



## Artigo Original

# Hemiartroplastia do escafoide com APSI – resultados funcionais em longo prazo<sup>☆</sup>



Filipe Lima Santos\*, Andreia Ferreira, Rita Grazina, David Sá, Pedro Canela e Rui Lemos

Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia, Vila Nova de Gaia, Portugal

### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 14 de abril de 2017

Aceito em 8 de junho de 2017

On-line em 6 de dezembro de 2017

Palavras-chave:

Hemiartroplastia

Osso escafoide

Necrose

Punho

### R E S U M O

**Objetivo:** Avaliar os resultados em longo prazo da hemiartroplastia do escafoide proximal no tratamento da osteonecrose avascular pós-traumática na instituição.

**Métodos:** Foram identificados 12 pacientes submetidos a esse procedimento. O tempo médio de seguimento foi de 6,5 anos (entre cinco e oito). Todos os pacientes eram do sexo masculino, com média de 39 anos (entre 28 e 55). Em oito pacientes o membro afetado foi o não dominante. O procedimento foi feito por meio de uma abordagem dorsal e todos os pacientes foram submetidos ao mesmo protocolo de reabilitação. Todos os casos foram avaliados quanto à ocorrência de complicações, dor, amplitude de movimento, capacidade funcional (Mayo Wrist Score) e incapacidade (QuickDASH Score).

**Resultados:** Não foram observadas complicações no período pós-operatório imediato, como infecção ou luxação do implante. No fim do período de seguimento, todos os casos apresentavam osteólise peri-implante no estudo radiográfico. Nenhum dos pacientes abandonou a sua atividade profissional prévia à cirurgia, embora em cerca de 50% dos casos tenha sido necessário algum tipo de adaptação no local de trabalho. A capacidade funcional média foi, de acordo com o Mayo Wrist Score, de 67,5 pontos (entre 50 e 80), correspondeu a um nível de função satisfatório. O escore de incapacidade QuickDASH apresentou uma pontuação média de 25 (entre 3 e 47,7).

**Conclusão:** Os resultados desta série encontram-se em linha com os estudos publicados sobre essa técnica. A hemiartroplastia do escafoide com implante de pirocarbono é uma técnica segura para o tratamento da necrose avascular do polo proximal do escafoide após fratura. Essa técnica permitiu obter um resultado funcional satisfatório após uma média de 6,5 anos de seguimento.

© 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/>).

<sup>☆</sup> Trabalho desenvolvido no Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia, Vila Nova de Gaia, Portugal.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [santos.filipe.lima@gmail.com](mailto:santos.filipe.lima@gmail.com) (F. Lima Santos).

<https://doi.org/10.1016/j.rbo.2017.06.020>

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/>).

**APSI scaphoid hemiarthroplasty – long-term results****A B S T R A C T**

**Keywords:**  
Hemiarthroplasty  
Scaphoid bone  
Necrosis  
Wrist

**Objective:** This study is aimed at evaluating the long-term results of proximal scaphoid hemiarthroplasty for post-traumatic avascular necrosis at this institution.

**Methods:** Twelve patients who underwent this procedure were identified, and the mean follow-up time was 6.5 years (range: 5 to 8 years). All patients were male, with a mean age of 39 years (range: 28 to 55 years). In eight patients, the non-dominant limb was affected. The procedure was carried out through a dorsal approach and all patients underwent the same rehabilitation protocol. Cases were evaluated regarding complications, pain, range of motion, functional status (Mayo Wrist Score), and disability (QuickDASH Score).

**Results:** No immediate post-operative complications, such as infection or dislocation of the implant, were observed. All patients presented with peri-implant osteolysis at follow-up, on a radiograph study. None of the patients was forced to abandon their previous professional activity, although about 50% required some type of adaptation at their workplace. The mean functional capacity was, according to the Mayo Wrist Score, of 67.5 points (range: 50 to 80), corresponding to a satisfactory degree of function. The QuickDASH disability score presented a mean of 25 (range: 3 to 47.7).

**Conclusion:** The results of this series are in line with previously published studies about this technique. Hemiarthroplasty with a pyrocarbon implant is a safe technique for the treatment of post-fracture avascular necrosis of the scaphoid proximal pole. This technique allowed for satisfactory functional results at a mean follow-up of 6.5 years.

