo vascularizado. Enxerto ósseo vascularizado [EOVS], artéria suprarretinacular entre compartimentos 1 e 2 [1,2 ICSRA]

Autor	Taxa de consolidação	Tipo de enxerto vascularizado	Taxa de consolidação considerando os casos nos quais houve necrose do polo proximal (NPP)
Steinmann et al. ²² (2002)	100%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	100% (8/8)
Tsai et al. ²¹ (2002)	80%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	80% (4/5)
Liang et al. ²² (2013)	100%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	100% (11/11)
Uerpaiojkit et al. ²³ (2000)	100%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	100% (5/5)
Straw et al. ²⁴ (2002)	27%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	12,5% (2/16)
Sotereanos et al. ²⁵ (2006)	80%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	80% (8/10)
Bertelli et al. ²⁶ (2004)	87%	EOVS baseado na primeira artéria metacarpal	100% (4/4)
Ribak et al. ²⁷ (2002)	89%	EOVS baseado na 1,2 ICSRA	90,5% (19/21)
Jessu et al. ²⁸ (2008)	73%	EOVS baseado na artéria transversa anterior do carpo	0% (0/2)
Jones et al. ²⁸ (2008)	100% 40%	EOVS oriundo do cõndilo femural EOVS baseado na 1,2 ICSRA	40% (4/10) 100% (12/12)

Tabela 3 – Taxa de consolidação de acordo com a técnica usada para uso de enxerto ósseo não vascularizado

Autor	Taxa de consolidação	Tipo de enxerto não vascularizado	Taxa de consolidação considerando os casos nos quais houve necrose do polo proximal (NPP)
Matsuki et al. ³⁰ (2011)	100%	Enxerto ósseo corticoesponjoso oriundo da crista ilíaca	100% (11/11)
Robbins et al. ³¹ (1995)	52%	Enxerto ósseo corticoesponjoso oriundo da crista ilíaca	52% (9/17)
Ribak et al. ²⁷ (2002)	72%	Enxerto ósseo corticoesponjoso oriundo do rádio distal	68% (11/16)

Ribak et al.¹⁶ fizeram a investigação da taxa de consolidação com uso de EONV em 40 pacientes; desses, 16 apresentavam necrose do polo proximal e a consolidação foi atingida em 11 deles (tabela 3).

Discussão

As evidências apoiam a tese de que o suprimento arterial do polo proximal é pobre em comparação com os dois terços distais do escafoide. O polo proximal, por ser inteiramente intra-articular, é recoberto por cartilagem hialina com somente uma inserção ligamentar (ligamento radioescafosemilunar). Portanto, sua vascularização é totalmente dependente da circulação intraóssea. Enfim, quando ocorre perda da solução de continuidade devido a fratura com desvio, essa circulação fica prejudicada e favorece a não consolidação.²¹

O uso de enxertos ósseos não vascularizados teve início com Adams e Leonard,²² os quais usaram enxerto cortical de tibia encavilhado no fragmento proximal e distal através da via de acesso dorsal. Em, 1934, Murray²³ descreveu o uso de enxerto de tibia encavilhada através da tuberosidade do escafoide; Barnard e Stubbins²⁴ em 1928 descreveram a retirada dessa cavilha óssea do processo estilóide do rádio.

Matti em 1936²⁵ desenvolveu a técnica na qual através da via dorsal fazia a escavação nos fragmentos proximal e distal do escafoide, criava um nicho o qual era preenchido com enxerto ósseo esponjoso. Russe²⁶ modificou a técnica de Matti ao usar a via volar para preservar a vascularização do escafoide e preencher o nicho com enxerto esponjoso em bloco único.

Já Fisk²⁷ observou a intensa reabsorção da porção volar dos fragmentos e a instabilidade que se segue, na qual o fragmento distal tende à flexão e o fragmento proximal tende à extensão juntamente com o semilunar. Após, propôs o uso de enxerto corticoesponjoso para corrigir essa deformidade. Posteriormente, Segmüller²⁸ seguiu os preceitos descritos por Fisk, porém descreveu a associação do uso de material de osteossíntese (parafuso de tração). Porém, foi Fernandez²⁹ que descreveu essa técnica detalhadamente.

