



UNICAMP

MICHEL ROBERTO BERVIAN

**DIAGNÓSTICO DE NECROSE AVASCULAR
EM PACIENTES COM PSEUDOARTROSE DO
ESCAFOIDE: CORRELAÇÃO DOS EXAMES
DE IMAGEM PRÉ-OPERATÓRIOS E
ACHADOS INTRAOPERATÓRIOS COM O
ANATOMOPATOLÓGICO**

Campinas

2014



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Ciências Médicas

MICHEL ROBERTO BERVIAN

**DIAGNÓSTICO DE NECROSE AVASCULAR EM PACIENTES COM
PSEUDOARTROSE DO ESCAFOIDE: CORRELAÇÃO DOS EXAMES
DE IMAGEM PRÉ-OPERATÓRIOS E ACHADOS
INTRAOPERATÓRIOS COM O ANATOMOPATOLÓGICO**

Orientador: Prof. Dr. Bruno Livani

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Médicas
da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
para obtenção do título de Mestre em Ciências.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO MICHEL ROBERTO BERVIAN SOB
ORIENTAÇÃO DO PROF. DR. BRUNO LIVANI.

Assinatura do Orientador

**Campinas
2014**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Maristella Soares dos Santos - CRB 8/8402

B463d Bervian, Michel Roberto, 1979-
Diagnóstico de necrose avascular em pacientes com pseudoartrose do escafoide : correlação dos exames de imagem pré-operatórios e achados intraoperatórios com o anatomopatológico / Michel Roberto Bervian. -- Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador : Bruno Livani.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Osso escafoide. 2. Pseudoartrose. 3. Osteonecrose. I. Livani, Bruno. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Scaphoid fracture nonunion : correlation of radiographic imaging (routine, CT, MRI), proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery

Palavras-chave em inglês:

Scaphoid bone

Pseudarthrosis

Osteonecrosis

Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica

Titulação: Mestre em Ciências

Banca examinadora:

Bruno Livani [Orientador]

João Francisco Marques Neto

Daniel Augusto Carvalho Maranhão

Data de defesa: 25-07-2014

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Cirurgia

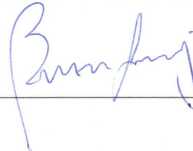
BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

MICHEL ROBERTO BERVIAN

Orientador PROF. DR. BRUNO LIVANI

MEMBROS:

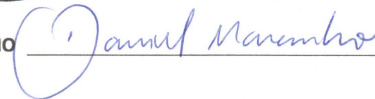
1. PROF. DR. BRUNO LIVANI



2. PROF. DR. JOÃO FRANCISCO MARQUES NETO



3. PROF. DR. DANIEL AUGUSTO CARVALHO MARANHO



Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

Data: 25 de julho de 2014

DEDICATÓRIA

À minha mãe e ao meu pai pela formação, pelo apoio e amor incondicional.

À minha esposa Stephanie, pelo amor e pela parceria.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Bruno Livani, pela oportunidade, confiança e orientação na realização desse trabalho.

À minha mãe, pela doação sempre incondicional.

Ao meu pai, pelo exemplo de dedicação total à família.

À minha esposa Stephanie, pela compreensão.

Aos meus irmãos Fabrício e Cristiano, pelos momentos de companheirismo.

Ao Prof. Dr. Samuel Ribak, que sempre me incentivou nas atividades científicas e foi meu mentor na Cirurgia da Mão.

A minha amiga Valéria Bonganha pela grande ajuda na confecção da minha dissertação.

Aos pacientes que participaram do estudo. Apesar da situação frágil em que se encontravam, concordaram fazer parte do trabalho.

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi realizar exames de imagem pré-operatórios, verificar a vascularização do segmento proximal do escafoide no intraoperatório e estabelecer correlações diagnósticas destes com o exame anatomopatológico. **Justificativa:** O diagnóstico pré-operatório do estado vascular do segmento proximal do escafoide é importante para o planejamento e direcionamento da escolha da técnica cirúrgica a ser utilizada. **Métodos:** Estudo experimental, prospectivo, caracterizado por ensaio não controlado. Os pacientes foram avaliados em relação à necrose do segmento proximal do escafoide em exames pré-operatórios (radiografia, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética) e, no intraoperatório, no qual a condição vascular do segmento proximal do escafoide foi avaliada após sua perfuração, demonstrando a presença ou não de sangramento. A ausência de sangramento estabelece como condição um segmento de necrose avascular ou esclerótico. Foi colhido material do segmento proximal e enviado para exame anatomopatológico. Nesse exame, as alterações microscópicas foram enquadradas em quatro tipos principais, variando desde viabilidade óssea, grau intermediário com maior ou menor viabilidade óssea e necrose completa. Utilizou-se o teste de qui-quadrado para testar a associação entre os achados dos exames de imagem e exame intraoperatório quando comparados com o exame de anatomopatológico. **Resultados:** Foram avaliados 19 pacientes do sexo masculino com diagnóstico de pseudoartrose do escafoide. O resultado demonstrou que existe associação entre a alteração radiográfica e a necrose óssea, $p < 0,05$ (0,026). A tomografia não demonstrou boa associação para o diagnóstico da necrose do osso escafoide $p > 0,05$ (0,125). A ressonância nuclear magnética mostrou que o hipossinal marcado em T1 confirmou, no anatomopatológico, o diagnóstico de necrose no segmento proximal do escafoide em todos os pacientes, $p < 0,05$ (0,002). O exame de avaliação intraoperatório demonstrou que 90% dos ossos considerados escleróticos no intraoperatório, confirmaram serem necróticos ao exame de microscopia, $p < 0,05$ (0,003). **Conclusão:** Em pseudoartrose do escafoide, imagens de ressonância nuclear magnética com hipossinal marcado em T1 e ausência de sangramento no intraoperatório são fortes indicativos de necrose avascular do segmento proximal.

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to correlate the preoperative imaging, vascularity of the proximal pole, and histology of the proximal pole bone of established scaphoid fracture nonunions. *Methods:* This was a prospective non-controlled experimental study. Patients were evaluated preoperatively for necrosis of the proximal scaphoid fragment by radiography, computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). Vascular status of the proximal scaphoid was determined intraoperatively, demonstrating the presence or absence of punctate bone bleeding. Samples were harvested from the proximal scaphoid fragment and sent for pathological examination. We determined the association between the imaging and intraoperative examination and histological findings. *Results:* We evaluated 19 male patients diagnosed with scaphoid nonunion. CT evaluation showed no correlation to scaphoid proximal fragment necrosis. MRI showed a marked low signal intensity on T1-weighted that confirmed the histologic diagnosis of necrosis in the proximal scaphoid fragment in all patients. Intraoperative assessment showed that 90% of bones had absence of intraoperative punctate bone bleeding, which was confirmed necrosis by microscopic examination. Correlation between preoperative imaging, intraoperative findings and pathology was found in 41% of cases, with 26% for bone necrosis and 15% for viable bone. *Conclusions:* In scaphoid nonunion MRI images with marked low signal intensity on T1-weighted and the absence of intraoperative punctate bone bleeding are strong indicatives of osteonecrosis of the proximal fragment.