© 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**

O escafoide é o osso do carpo que mais frequentemente é sede de fratura. Esse osso apresenta uma anatomia tridimensional complexa e um suprimento vascular precário, especialmente em nível proximal.<sup>1-5</sup>

A perda de continuidade óssea resulta em lesão da vascularização do escafoide e, conseqüentemente, em comprometimento dos mecanismos de resolução de fratura.<sup>5</sup> Nas fraturas do terço proximal, pode observar-se a perda completa da vascularização desse segmento em até cerca de 40% dos casos, com osteonecrose do segmento proximal.<sup>6,7</sup>

A falha na consolidação no nível do escafoide geralmente evolui para osteoartrose, segundo o padrão SNAC (*scaphoid nonunion advanced collapse*), com dor e incapacidade funcional no nível do punho. O tratamento dessas lesões continua a ser uma importante área de debate.<sup>8-10</sup>

Os tratamentos cirúrgicos classicamente indicados para o tratamento das lesões tipo SNAC são: ressecção parcial do escafoide; carpectomia proximal; artrodese intracárpica (artrodese luno-capito-trapézio-trapezoide-artrodese dos quatro cantos). Esses procedimentos apresentam complicações específicas da técnica – os procedimentos de ressecção do escafoide e de carpectomia proximal associam-se a um maior risco de progressão para osteoartrose do punho e diminuição da força de preensão; por sua vez, os procedimentos de artrodese associam-se a uma diminuição do arco de mobilidade.<sup>11-15</sup>

Em casos mais avançados, com osteoartrose intracárpica e radiocárpica generalizada, a artrodese ou artroplastia

total do punho pode estar indicada. A artrodese radiocárpica associa-se a uma importante limitação na capacidade funcional da mão e do punho. A artroplastia total do punho é como uma técnica que não apresenta resultados uniformes na literatura, com melhorias funcionais em curto prazo, mas taxas elevadas de complicações, como descolamento asséptico, em longo prazo.<sup>16-19</sup>

A ressecção parcial ou total do escafoide (fragmento proximal) resulta num colapso da fileira proximal. A hemiarthroplastia APSI (*Adaptative Proximal Scaphoid Implant – Tornier Cie., Montbonnot, Saint Martin, France*), usa um implante móvel de interposição em pirocarbono para substituição do polo proximal do escafoide. Essa técnica visa a evitar um colapso da fileira proximal, manter a cinemática do carpo com os movimentos do punho e minimizar a evolução para colapso cárpico e osteoartrose.<sup>20</sup>

A maioria dos estudos publicados na literatura científica sobre o uso desse tipo de implante apresenta resultados apenas em curto prazo.<sup>20-23</sup> O objetivo do presente estudo foi avaliar os resultados em longo prazo da hemiarthroplastia escafóidea de interposição com implante móvel de pirocarbono nos doentes da nossa instituição. Foram avaliadas as complicações associadas ao procedimento, dor, arco de mobilidade, capacidade funcional, incapacidade e satisfação dos doentes com o procedimento no fim de um tempo médio de seguimento de 6,5 anos.

**Material e métodos**

Foram identificados 12 casos submetidos a esse tipo de hemiarthroplastia na nossa instituição. Todos os doentes

**Tabela 1 – Dados biográficos e grau de lesão SNAC observado pré-operatoriamente**

Doente	Idade	Gênero	Tempo de seguimento	Ocupação	Membro afetado	SNAC
1	46	Masculino	7	Serralheiro	Dominante	1
2	34	Masculino	5	Coveiro	Não dominante	2
3	38	Masculino	6	Construção civil	Dominante	1
4	33	Masculino	8	Construção civil	Dominante	1
5	28	Masculino	7	Fisioterapeuta	Não dominante	1
6	55	Masculino	5	Secretário	Não dominante	2
7	35	Masculino	7	Construção civil	Não dominante	1
8	44	Masculino	7	Secretário	Não dominante	1
9	37	Masculino	6	Eletricista	Não dominante	2
10	40	Masculino	8	Serralheiro	Dominante	2
11	35	Masculino	5	Trabalhador fabril	Não dominante	1
12	42	Masculino	7	Secretário	Não dominante	2

identificados eram do sexo masculino, com média de 39 anos (entre 28 e 55).