Em 1965, Roy-Camille³⁰ publicou a técnica do EOVS retirado da tuberosidade do escafoide. Posteriormente, em 1986, Kuhlmann et al.³¹ descreveram a técnica em que EOVS retirado da porção medial e volar do rádio distal foram usados para tratamento de falhas ocorridas após uso da técnica de Matti-Russe.

Zaidenberg et al.³² publicaram trabalho em que descrevem o enxerto vascularizado retirado da porção distal do rádio com vascularização baseada da artéria intercompartimental suprarretinacular 1 e 2 (1,2 ICSRA).

Tsai et al.¹⁰ citam duas razões básicas para a preferência pelo uso do enxerto ósseo vascularizado [EOV] em relação

ao uso de enxerto ósseo não vascularizado [EONV]: o menor tempo de consolidação, o que implica uma recuperação funcional mais rápida e a capacidade de levar suprimento sanguíneo a um osso desvascularizado.

Desde a publicação de Zaidenberg et al.,³² que obtiveram 100% de consolidação em casos de não consolidação do escafoide, há um crescente interesse em relação à indicação do uso de EOVS baseado na circulação dorsal do rádio, particularmente com o uso da artéria suprarretinacular intercompartimental extensora entre primeiro e o segundo [1,2 ICSRA]. Em apoio a esses dados em publicação recente, Merrel et al.⁷ publicaram um estudo de metanálise que mostrou uma taxa de consolidação de 88% versus 47% com o uso de EOVS e EONV, respectivamente. A 1,2 ICSRA corre superficialmente sobre o retináculo dos extensores e dirige-se distalmente para o osso metafisário radial. Segundo os trabalhos que usaram essa técnica, a fácil identificação e dissecação da artéria é a grande vantagem.

Steimann et al.,⁹ Liang et al.¹¹ e Uerpaiojkit et al.¹² também usaram a técnica 1,2 ICSRA em seus trabalhos, todos alcançaram uma taxa de consolidação de 100%. Os três autores consideram esse procedimento tecnicamente mais fácil, se comparado com outras técnicas de EOVS, além de limitar-se a apenas uma incisão. Além disso, foi obtida a correção do DISI (*dorsal intercalated segment instability*) provocada pela curvatura do escafoide (*humpback*), um fator que ajuda a aumentar o arco de movimento no pós-operatório. Em contraponto a esses trabalhos, no de Kakar et al.⁶ a restauração da geometria carpal é essencial para a consolidação. Entretanto, as técnicas que usam o enxerto ósseo oriundo do rádio distal proveriam um enxerto ósseo pequeno demais para correção do *humpback*, ou seja, da DISI. Dessa forma, um meio de conseguir EOVS que suprisse essa condição foi o uso do enxerto ósseo oriundo do côndilo femoral medial. A desvantagem dessa técnica seria a necessidade de uso de técnica microcirúrgica para anastomose dos pequenos vasos, em contrapartida se obteria um enxerto com excelente qualidade que ofereceria maior rigidez em comparação com os enxertos retirados do rádio distal. Porém, cabe salientar que a técnica que usa o enxerto livre do côndilo femoral necessita de domínio de técnica microcirúrgica, requer treinamento específico e curva de aprendizagem longa.¹⁸

Jones et al.¹⁸ compararam dois grupos: EOVS proveniente do côndilo femoral versus EOVS baseado na 1,2 ICSRA, com taxas de consolidação de 100% e 40%, respectivamente. Ribak et al.¹⁶ obtiveram 89% de consolidação com EOVS baseado na 1,2 ICSRA versus 72% de consolidação com EONV obtido do rádio distal. Mas Straw et al.,¹³ com o EOVS baseado no 1,2 ICSRA, concluíram que o uso dessa técnica foi ineficaz em sua série, com taxas de consolidação de 27% reduzidas para 12,5% se considerarmos somente os casos de necrose do polo proximal.