SUMÁRIO

1.1 Anatomia.....	12
1.1.1 Anatomia Óssea.....	12
1.1.2 Anatomia Vascular.....	14
1.2 Incidência.....	16
1.3 Biomecânica da Fratura e Implicações da Pseudoartrose.....	17
1.4 Necrose Avascular.....	19
1.5 Exames de Imagem.....	21
1.5.1 Radiografia Simples.....	21
1.5.2 Tomografia Computadorizada.....	23
1.5.3 Ressonância Nuclear Magnética.....	24
2 OBJETIVOS.....	27
3 CAPÍTULO.....	28
“Scaphoid fracture nonunion: correlation of radiographic imaging (routine, CT, MRI), proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery”.....	28
4 CONCLUSÃO.....	51
5 REFERÊNCIAS.....	52
6 ANEXOS.....	57
Anexo 1. Parecer do comitê de ética.....	58

Anexo 2. Termo de consentimento livre e esclarecido	60
Anexo 3. Carta de submissão do artigo	65
Anexo 4. Carta de submissão do artigo	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Anatomia

1.1.1 Anatomia Óssea

Os ossos do carpo estão alinhados em duas fileiras, a fileira proximal e a fileira distal, com superfícies de deslizamento côncavas e convexas. As fileiras do carpo são suportadas por robustos ligamentos intrínsecos e reforçadas por um complexo sistema de ligamentos extrínsecos volar e dorsal. O escafoide é o único osso do carpo que preenche a fileira proximal e distal do carpo. Seu formato é semelhante ao de um feijão, com cerca de 80% de sua superfície coberto por cartilagem, o que limita a inserção de ligamentos e suprimento vascular (1).

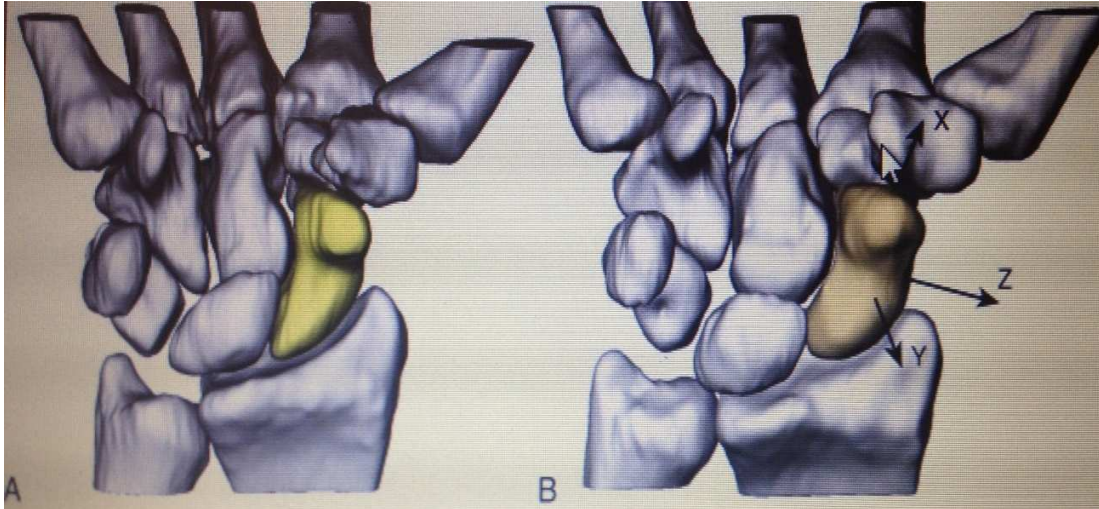


Figura 1 – Osso escafoide

Fonte: Green DP, Hotchkiss R N, Pederson W C, Wolfe S W (eds.) *Green's operative hand surgery*. Philadelphia: Elsevier, 2010.

Em **A**, a reconstrução tridimensional do escafoide foi realizada a partir de imagens de tomografia computadorizada de 25 punhos normais. Nessa imagem, pode ser vista a posição do escafoide abrangendo as fileiras proximais e distais do carpo, para coordenar o movimento do carpo. Em **B**, observa-se que 80% da superfície normal escafoide é coberta por cartilagem articular.

O escafoide é dividido em três segmentos: polo proximal, cintura e polo distal (tubérculo). O polo proximal articula com a fossa do escafoide na extremidade distal do rádio e com o semilunar. O polo distal do escafoide articula com o capitato, trapézio e trapezoide (2).

1.1.2 Anatomia Vascular

Em 1980, Gelberman e seus colegas pesquisaram a vascularização intra e extraóssea dos ossos do carpo (Figura 2) (3). Eles estudaram 15 escafoides de cadáveres frescos por injeção de contraste e determinaram que o principal suprimento sanguíneo para o escafoide se dá através da artéria radial: 70% a 80% da vascularização intraóssea e da totalidade do polo proximal ocorrem a partir de ramos da artéria radial, que entram através do cume dorsal.

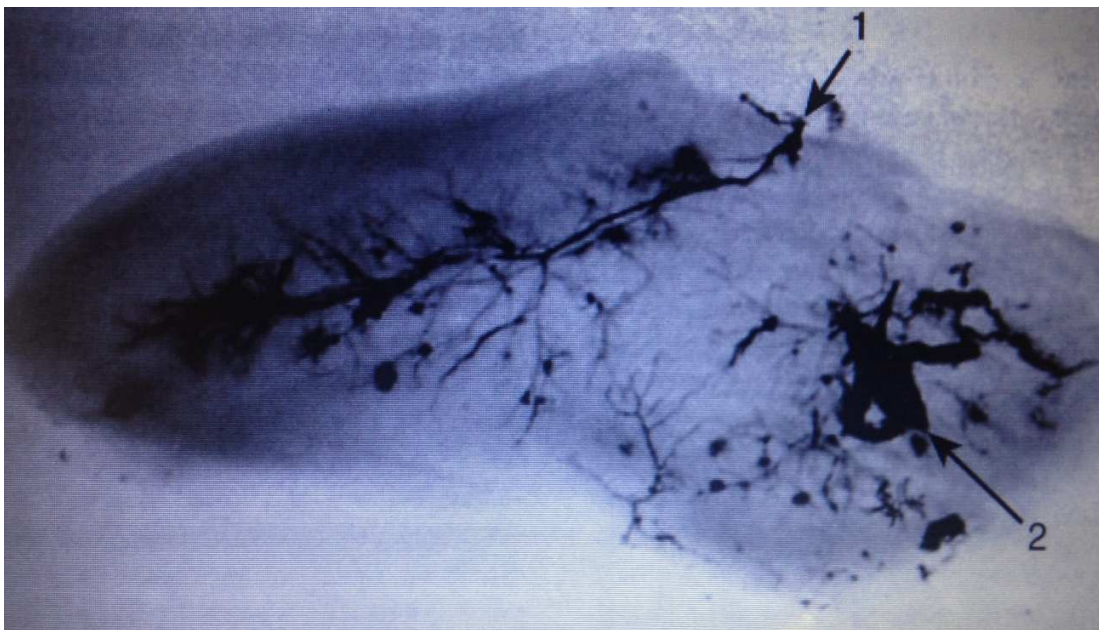


Figura 2 – Anatomia vascular do osso escafoide

Fonte: Gelberman R H, Menon J: *The vascularity of the scaphoid bone*, *J Hand Surg [Am]* 5:508-513, 1980.