Em oito doentes o membro submetido à intervenção foi o não dominante. Dos 12 pacientes avaliados, oito desempenhavam atividades profissionais com elevada demanda física e funcional do punho.

Todos os doentes foram avaliados imagiologicamente no período pré-operatório, com radiografias simples do punho e tomografia computadorizada e ressonância magnética nuclear, quando o cirurgião acompanhante do caso considerou necessário.

Os dados biográficos e a classificação dos pacientes segundo o grau de SNAC (segundo a classificação proposta por Vender et al.<sup>8</sup>) observados no estudo radiográfico inicial encontram-se descritos na [tabela 1](#). O trabalho teve o aval da Comissão de Ética da instituição e todos os doentes assinaram o consentimento informado para participação no estudo.

Para o procedimento foi usada uma abordagem dorsal por artrotomia entre o terceiro e o quarto compartimentos extensores. A feitura de uma estiloidectomia parcial cuidadosa (de forma a evitar o comprometimento dos ligamentos extrínsecos) foi associada à hemiartroplastia em casos de osteofitose importante ou em casos de conflito de espaço para a colocação do implante.

O procedimento foi feito com garrote, após exsanguinação, e todos os pacientes foram operados pelo mesmo cirurgião, sob anestesia geral e com controlo fluoroscópico. Após a ressecção do polo proximal do escafoide, foram usadas provas de diferentes tamanhos (*small*, *medium* ou *large*) para determinar qual o tamanho adequado do implante usado. O uso de provas permite avaliar o nível ressecção óssea, a necessidade de fazer uma estiloidectomia e a mobilidade e estabilidade do implante no arco de movimento, sob visão direta. Os implantes estão disponíveis em três tamanhos, iguais aos tamanhos das provas usadas.

A cápsula articular foi totalmente reparada no fim do procedimento, de forma a maximizar a estabilidade do implante. Não foram usados drenos pós-operatórios. Após o encerramento cutâneo e penso, foi confeccionada uma tala gessada antebraquial. Todos os pacientes tiveram alta do internamento no dia seguinte ao procedimento cirúrgico.

Todos os casos foram seguidos em consulta após a cirurgia e submetidos ao mesmo protocolo de tratamento fisioterápico pós-operatório, com a duração aproximada de três meses. No pós-operatório imediato foi incentivada a mobilização dos

dedos. Entre a segunda e a terceira semanas pós-operatórias foi removida a tala antebraquial confeccionada e os pacientes iniciaram a mobilização ativa do punho, mantiveram indicação para isenção de atividades com o punho intervenido.

Na sexta semana pós-operatória os pacientes foram autorizados a fazer atividades da vida diária com o membro operado. O tratamento fisioterápico, a partir dessa data, focou-se no aprimoramento do arco de mobilidades e na melhoria da força muscular.

O tempo médio de seguimento foi de 5,5 anos, entre quatro e sete. No fim do tempo de seguimento, todos os doentes foram avaliados quanto a dor, arco de mobilidade, capacidade funcional, incapacidade e satisfação com o procedimento. A intensidade da dor foi determinada com base na Escala Visual Analógica; o grau de mobilidade foi avaliado com recurso a um goniômetro; a força de preensão foi medida com um dinamômetro. Para avaliação da capacidade funcional e incapacidade associada no fim do tempo de seguimento foram usados o *Mayo Wrist Score* e o *Quick-DASH Score*. Os dados foram recolhidos e tratados com recurso a um *software* de tratamento estatístico de dados – SPSS (IBM, Nova York, EUA, 2014).

## Resultados

Não se verificaram casos de infeção periprotésica, instabilidade do implante ou complicações relacionadas com a ferida cirúrgica no período pós-operatório imediato ou em longo prazo.