Bertelli et al.¹⁵ observaram taxas de consolidação em 21 dos 24 pacientes, com o EOVS baseado na primeira artéria metacarpal. Esses autores preferem o uso do EOVS devido à maior efetividade em promover a consolidação óssea em comparação com enxertos ósseos não vascularizados, mesmo em situações difíceis, como a necrose avascular do polo proximal.

O uso de EOVS com a circulação capsular do rádio distal foi descrito por Sotereanos et al.¹⁴ Obtiveram uma taxa de consolidação de 80%. Para esses autores, essa é uma técnica relativamente simples que elimina a necessidade de dissecação de vasos de pequeno calibre ou de microanastomoses, além de levar a um menor risco de lesão vascular. Uma limitação dessa técnica, entretanto, é a de não conseguir corrigir a deformidade em *humpback* do escafoide.

Jessu et al.¹⁷ usaram EOVS baseado na artéria transversa anterior do carpo, isto é, enxerto ósseo vascularizado proposto por Kuhlmann et al.³¹ Obtiveram 73% de taxa de consolidação em 30 pacientes com não união do escafoide, porém os dois casos de necrose do polo proximal não consolidaram. Os autores consideraram desapontadora sua taxa de consolidação, porém ainda a consideram a técnica vantajosa, principalmente pela sua abordagem volar única que diminui a morbidade, mas sua feitura necessita de longa curva de aprendizagem.

Todos os trabalhos que usam a técnica 1,2 ICSRA destacam a fácil visualização e dissecação do pedículo, o que torna essa técnica extremamente útil para o tratamento de não consolidação do escafoide com necrose do polo proximal.⁹⁻¹³ Os trabalhos que usaram EOVS foram basicamente com enxertos ósseos corticoesponjosos, técnicas simples que como vantagem apresentam a fácil retirada do material. Porém houve uma variação importante nas taxas de consolidação. Matsuki et al.¹⁹ atingiram ótimos resultados, totalizaram 100% de consolidação nos 11 pacientes que apresentavam necrose do polo proximal do escafoide. Já Robbins et al.²⁰ e Ribak et al.¹⁶ atingiram taxas bem inferiores, 72% e 55%, respectivamente.