Gelberman *et al*, em 1980, estudaram a anatomia vascular intraóssea do escafoide em membros de cadáveres frescos por injeção de contraste. Dois grandes pedículos vasculares (Figura 2 – 1 e 2) fornecem o suprimento sanguíneo ao escafoide. O polo proximal é vascularizado quase que exclusivamente a partir de vasos intraósseos. Esse vaso e seus ramos entram distal e dorsalmente no escafoide. Dessa forma, os vasos dorsais

viajam proximalmente ao longo do cume dorsal do escafoide, e a maioria dos vasos entram na cintura do escafoide e continuam com vasos intraósseos (Figura 3). Ramos da artéria radial volar proporcionam o fornecimento de sangue de 20% a 30% do osso na região da tuberosidade distal (3). Portanto, há excelente circulação colateral para o escafoide por meio de ramos dorsais e volares da artéria interóssea anterior.

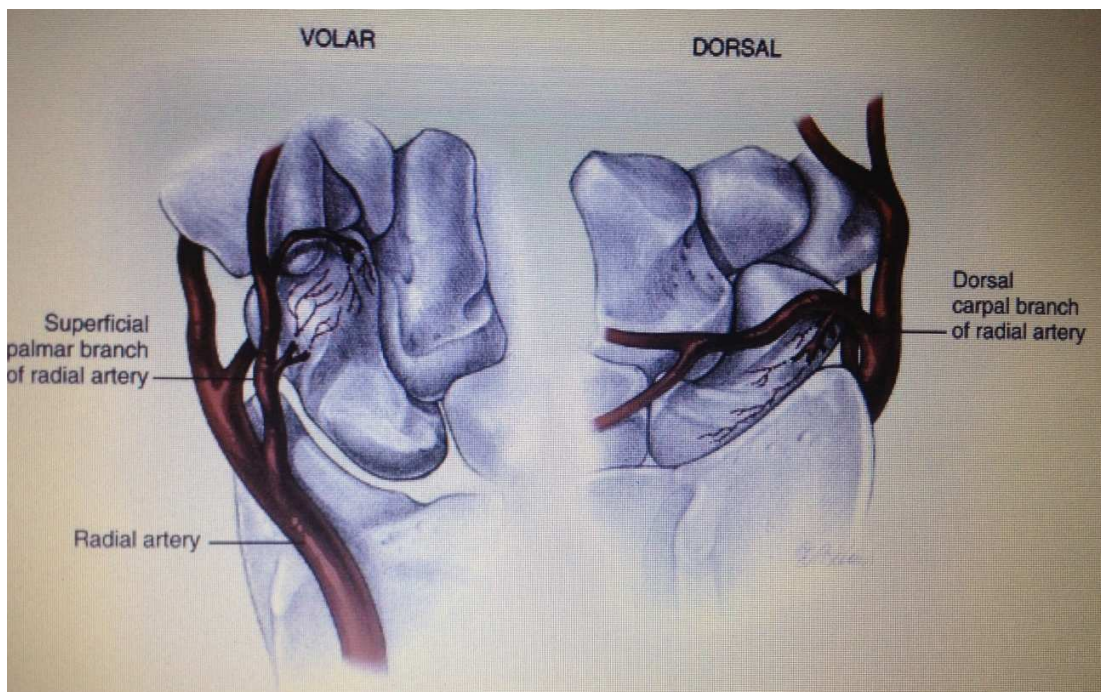


Figura 3 - Representação esquemática do suprimento sanguíneo do escafoide
Fonte: Green, DP et al. (eds.) *op. cit.*

Os principais vasos sanguíneos dorsais ramificam da artéria radial e penetram no osso, através de pequenos orifícios localizados adjacentes à crista dorsal. Já os principais vasos sanguíneos palmares surgem a partir da artéria radial diretamente ou do arco palmar superficial, e dividem-se em vários ramos menores, entrando pela região do tubérculo. Por depender de um único vaso sanguíneo intraósseo dominante, o polo proximal do escafoide

é extremamente suscetível à necrose avascular após fratura nessa região (4) Gelberman et al. (3) propuseram que a abordagem cirúrgica volar seria a menos traumática para suprimento sanguíneo do polo proximal.

O ligamento radioescafolunar (ligamento de Kuenz e Testut) é um pedículo vascular de tecidos moles que compreende arteríolas, vênulas e pequenos nervos, sendo também responsável pela nutrição do escafoide. Ele está posicionado entre este, a fossa do semilunar e as inserções palmares da parte membranosa do ligamento escafo-semilunar, enquanto suas arteríolas se originam do arco radiocarpal. Handley e seus colegas descobriram que a drenagem venosa do polo proximal do escafoide se dá através da crista dorsal nas veias radiais (5).

Travaglini (6) e Gelberman et al. (3), estudaram exaustivamente a circulação do punho e determinaram que o escafoide tem sua circulação, através da penetração de vasos, em três áreas não articulares: o dorso, a superfície volar distal e, em menor importância, nos pequenos vasos originados da artéria interóssea volar, que acompanham o ligamento radioescafolunar.

1.2 Incidência

As fraturas do escafoide representam 60% a 70 % de todas as fraturas do carpo (7). Barton (8) apresentou a incidência de 43,6% de traumatismos envolvendo o punho e a mão, no ano de 1996, entre os atendimentos na Clínica de Fraturas de Adultos do Hospital Universitário de Nottingham, que serve uma população de 750 mil habitantes. Além disso, a maioria das lesões é de baixa energia, a partir de um evento esportivo (59%) ou de uma queda com o punho estendido (35%), o restante é de traumas de alta energia, como a de

uma queda de uma altura ou um acidente automobilístico (9). De acordo com um estudo realizado na Noruega, 82% das fraturas do escafoide ocorrem em homens que têm média de idade de 25 anos (variação de 11 a 79 anos).

A incidência específica por idade, nos homens, manteve-se significativamente maior do que nas mulheres até os 60 anos de idade, momento em que as incidências tornam-se semelhantes. A incidência anual de fraturas do escafoide é de 43 por 100.000 pessoas, sendo responsável por 11% das fraturas de mão (10). Mais recentemente, Wolf (11) investigou uma grande população militar dos EUA e encontrou uma maior incidência de fratura do escafoide do que havia sido encontrada nos estudos anteriores: 121 por 100.000 pessoas. A faixa etária de 24 anos foi associada às maiores taxas de lesões escafoides. Isso porque, a natureza mais ativa das ocupações dessa população pode implicar essa incidência maior (5).