No fim do período de seguimento, todos os pacientes apresentavam um correto posicionamento do implante na fileira proximal do carpo. Apesar de bem posicionado, todos os casos evidenciavam algum grau de osteólise peri-implante e progressão das alterações degenerativas do punho (osteofitose e diminuição do espaço da interlinha) no estudo radiográfico no fim do período de seguimento ([fig. 1](#)). A posição do implante na fileira proximal e o grau de osteólise em volta do implante (em especial a nível da extremidade distal do capitato) tornam a interpretação dos resultados radiográficos (como a interrupção das linhas de Gilula) menos fidedignos ([fig. 1](#)).

Nenhum dos doentes teve necessidade de alterar a sua atividade profissional após a correção cirúrgica da lesão, embora metade dos pacientes referisse necessidade de adaptação nas



**Figura 1 – Estudo radiográfico no fim do período de seguimento – Implante bem posicionado na fileira proximal, com osteólise peri-implante e progressão das alterações degenerativas.**

funções desempenhadas no local de trabalho, após a cirurgia. Em oito dos 12 casos os pacientes desempenhavam atividades profissionais consideradas de elevada demanda para o punho, previamente à cirurgia.

Todos os doentes referiram encontrar-se com menos dor após a cirurgia, a intensidade média era de 22,33(3) na escala visual analógica da dor (0-100). Todos os pacientes referiram manter algum grau de dor após a cirurgia, de intensidade ligeira (de 5 a 41).

Todos os pacientes apresentavam uma diminuição do arco de mobilidade face ao membro contralateral, no fim do período de seguimento. As mobilidades observadas ao fim do período de seguimento encontram-se na [tabela 2](#).

A capacidade funcional média, segundo o *Mayo Wrist Score*, foi de 67,5 pontos (entre 50 e 80), o que corresponde a um grau de função “satisfatória”. Da aplicação do escore *Quick-DASH* resultou uma incapacidade média de 25 (entre 3 e 47,7). Os resultados completos encontram-se na [tabela 3](#).

A área em que se observou maior incapacidade, em todos os pacientes, foram os esforços físicos mais intensos e o transporte ou trabalho com objetos pesados.

Quanto ao grau de satisfação com a cirurgia, 11 pacientes referiram estar satisfeitos ou muito satisfeitos com a cirurgia e apenas um paciente referiu estar pouco satisfeito com a cirurgia.

## Discussão

O tratamento das lesões SNAC é ainda motivo de debate, existem várias técnicas propostas para o tratamento dessa patologia. A maioria envolve alguma forma de artrodese cárpica (com conseqüente diminuição da mobilidade) ou carpectomia proximal (tipicamente com perda de força no nível

do punho e da mão). Em casos mais avançados, a artrodese do punho pode estar indicada.<sup>8-15</sup>

As técnicas cirúrgicas de artrodese, quando comparadas com a hemiartroplastia, associam-se a um período importante de imobilização pós-operatória, com vista à obtenção de união óssea completa. Essas técnicas associam-se também a complicações próprias, associadas ao material usado para a obtenção de artrodese – infecção, migração ou falência de material, proeminência articular do material – e associadas ao processo biológico de artrodese – atraso de consolidação, não união e pseudartrose.<sup>8-15</sup>

A hemiartroplastia do polo proximal do escafoide visa a substituir o polo proximal do escafoide cárpico e dessa forma evitar o colapso da fileira proximal. O uso de implantes compostos por silastic, metal ou cerâmica não se revelou uma opção eficaz, uma vez que se associaram a uma taxa importante de falência ou sinovite associada.<sup>24,25</sup>

O implante APSI é composto por pirocarbono, um material bioquimicamente inerte, biocompatível e altamente resistente ao desgaste abrasivo. Esse material apresenta um módulo de elasticidade e densidade igual ao do osso cortical, o que minimiza o risco de *stress shielding*.<sup>26</sup>

A hemiartroplastia do polo proximal com esse implante pode ser feita por via artrotômica ou por via artroscópica, tal como descrito por Gras et al.<sup>23</sup>

O uso de controle imagiológico fluoroscópico durante o procedimento cirúrgico permite a avaliação do nível de ressecção do escafoide, a avaliação da congruência do implante e o seu comportamento e sua estabilidade com os movimentos do punho.