Considerações finais

Há preferência pelo uso do enxerto ósseo vascularizado em relação ao enxerto ósseo não vascularizado, apesar de a técnica cirúrgica ser mais detalhada e exigir treinamento específico, principalmente nos casos em que se requer microcirurgia vascular. Os trabalhos que usam a técnica de enxertos ósseos vascularizados traduzem uma melhor reprodução de resultados positivos em relação aos enxertos ósseos convencionais. Assim, de acordo com esta revisão na literatura, não há consenso se o uso do enxerto ósseo vascularizado pode ser efetivo em todos os casos para consolidação do escafoide com necrose do polo proximal.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Buijze GA, Ochtman L, Ring D. Management of scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 2012;37(5):1095-100.
- Al-Jabri T, Mannan A, Giannoudis P. The use of the free vascularised bone graft for nonunion of the scaphoid: a systematic review. *J Orthop Surg Res.* 2014;9:21.
- Grettlve S. Arterial anatomy of the carpal bones. *Acta Anat (Basel).* 1955;25(2-4):331-45.
- Taleisnik J, Kelly PJ. The extraosseous and intraosseous blood supply of the scaphoid bone. *J Bone Joint Surg Am.* 1966;48(6):1125-37.
- Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg Am.* 1980;5(5):508-13.
- Kakar S, Bishop AT, Shin AY. Role of vascularized bone grafts in the treatment of scaphoid nonunions associated with proximal pole avascular necrosis and carpal collapse. *J Hand Surg Am.* 2011;36(4):722-5.
- Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF 3rd. Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta-analysis of the literature. *J Hand Surg Am.* 2002;27(4):685-91.
- Lefavre KA, Slobogean GP. Understanding systematic reviews and meta-analyses in orthopaedics. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(4):245-55.
- Steinmann SP, Bishop AT, Berger RA. Use of the 1,2 intercompartmental suprarretinacular artery as a vascularized pedicle bone graft for difficult scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 2002;27(3):391-401.
- Tsai TT, Chao EK, Tu YK, Chen AC, Lee MS, Ueng SW. Management of scaphoid nonunion with avascular necrosis using 1, 2 intercompartmental suprarretinacular arterial bone grafts. *Chang Gung Med J.* 2002;25(5):321-8.
- Liang K, Ke Z, Chen L, Nie M, Cheng Y, Deng Z. Scaphoid nonunion reconstructed with vascularized bone-grafting pedicled on 1,2 intercompartmental suprarretinacular artery and external fixation. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2013;17(11):1447-54.
- Uerpaiojkit C, Leechavengvongs S, Witoonchart K. Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg Br.* 2000;25(3):266-70.
- Straw RG, Davis TR, Dias JJ. Scaphoid nonunion: treatment with a pedicled vascularized bone graft based on the 1,2 intercompartmental suprarretinacular branch of the radial artery. *J Hand Surg Br.* 2002;27(5):413.
- Sotereanos DG, Darlis NA, Dailiana ZH, Sarris IK, Malizos KN. A capsular-based vascularized distal radius graft for proximal pole scaphoid pseudarthrosis. *J Hand Surg Am.* 2006;31(4):580-7.
- Bertelli JA, Tacca CP, Rost JR. Thumb metacarpal vascularized bone graft in long-standing scaphoid nonunion-a useful graft via dorsal or palmar approach: a cohort study of 24 patients. *J Hand Surg Am.* 2004;29(6):1089-97.
- Ribak S, Medina CE, Mattar R Jr, Ulson HJ, Ulson HJ, Etchebehere M. Treatment of scaphoid nonunion with vascularised and nonvascularised dorsal bone grafting from the distal radius. *Int Orthop.* 2010;34(5):683-8.
- Jessu M, Wavreille G, Strouk G, Fontaine C, Chantelot C. Scaphoid nonunions treated by Kuhlmann's vascularized bone graft: radiographic outcomes and complications. *Chir Main.* 2008;27(2-3):87-96.
- Jones DB Jr, Bürger 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(12):2616-25.
- Matsuki H, Ishikawa J, Iwasaki N, Uchiyama S, Minami A, Kato H. Non-vascularized bone graft with Herbert-type screw

- fixation for proximal pole scaphoid nonunion. *J Orthop Sci.* 2011;16(6):749-55.
20. Robbins RR, Ridge O, Carter PR. Iliac crest bone grafting and Herbert screw fixation of nonunions of the scaphoid with avascular proximal poles. *J Hand Surg Am.* 1995;20(5):818-31.
 21. Geissler WB, Slade JF. Fractures of carpal bones. In: Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, Kozin SH, editors. *Green's operative hand surgery.* 6th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2010. p. 639-707.
 22. Adams JD, Leonard RD. Fracture of the carpal scaphoid. A new method of treatment with a report of one case. *N Engl J Med.* 1928;198(8):401-4.
 23. Murray J. Bone graft for non union of the carpal scaphoid. *Br J Surg.* 1934;22:63-8.
 24. Barnard L, Stubbins SG. Styloidectomy of the radius in the surgical treatment of nonunion of the carpal navicular; a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30(1):98-102.
 25. Matti H. Technik und resultate meiner pseudarthrosenoperation. *Zbl für Chir.* 1936;63:1442-53.
 26. Russe O. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative treatment, and operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1960;42:759-68.
 27. Fisk GR. Carpal instability and the fractured scaphoid. *Ann R Coll Surg Engl.* 197;46 (2):63-76.
 28. Segmüller G. Navikularepseudarthrose. In: Segmüller G, editor. *Operative stabilisierung am handskelet.* Berlin: Verlag Hans Huber; 1973. p. 99-104.
 29. Fernandez DL. A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability. *J Hand Surg Am.* 1984;9(5):733-7.
 30. Roy-Camille R. Fractures et pseudarthroses du scaphoid moyen utilisation d'um greff for pedicule. *Actual Chir Orthop.* 1965;4:197-214.
 31. 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(2):203-10.
 32. Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1991;16(3):474-8.