Dickson avaliou cinco grandes séries de fraturas do escafoide (12). Num total de 1.105 fraturas recentes, encontrou 10% das fraturas na tuberosidade; 11%, no terço distal; 72%, na cintura do escafoide e 6%, no terço proximal. No levantamento feito por Amadio e Moran, as fraturas do escafoide atingiram 78,8% de um total de 6.390 fraturas dos ossos do carpo (13).

A fratura sem tratamento, com história de traumatismo no punho há mais de seis meses, é considerada pseudoartrose (14). Embora a maioria das fraturas do escafoide evolua favoravelmente com tratamento não cirúrgico, na maioria das séries dos casos relatados tem-se uma taxa de não consolidação (pseudoartrose) de aproximadamente 10% (15).

1.3 Biomecânica da Fratura e Implicações da Pseudoartrose

Embora o mecanismo exato da fratura não seja completamente compreendido, as principais evidências apontam para uma lesão com a mão espalmada e o punho em hiperextensão, ultrapassando 95 graus de extensão com desvio radial (16).

Como acontece com qualquer fratura, o potencial de consolidação depende da localização da fratura e sua vascularização. Fraturas do escafoide consolidam por ossificação intramembranosa, o que apresenta problemas específicos para a sua consolidação, pois sem um calo de fratura (característico desse tipo de ossificação) para fornecer estabilidade inicial, as forças potencialmente deformantes continuam atuando sobre a fratura. Quanto mais proximal for a fratura, mais limitado será o fornecimento de sangue, aumentando o risco de necrose avascular. Dado essa condição de difícil resolução, fraturas deslocadas estão associadas a uma elevada taxa de não união (pseudoartrose). Fraturas com um deslocamento maior que 1 mm ou angulação maior que 15 graus são fatores de risco para a pseudoartrose (17).

Se a pseudoartrose do escafoide não for tratada, ocorrerão alterações osteoartísticas no punho, denominadas de colapso avançado da não união do escafoide (SNAC – *scaphoid nonunion advanced collapse*) (18). Alterações osteoartísticas iniciam-se na articulação rádio-carpal no nível do estiloide radial com o polo distal do escafoide e são seguidas por degeneração da articulação mediocárpica e, finalmente, pela osteoartrite pan-carpal. Alterações osteoartísticas foram encontradas em 97% dos pacientes, 5 anos após a lesão, com o grau de alterações osteoartísticas proporcional à duração da pseudoartrose (19).

Os pacientes geralmente apresentam dor, com limitações na amplitude de movimento. Duppe revisou os resultados de 30 anos de acompanhamento de fraturas do escafoide tratados com imobilizações antebraquiopalmares, incluindo o polegar. Nessa revisão, constatou-se 10% por cento dos pacientes desenvolveram pseudoartrose; 60% destes demonstraram evidência radiográfica de osteoartrite radiocárpica, enquanto que apenas 2% do grupo curado demonstraram alguma mudança degenerativa (20).

Em pacientes com diagnóstico de pseudoartrose do escafoide, o objetivo do tratamento, além da consolidação óssea com restauração da forma original do escafoide, deve ser o reestabelecimento da função do punho, de modo que o paciente possa retomar suas atividades normais (21).

1.4 Necrose Avascular

Atualmente, o termo “necrose avascular” é usado para rotular um amplo espectro de condições de assumido comprometimento circulatório. Estritamente falando, este deve ser reservado para designar histologicamente “a morte de substância óssea por anoxia e suas sequelas”. Tal dificuldade existe em torno do envolvimento variável de um segmento de osso afetado, que muitas vezes apresenta um arranjo irregular de lesões isquêmicas, e relativo à dinâmica biológica do processo de reparação espontânea que evolui em várias etapas (21). A necrose avascular do polo proximal do escafoide é um dos principais fatores que podem impedir a consolidação óssea (22).

A vascularização do escafoide, tradicionalmente, pode ser avaliada por radiografia simples, tomografia computadorizada, mas também ressonância nuclear

magnética e inspeção de sangramento no transoperatório (23, 24). A ressonância nuclear magnética parecer ser o exame pré-operatório mais preciso no diagnóstico de necrose avascular do polo proximal do escafoide, porém não é infalível (25).

Green (26) originalmente sugeriu a combinação do desbridamento do polo proximal do escafoide e a observação da presença ou não de sangramento (*punctate bone bleeding*) como o método mais preciso de diagnóstico de necrose avascular. Ele avaliou o sangramento do polo proximal e demonstrou a influência negativa das necroses nas consolidações: consolidaram 24 em 26 pacientes com sangramento visível (92%) e não houve consolidação de nenhum dos cinco pacientes com escafoides sem qualquer vestígio de sangramento (26).

A confirmação do diagnóstico, no entanto, só é possível através do exame histológico (27). Na pseudoartrose do escafoide, é importante se ter um diagnóstico pré-operatório do estado vascular do polo proximal para planejar e orientar a abordagem cirúrgica a ser usada (28).

Em um estudo sobre a utilização de enxerto ósseo vascularizado da extremidade distal do rádio dorsal comparado ao uso de enxerto ósseo não vascularizado convencional da mesma região, os autores concluíram que a técnica com uso de enxerto ósseo vascularizado apresentou índices de consolidação maiores e resultados funcionais superiores aos do procedimento convencional não vascularizado (28). Quando o polo proximal do escafoide apresenta-se no intraoperatório, sem sangramento, esclerótico, a técnica do enxerto vascularizado mostrou-se mais eficiente do que o enxerto convencional (Figura 4).

Nestes casos, para resolver o problema da pseudoartrose com necrose do polo proximal, a tentativa de salvar o escafoide passa por trazer vasos de forma isolada para o osso necrótico, como propuseram Hori et al. (29).



Figura 4 – Imagem intraoperatória evidenciando polo proximal esclerótico.
Fonte: Imagem própria.

1.5 Exames de Imagem

1.5.1 Radiografia Simples

É comum a interpretação de “aumento da densidade radiológica” em radiografias padrão na pseudoartrose do escafoide como sendo a existência de necrose avascular (Figura 5). Infelizmente, a especificidade e a precisão da observação de

diminuição de radioluscência, no que diz respeito às mudanças avasculares, não são grandes.

Na investigação de Perlik e Guilford (30), por exemplo, o aumento da densidade radilógica em radiografias simples apresentou um falso-positivo de necrose avascular em cinco de cada dez pacientes; além disso, não se detectaram alterações vasculares em um de cada dez casos e o resultado foi acurado em apenas quatro de cada dez casos. “O aumento da densidade radiológica” pode ser devido ao giro do polo proximal do escafoide para fora da posição normal, ocorrendo, com isso, a sobreposição da imagem com conseqüente aumento da densidade radiológica. Além do mais, é difícil interpretar esse aumento da densidade na presença de osteopenia/osteoporose dos ossos circundantes (21).



Figura 5 – Imagem de radiografia simples do punho.
Fonte: Imagem própria

Deve-se notar na imagem o aumento da densidade radiológica do polo proximal do escafoide (seta) em relação aos ossos circundantes.