As complicações descritas com o uso dessa técnica são a luxação do implante (volar ou dorsal), a osteólise peri-implante, dimensionamento inadequado do implante (pode predispor a conflito com a estilóide radial ou luxação), dor e

**Tabela 2 – Avaliação das mobilidades no fim do tempo de seguimento**

Doente	Flexão (°)	Contralateral (°)	% Contralateral	Extensão (°)	Contralateral (°)	% Contralateral	Desvio radial (°)	% Contralateral	% Contralateral	Desvio cubital (°)	Contralateral (°)	% Contralateral
1	27	50,94	0,53	35	58,33	0,6	10	23,81	0,42	13	34,21	0,38
2	8	50,00	0,16	13	61,90	0,21	6	22,22	0,27	8	21,62	0,37
3	69	84,15	0,82	57	72,15	0,79	17	26,98	0,63	28	32,94	0,85
4	43	69,35	0,62	39	68,42	0,57	12	23,08	0,52	26	39,39	0,66
5	50	83,33	0,6	48	82,76	0,58	19	44,19	0,43	32	78,05	0,41
6	42	79,25	0,53	37	72,55	0,51	21	40,38	0,52	27	44,26	0,61
7	20	62,50	0,32	23	82,14	0,28	9	30,00	0,3	11	31,43	0,35
8	26	81,25	0,32	32	86,49	0,37	8	34,78	0,23	22	53,66	0,41
9	41	61,19	0,67	43	58,90	0,73	14	21,88	0,64	31	46,27	0,67
10	28	50,91	0,55	37	60,66	0,61	12	20,00	0,6	17	28,81	0,59
11	31	72,09	0,43	36	97,30	0,37	8	25,81	0,31	19	65,52	0,29
12	40	78,43	0,51	38	80,85	0,47	10	25,64	0,39	27	50,00	0,54
Média	35,42	68,62	0,51	36,50	73,54	0,51	12,17	28,23	0,44	21,75	43,85	0,51

**Tabela 3 – Avaliação da dor, Mayo Wrist Score e Quick-DASH no fim do tempo de seguimento**

Doente	VAS	Mayo	Quick DASH
1	21	75	20
2	41	50	47,7
3	5	80	3
4	23	65	35
5	35	65	20
6	23	70	15
7	17	65	35
8	15	70	35
9	9	80	20
10	29	60	35
11	31	65	15
12	19	65	20
Média	22,33(3)	67,5	21,975

limitação persistentes e progressão das alterações degenerativas no nível do punho.<sup>23</sup>

Esse tipo de artroplastia apresenta ainda poucos estudos de seguimento. Na série de casos publicada por Pequignot et al.,<sup>20</sup> a artroplastia de interposição com prótese APSI possibilitou o restabelecimento de um nível de função satisfatório do punho, sem complicações mecânicas, com manutenção da altura do carpo, no fim de seis anos de seguimento. O estudo retrospectivo de Grandis et al.<sup>21</sup> apresentou resultados semelhantes, com um *outcome* funcional satisfatório, com melhoria da dor, arco de mobilidade, força e retorno à atividade profissional, com uma elevada taxa de satisfação com o procedimento.

Um estudo prospectivo de Daruwalla et al.,<sup>22</sup> com um seguimento médio de 18 meses, apresentou resultados coincidentes – melhoria da dor, arco de mobilidade, força, retorno a atividade laboral e incapacidade funcional avaliada pelo *Score DASH* – sem registro de complicações associadas com o procedimento. Salienta-se o registro de uma luxação volar do implante após traumatismo em contexto de queda, com necessidade de cirurgia de revisão.

Um outro estudo prospectivo, com procedimento por via artroscópica, publicado por Gras et al.,<sup>23</sup> registou melhorias em relação a dor, arco de mobilidade, força, capacidade funcional (*Mayo Wrist Score*) e incapacidade (*Score DASH*) com um período de seguimento de 8,7 anos. Nessa série registraram-se todavia seis complicações – um caso de subluxação aguda do implante, dois casos de subluxação volar do implante e três casos de conflito com a estilóide com necessidade de cirurgia de revisão.