1.5.2 Tomografia Computadorizada

Da mesma forma como ocorre nas radiografias simples, o aumento da densidade radiológica nas tomografias computadorizadas é aceito, na prática clínica, como sendo necrose avascular (Figura 6) (23). No entanto, na mesma série de Perlik, a avaliação de necrose avascular, através da tomografia computadorizada, foi claramente superior às radiografias simples. Ele obteve apenas um falso-positivo e nenhum falso-negativo (em sete pacientes) (30).

A importância do aumento da radiodensidade, nas radiografias simples, foi questionada na literatura, devido à rotação do polo proximal do escafoide, que poderia mimetizar a esclerose (21). No entanto, a tomografia computadorizada tem a vantagem de excluir essa possibilidade e de remover os tecidos moles como fatores de confusão. Qualquer aumento da radiodensidade visto na tomografia computadorizada deve, portanto, representar uma verdadeira diferença na densidade óssea (21).



Figura 6 – Imagem de tomografia computadorizada do punho.
Fonte: imagem própria.

Deve-se notar, na figura 6, o aumento da densidade radiológica (seta) do polo proximal do escafoide em relação aos ossos circundantes.

1.5.3 Ressonância Nuclear Magnética

A ressonância nuclear magnética (RM) é altamente sensível (89 %) na detecção de isquemia do osso (31, 32). Apesar de esta não ser muito específica nas fases iniciais de necrose avascular, desde edema transitório idiopático, edema da contusão óssea até isquemia benigna, as condições pré-existent, tais como reações de granulação da medula

óssea, podem produzir imagens semelhantes à necrose avascular (33,34). Nesses casos, o valor preditivo negativo da ressonância nuclear magnética é excelente, e a observação da intensidade do sinal em T1 normal, algumas semanas após uma lesão, descarta necrose óssea (34). O sinal clássico de necrose óssea na ressonância nuclear magnética é o hipossinal em T1 (Figura 7) (35).

Embora alguns estudos mostrem que a avaliação da vascularização do polo proximal do escafoide por ressonância magnética não prevê se uma fratura irá, ou não, consolidar após o tratamento conservador (36), a ressonância magnética ainda é considerada o teste mais confiável para o diagnóstico pré-operatório de necrose avascular e é o teste mais utilizado neste cenário (37,38).

Gunal et al. (39) avaliaram trinta e dois pacientes por RM e compararam seus resultados com o sangramento (*punctate bone bleeding*) no intraoperatório; encontrando concordância dos achados em dezenove pacientes e discordância em treze. Para tanto, dividiram os pacientes em quatro grupos: no grupo 1, havia cinco pacientes com RM normal e presença de sangramento. – todos consolidaram; no grupo 2, havia sete pacientes com RM normal, porém sem presença de sangramento – todos consolidaram; no grupo 3, havia seis pacientes com RM com sinais de necrose avascular, porém com presença de sangramento – à exceção de um, consolidaram; no grupo 4, havia quatorze pacientes com RM com sinais de necrose avascular, sem presença de sangramento, e indicaram a excisão do polo proximal. A partir de seus resultados, concluíram que a combinação dos dados da RM e da avaliação de sangramento no transoperatório é a melhor forma de avaliar a real condição do polo proximal.



Figura 7 – Imagem de ressonância nuclear magnética do punho. Fonte: Imagem própria

Nota-se, na figura 7, o hipossinal em T1 do polo proximal do escafoide (seta) indicando necrose avascular.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo é o de realizar exames de imagem pré-operatórios (radiografia, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética), verificar a vascularização do segmento proximal do escafoide no intraoperatório e estabelecer correlações diagnósticas destes com o exame anatomopatológico, em pacientes portadores de pseudoartrose do escafoide, a fim de estabelecer um diagnóstico mais preciso de necrose avascular.

3 CAPÍTULO

“Scaphoid fracture nonunion: correlation of radiographic imaging (routine, CT, MRI), proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery”

Diagnosis of Scaphoid Nonunion

Abstract

Purpose: was to correlate the preoperative imaging, vascularity of the proximal pole, and histology of the proximal pole bone of established scaphoid fracture nonunion. **Methods:** This was a prospective non-controlled experimental study. Patients were evaluated preoperatively for necrosis of the proximal scaphoid fragment by radiography, computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). Vascular status of the proximal scaphoid was determined intraoperatively, demonstrating the presence or absence of punctate bone bleeding. Samples were harvested from the proximal scaphoid fragment and sent for histological examination. We determined the association between the imaging and intraoperative examination and histological findings. **Results:** We evaluated 19 male patients diagnosed with scaphoid nonunion. CT evaluation showed no correlation to scaphoid proximal fragment necrosis. MRI showed marked low signal intensity on T1-weighted that confirmed the histological diagnosis of necrosis in the proximal scaphoid fragment in all patients. Intraoperative assessment showed that 90% of bones had absence of intraoperative punctate bone bleeding, which was confirmed necrosis by microscopic

examination. Conclusions: In scaphoid nonunion MRI images with marked low signal intensity on T1-weighted and the absence of intraoperative punctate bone bleeding are strong indicatives of osteonecrosis of the proximal fragment.

1. INTRODUCTION

The scaphoid is the most commonly fractured of all carpal bones, representing 60 % of fractures to the carpus (1). Although the majority of scaphoid fractures heal with nonsurgical treatment, most case series report an approximate 10% nonunion rate (2). A wrist fracture for over six months untreated is considered nonunion (3). Nonunion may show a distinct pattern of degenerative changes, eventually leading to a scaphoid nonunion advanced collapse wrist (4). In established nonunion, the treatment goal, in addition to bone union with restoration of the shape of the scaphoid, should be to re-establish wrist function so that the patient can resume normal activities (5). These are mostly related to fractures of the proximal pole or to avascular necrosis of the proximal fragment (6, 7). The traditional explanation for this is a decreased arterial supply to the proximal pole that makes fractures in that area more likely to progress to nonunion and limits the potential healing (8). In the surgical treatment of nonunion of the proximal pole of the scaphoid, failure rates of approximately 65% have been reported (9, 10). In such adverse conditions, determination of the vascular status of the scaphoid segments is essential (11). Green originally suggested, debriding the proximal pole of the scaphoid and observation of the amount of bleeding is the most accurate method of diagnosing of avascular necrosis (12, 13).

Radiography, computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are preoperative diagnostic tests for avascular necrosis of the scaphoid (14, 15). MRI may

be the most accurate, but it is not infallible (16). Diagnostic confirmation, however, is only possible by histological examination (17). It is important to have a preoperative diagnosis of the vascular status of the non-united proximal segment of the scaphoid to plan and guide the surgical approach to be used (18).

The purpose of this study was to conduct preoperative imaging tests (radiography, CT and MRI), to evaluate intraoperatively the vascularity of the proximal segment of the scaphoid, and to conduct histological analysis of the proximal scaphoid fragment in scaphoid nonunion to determine correlations between these diagnostic evaluations.

2. METHODS

This was a prospective non-controlled experimental study (19). The study sample comprised patients with nonunion of the scaphoid diagnosed by medical interview, physical examination and radiography, and were treated in the orthopedic division. Inclusion criteria were as follows: skeletally mature patients with nonunion of the scaphoid. Exclusion criteria were: patients with acute scaphoid fractures (<6 months since the trauma); patients with scaphoid nonunion who previously underwent surgery; combination of fractures or dislocations of other carpal bones, or any associated bone disorders. This study was approved by the relevant research ethics committee.

The following scans were assessed preoperatively by an independent blinded musculoskeletal radiologist observer for all cases: 1- radiography: plain radiographic evaluation of the wrist using four views: posteroanterior, posteroanterior in ulnar deviation, lateral, and oblique views; 2- CT: coronal plane evaluation (90° elbow flexion, lateral side of the 5th finger touching the table top); axial plane evaluation (fingers spread, palms down

on the table top); sagittal plane evaluation (90° elbow flexion, fingers spread, palms down on the table top), with slice thickness of 1–3 mm in multislice CT scanner; 3- MRI: T1-weighted images obtained in routine planes (sagittal, coronal and axial) using high field circumferential coils (1,5 tesla).

For all surgical cases, regardless of the approach used, samples were collected from the proximal segment during surgery. Tourniquet is insufflated after simple elevation of the extremity for exsanguinations. By opening the joint capsule, the focus of nonunion was identified and then resected. Sufficient amount of bone tissue of the proximal segment of the scaphoid including the dorsal and volar central areas was removed en bloc using osteotomes and delicate curettes (Fig. 5). The specimen was then fixed in 10% buffered formalin, using a solution volume 10 times that of the solid component, and sent for analysis by the pathology department. At the histopathology department, the fixed specimen was decalcified in 10% nitric acid. Then, the sample was cut and completely embedded in paraffin. Five-micrometer-thick histological sections were microtome-cut and stained with hematoxylin-eosin and Masson's trichrome.

The following result assessment criteria were used for the diagnosis of necrosis of the proximal segment of the scaphoid. 1- Radiography: Increased radio density of the proximal segment of the scaphoid was assessed and estimated by the radiologist in comparison with the capitates bone. (Fig.1). 2- CT: Increased radio density of the proximal segment of the scaphoid was assessed and estimated by the radiologist in comparison with the capitates bone. (Fig. 2). 3 - MRI: were performed weighted sequences in T1 and T2 with fat saturation in all patients. The specific analysis of the sentence in T1 was chosen due to possible relation between the low signal intensity on T1-weighted image with

osteonecrosis. Thus, images were assessed and estimated by the radiologist and were stratified according to T1-weighted signal intensity into low (higher intensity as compared to muscle signal in the same image) and marked low (lower intensity as compared to muscle signal in the same image) (20) (Figs. 3 and 4). 4- Intraoperative findings: the vascular status of the proximal segment of the scaphoid was evaluated following drilling. Absence of intraoperative punctuate bone bleeding, after tourniquet is released, resupposes avascular necrosis. (Fig. 5). 5- Histological: microscopic changes were categorized into four main types (21, 22, 23, 24): G1 (bone viability, with regeneration and presence of osteoblasts), in this category, cells of trabecular bone surface with preserved aspect were found, as well as bone elements with clear vitality. The intertrabecular myeloid cell elements may be found with preserved aspect (Fig. 6); G2 (intermediate grade with higher bone viability), loss of regularity of the bone surface without uniformity in the cells of the trabecular surface with possible signs of necrosis, or intense bone remodeling, but still without the most complete features of viable bone, i.e., under the morphological criteria, the spectrum is similar to the preserved bone, however the signs of necrosis related to the initial trauma are still present (Fig. 7); G3 (intermediate grade with minimal bone viability), is the terminology used to describe cases that the bone tissues showed clear signs of necrosis (as described above) even showed minimal signs of regeneration. (Fig. 8); G4, (complete necrosis, no osteoblasts), severe and clearly bone necrosis, with well-formed or ruptured bone lamellae, surrounded by soft or necrotic myeloid tissue, or bone lamellae immersed in unfilled areas. Thus were found in samples since the complete loss of osteoblasts, steatonecrosis, myeloid with loss of nuclear staining, beyond the presence of fatty intertrabecular spaces in bone regions. In this case, the osteoblasts are not found even

in multiple histological sections (Fig. 9). For statistical analysis, types G1 and G2 were grouped together as viable and types G3 and G4 as necrotic.

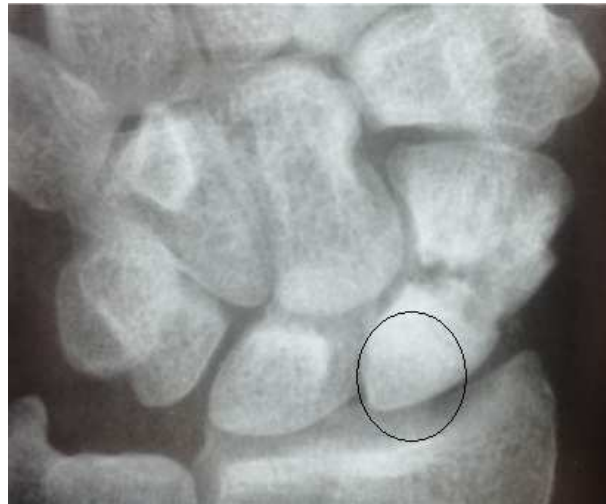


Fig. 1. AP radiograph of the left wrist of Patient no. 19 showing increased bone density as compared to the capitate bone.



Fig. 2. CT of the left wrist of Patient no. 6 showing sclerosis of the proximal segment.



Fig. 3. MRI of the right wrist of Patient no. 18 showing slightly low signal intensity on T1-weighted image.



Fig. 4. MRI of the left wrist of Patient no. 6 showing low signal intensity on T1-weighted image.

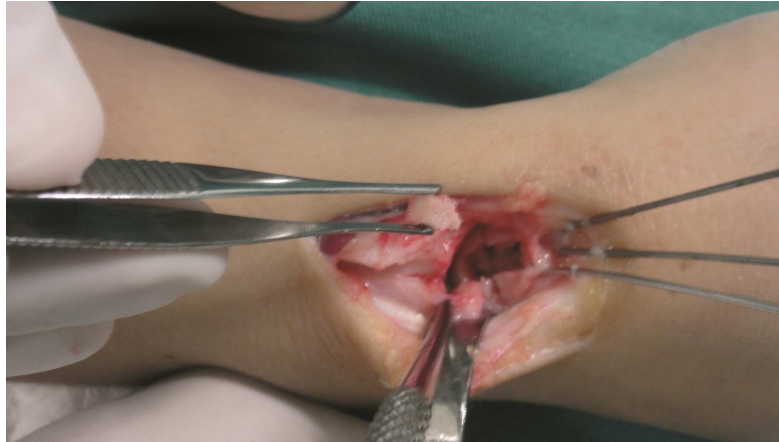


Fig. 5. Intraoperative image of the left wrist of Patient no. 6 showing sclerosis of the proximal pole.