Os resultados da série estudada demonstram que os pacientes apresentam melhorias no grau de dor, embora com persistência de dor ligeira (média de 22,33[3]). Esses resultados encontram-se em linha com os resultados publicados por Daruwalla et al. mas inferiores ao publicados por Gras et al.,<sup>23</sup> podem sugerir que o uso de uma abordagem artroscópica poderá associar-se a uma menor dor pós-operatória, mesmo em longo prazo. As queixas algícas podem dever-se às alterações biomecânicas após a hemiarthroplastia, à progressão do processo degenerativo apesar do tratamento cirúrgico, ao processo de osteólise peri-implante observado ou a outras causas, não contempladas.

No fim do período de seguimento, as mobilidades do punho encontravam-se diminuídas na flexão/extensão e

no desvio radial e cubital, quando comparadas com a articulação contralateral. Esses resultados são semelhantes aos registrados por Daruwalla et al.,<sup>22</sup> embora com um maior tempo de seguimento. A diminuição do arco de movimento pode estar associada às alterações biomecânicas articulares após a hemiarthroplastia, à retracção tecidual cicatricial após o processo de fratura e após tratamento cirúrgico e à progressão do processo degenerativo, entre outros.

O grau de incapacidade, de acordo com o *Score Quick-DASH*, com uma média de 25, foi semelhante ao observado na série de Daruwalla et al.,<sup>22</sup> de 20, embora com um maior tempo de seguimento. O estudo de Gras et al.<sup>23</sup> apresentou resultados superiores aos observados na presente série, o que poderá indicar que o procedimento por via artroscópica poderá associar-se a um menor grau de incapacidade. O maior grau de incapacidade, na série estudada, pode também dever-se ao fato de um importante número de doentes desempenhar atividades profissionais com elevada demanda física e funcional para a articulação do punho – oito de 12 casos na série estudada. Atividades profissionais com elevada demanda podem possivelmente associar-se a um maior degaste articular, com progressão mais célere das alterações degenerativas e diminuição da capacidade funcional.

O resultado obtido, segundo o *Mayo Wrist Score*, de 67,5 pontos (entre 50 e 80), corresponde a um grau de função “satisfatória”, o que se encontra em linha com os estudos publicados por Pequignot et al.<sup>20</sup> e Grandis et al.<sup>21</sup> Os resultados apresentados por Gras et al.,<sup>23</sup> com uma média de 79,6 pontos no *Mayo Wrist Score*, embora correspondam a um grau de função satisfatório, são superiores aos observados na série estudada. Melhores resultados funcionais podem dever-se à menor agressão cirúrgica (procedimento artroscópico) na série de Gras et al.<sup>23</sup> ou ao fato de os casos com pior resultado funcional e maior intensidade da dor (dois casos) terem sido submetidos a uma artrodese dos quatro cantos, nessa série.

Os implantes em pirocarbono usados apresentaram-se como uma opção segura, com baixo risco de infecção, falência do implante ou luxação. É importante referir também que a informação relativa a procedimentos de salvação nos casos de falência desse tipo de artroplastia é também escassa, é referida apenas por Gras et al.,<sup>23</sup> mas sem referência a considerações quanto a dificuldades ou complicações inerentes ao procedimento.

## Conclusão

A artroplastia tipo APSI é uma técnica segura para tratamento de lesões do escafoide tipo SNAC. Nos pacientes estudados, esse tratamento permitiu a manutenção da função do punho num nível “satisfatório” (*Mayo Wrist Score*) e um grau de incapacidade funcional de 25 (*Score Quick-DASH*) ao fim de uma média de 6,5 anos. Esses resultados encontram-se em linha com os estudos publicados até a data, embora limitados pelo pequeno tamanho da amostra. Mais estudos prospectivos e com um maior número de casos são necessários para avaliar a validade dessa técnica para o tratamento das lesões SNAC.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