Fig. 6. Histological section from Patient no. 13 showing grade G1 viable bone. Presence of osteoblastic rimming.

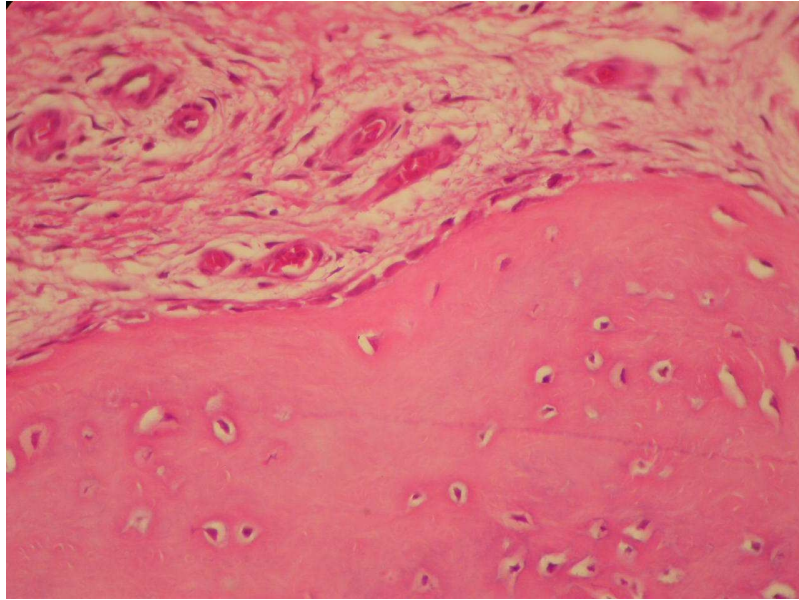


Fig. 7. Histological section from Patient no. 10 showing grade G2 viable bone. Presence of osteoblastic rimming surrounded by fibrous tissue and osteocytes.

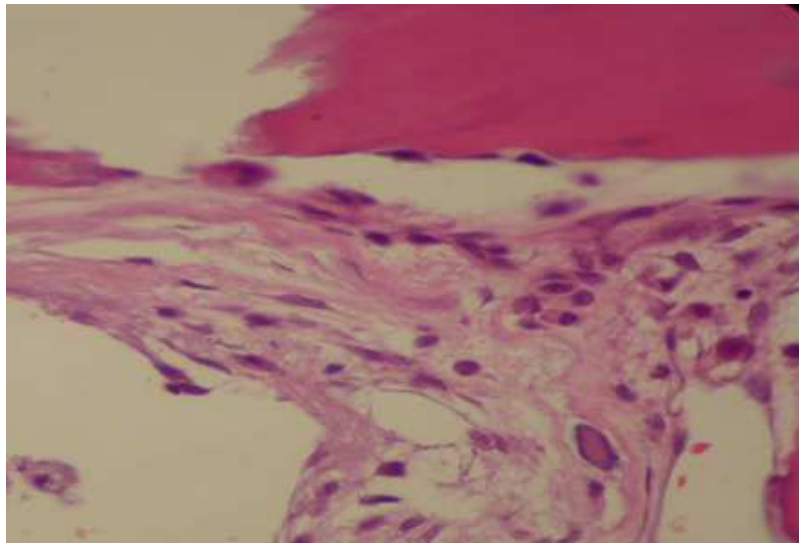


Fig. 8. Histological section from Patient no. 3 showing necrosis with few osteoblasts surrounded by fibrous tissue (G3).

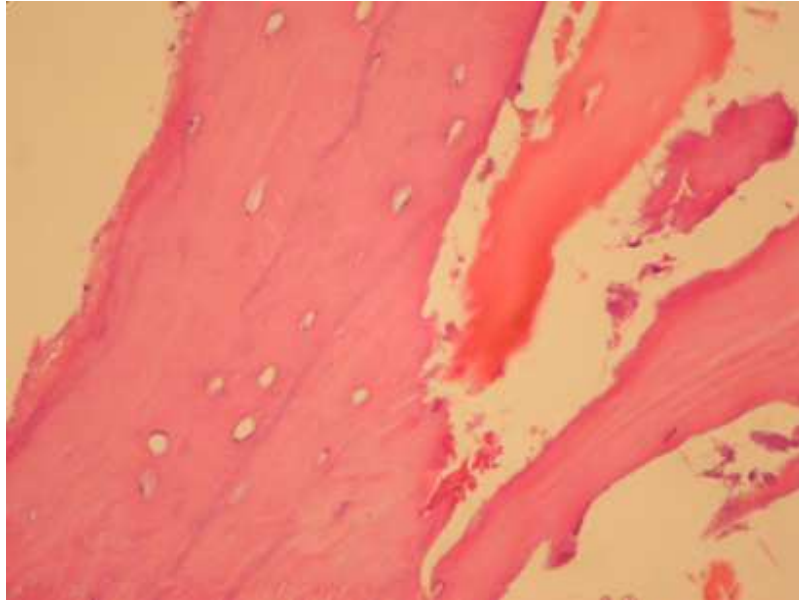


Fig. 9. Patient no.6, microscopy showing type 4 necrosis of the proximal pole (G4). No osteoblasts were seen.

Statistical Analysis

Data were stored in Excel for organizational purposes and exported to the statistical software SPSS, version 19.0. A descriptive statistical analysis was conducted, with means and standard deviations for age, time from injury in months, and number of fractures by region. Result frequency was also described for each test. For inferential statistics, the χ^2 test was used to evaluate the correlations between imaging test and intraoperative examination and histological findings. The null hypothesis was rejected when the value of p was $<5.0\%$ ($p \leq 0.05$).

3. RESULTS

We evaluated 19 male patients diagnosed with nonunion of the scaphoid who were treated between November, 2008 and December, 2011. The mean age of the patients was 33.7 ± 8.7 years. Table 1 shows the baseline characteristics.

Table 1. Patient baseline characteristics (patient number, name initials, sex, age, time, and site of pseudoarthrosis).

	Initials	Sex	Age	Time since fracture (months)	Site of fracture
1	PPS	M	42	12	Proximal
2	CAM	M	32	27	Proximal
3	MML	M	39	14	Middle
4	ODD	M	47	8	Distal
5	PRM	M	44	29	Proximal
6	WD	M	27	15	Middle
7	MFR	M	36	17	Middle
8	MNT	M	20	13	Middle
9	JRMR	M	27	12	Middle
10	LPS	M	55	10	Proximal
11	GCP	M	32	18	Proximal
12	JCF	M	24	17	Proximal

13	MJR	M	39	18	Proximal
14	FSR	M	31	22	Proximal
15	AAL	M	30	16	Proximal
16	SRS	M	31	20	Middle
17	WFO	M	27	10	Middle
18	WS	M	26	24	Middle
19	LFS	M	33	16	Middle

Symptom duration was measured in months from initial fracture. The time interval between initial fracture and definitive treatment ranged from 8 to 29 months (mean 16.7±5.7 months). The anatomic classification system was used to determine the level of nonunion, dividing the fractures according to fracture level in the proximal third, middle third and distal third. In our trial, 6, 47 and 47% of the cases were classified as nonunion of the distal, middle and proximal thirds, respectively (3).