- Borgeskov S, Christiansen B, Kjaer A, Balslev I. Fractures of the carpal bones. *Acta Orthop Scand*. 1966;37(3):276-87.
- Hove LM. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1999;33(4):423-6.
- Jorgsholm P, Thomsen NO, Bjorkman A, Besjakov J, Abrahamsson SO. The incidence of intrinsic and extrinsic ligament injuries in scaphoid waist fractures. *J Hand Surg Am*. 2010;35(3):368-74.
- Hey HW, Chong AK, Murphy D. Prevalence of carpal fracture in Singapore. *J Hand Surg Am*. 2011;36(2):278-83.
- Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg Am*. 1980;5(5):508-13.
- Amadio PC, Taleisnik J. Fractures of the carpal bones. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, Wolfe SW, editors. *Green's operative hand surgery*. 3<sup>rd</sup> edition. New York: Churchill Livingstone; 1993. p. 799-801.
- Freedman DM, Botte MJ, Gelberman RH. Vascularity of the carpus. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(383):47-59.
- Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am*. 1987;12(4):514-9.
- Laulan J, Marteau E, Bacle G. Wrist osteoarthritis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101 1 Suppl:S1-9.
- Kent ME, Rehmatullah NN, Young L, Chojnowski AJ. Scaphoid nonunion in the presence of a degenerate carpus: don't rush to salvage surgery. *J Hand Surg Eur Vol*. 2012;37(1):56-60.
- Tunnerhoff HG, Haussmann P. Partial midcarpal arthrodesis with excision of the scaphoid for the treatment of advanced carpal collapse. *Oper Orthop Traumatol*. 2005;17(3):233-48.
- Merrell GA, McDermott EM, Weiss AP. Four-corner arthrodesis using a circular plate and distal radius bone grafting: a consecutive case series. *J Hand Surg Am*. 2008;33(5):635-42.
- Mulford JS, Ceulemans LJ, Nam D, Axelrod TS. Proximal row carpectomy vs four corner fusion for scapholunate (Slac) or scaphoid nonunion advanced collapse (Snac) wrists: a systematic review of outcomes. *J Hand Surg Eur Vol*. 2009;34(2):256-63.
- Buote NJ, McDonald D, Radasch R. Pancarpal and partial carpal arthrodesis. *Compend Contin Educ Vet*. 2009;31(4):180-91.
- Giannikas D, Karageorgos A, Karabasi A, Syggelos S. Capitulate arthrodesis maintaining carpal height for the treatment of SNAC wrist. *J Hand Surg Eur Vol*. 2010;35(3):198-201.
- Adey L, Ring D, Jupiter JB. Health status after total wrist arthrodesis for posttraumatic arthritis. *J Hand Surg Am*. 2005;30(5):932-6.
- Adams BD, Grosland NM, Murphy DM, McCullough M. Impact of impaired wrist motion on hand and upper-extremity performance. *J Hand Surg Am*. 2003;28(6):898-903.
- Halim A, Weiss AC. Total Wrist Arthroplasty. *J Hand Surg Am*. 2017;42(3):198-209.
- Lin E, Paksima N. Total wrist arthroplasty. *Bull Hosp Jointt Dis* (2013). 2017;75(1):9-14.
- Pequignot JP, Lussiez B, Allieu Y. A adaptive proximal scaphoid implant. *Chir Main*. 2000;19(5):276-85.
- Grandis C, Berzero GF. Partial scaphoid pyrocarbon implant: personal series review. *J Hand Surg (Eur Vol)*. 2007; 32:95.
- Daruwalla ZJ, Davies K, Shafiqhian A, Gillham NR. An alternative treatment option for scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) and radioscaphoid osteoarthritis: early results of a prospective study on the pyrocarbon adaptive proximal scaphoid implant (APSI). *Ann Acad Med Singapore*. 2013;42(6):278-84.
- Gras M, Wahegaonkar AL, Mathoulin C. Treatment of Avascular Necrosis of the Proximal Pole of the Scaphoid by Arthroscopic Resection and Prosthetic Semireplacement Arthroplasty Using the Pyrocarbon Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI): Long-Term Functional Outcomes. *J Wrist Surg*. 2012;1(2):159-64.
- Slutsky D. Unconstrained Pyrolytic Carbon (Pyrocarbon) Spacers in Wrist Surgery. In: Slutsky D, editor. *Principles and practice of wrist surgery*. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2010.
- Egloff DV, Varadi G, Narakas A, Simonetta C, Cantero C. Silastic implants of the scaphoid and lunate. A long-term clinical study with a mean follow-up of 13 years. *J Hand Surg Br*. 1993;18(6):687-92.
- Tian CL, Hetherington VJ, Reed S. A review of pyrolytic carbon: application in bone and joint surgery. *J Foot Ankle Surg*. 1993;32(5):490-8.