According to predetermined criteria, necrosis of the proximal segment of the scaphoid was identified: by radiography for eight (42%) patients; CT for 11 (58%) patients; and MRI for 15 (79%) patients (37% with slightly low signal intensity on T1-weighted images and 42% with low signal intensity on T1-weighted images); and intraoperatively for 10 (52%) patients (Table 2). Necrosis was diagnosed by histological examination in 11 (57%) patients (26% grade G3 and 31% G4).

Table 2 shows imaging test results, intraoperative and histological findings. There was agreement (correlation) of the results of preoperative imaging tests and intraoperative and histological findings in eight cases (41%), of which five (26%) were necrotic bones and three (15%) were viable bones.

Table 2. Results of radiography, CT, MRI, and intraoperative findings and their correlations with microscopic findings (grades 1–4).

	X-Ray	CT	MRI	Intraoperative	Microscopy
1	N	N	Low signal intensity	No bleending	Necrosis (G4)
2	I	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleending	Necrosis (G4)
3	I	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	Bleeding	Necrosis (G3)
4	N	N	Low signal intensity on T1-weighted image	Bleeding	Viable Bone (G2)
5	I	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleending	Necrosis (G4)
6	N	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleending	Necrosis (G4)
7	I	I	Low signal intensity on T1-weighted image	No bleending	Necrosis (G3)

8	N	N	No changes	Bleeding	Viable (G2)	Bone
9	N	N	Low signal intensity on T1-weighted image	Bleeding	Viable (G2)	Bone
10	N	N	No changes	Bleeding	Viable (G2)	Bone
11	N	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleeding	Necrosis (G4)	
12	I	I	Low signal intensity on T1-weighted image	Bleeding	Viable (G2)	Bone
13	N	N	No changes	Bleeding	Viable (G1)	Bone
14	N	I	Low signal intensity on T1-weighted image	No bleeding	Viable (G2)	Bone
15	I	N	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleeding	Necrosis (G3)	
16	I	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleeding	Necrosis (G3)	
17	N	N	No changes	Bleeding	Necrosis (G3)	
18	N	I	Low signal intensity	Bleeding	Viable (G2)	Bone
19	I	I	Marked low signal intensity on T1-weighted image	No bleeding	Necrosis (G4)	

I= increased radiodensity, N= normal radiodensity. Patients which was agreement (correlation) of the results of preoperative imaging tests and intraoperative and histological findings are marked (in bold).

An assessment was conducted to state that of the 8 cases with a radiologic diagnosis of necrosis of the proximal pole of the scaphoid, 7 cases had no viable bone on histological analysis, and one patient had viable bone, yielding an agreement of 86% (7/8). Data were analyzed using the χ^2 test. Results indicated a correlation between radiographic change and bone necrosis, $\chi^2 (1) = 4.968$, $p < 0.05$ (0.026). Of the 11 patients with histological confirmed necrosis, eight radiographs showed a change in the proximal segment of the scaphoid.

There were no found a significant correlation the CT with the diagnosis of necrosis of the scaphoid bone $\chi^2 (1) = 2.358$, $p > 0.05$ (0.125).

MRI confirmed the results of the histological tests of 10 of 11 (90%) patients who had necrosis of the proximal segment of the scaphoid, with marked low signal intensity on T1-weighted images. The diagnosis of necrosis was confirmed by histological test for all scans that indicated marked low signal intensity on T1-weighted images (n=8). Thus, the χ^2 test showed a significant difference, $\chi^2 (1) = 10.050$, $p < 0.05$ (0.002). Ninety percent of bones that were found to be sclerotic during surgery were confirmed as necrotic upon intraoperative microscopic examination, $\chi^2 (1) = 8.927$, $p < 0.05$ (0.003).

4. DISCUSSION

Treatment of nonunion of the scaphoid remains a challenge in hand surgery, particularly when it involves the proximal pole or vascular impairment of the segments (5). Success treating nonunion of the scaphoid is measured by consolidation, re-establishment of the shape of the scaphoid, pain relief, and recovery of normal mobility and biomechanics of the wrist (25). When consolidation of the nonunion is not achieved, the outcome is

generally poor: patients develop persistent pain, joint stiffness and radio carpal arthritis (26).

Avascular necrosis of proximal pole of scaphoid is one of the key factors that may prevent bone union (27). Shah and Jones reported that only five of 15 (33.3%) cases achieved union (28).

In a study of the use of vascularized bone graft from the distal aspect of the dorsal radius compared with conventional non-vascularized bone graft from the same region, the authors concluded that vascularized bone yielded a higher consolidation rate and superior functional results than the conventional non-vascularized procedure (18). For proximal scaphoid poles that do not present with bleeding during surgery, the vascularized technique has been shown to be more effective than conventional grafting. When the proximal scaphoid fragment is well-vascularized, the two treatments do not differ (18).

When comparing imaging tests with histological diagnosis, the value of plain wrist radiographs for prediction of the vascular status of the proximal pole has been questioned (29). Increased density of the proximal segment of the scaphoid is interpreted as vascular impairment at this point, but the diagnosis of necrosis remains uncertain⁽⁶⁾. "Increased bone density" is normal in a scaphoid or a scaphoid fragment that has rotated out of normal position, and is difficult to interpret in the presence of osteoporosis/osteopenia of the surrounding bones (29). However, in our study, radiographs were effective guides for diagnosis of necrosis of the proximal segment of the scaphoid, eight of radiographs with increased radiological density, seven showed the histological examination of bone necrosis (86%).

CT does not strongly correlate with diagnosis of avascular necrosis of the proximal segment of the scaphoid, although it was initially considered more accurate than radiography corroborating with other studies that show conflicting results regarding this topic (14).

Although some studies show that the assessment of the vascularity of the proximal scaphoid by MRI does not predict whether a fracture will, or will not, unite after conservative treatment (30), MRI is still considered the most reliable test for the preoperative diagnosis of avascular necrosis and is the most frequently test used in this setting (20, 31). According to Donati (32), MRI without contrast showed improved diagnosis of avascular necrosis of the proximal segment of the scaphoid compared to MRI with gadolinium contrast, hence by choosing tests without contrasts to be more simple and safe (32). However, as in our study, Gunalet et al. (33) reported incomplete agreement correlation between MRI and histological tests.

MRI may be superior to bone scintigraphy owing to its fewer false positive results and the ability to identify other causes of wrist pain, such as ligament us injury, which cannot be diagnosed with bone scintigraphy (34). For this reason, we decided in our study did not include bone scintigraphy.

All MRI scans that showed marked low signal intensity on T1-weighted images correlated with the diagnosis of necrosis of the proximal segment of the scaphoid (grades G3 and G4), showing high sensitivity. Likewise, most MRI scans that did not show any signal changes also correlated with the diagnosis of viable bone. However, results showing low signal intensity on T1-weighted images cannot be considered, because the low

correlation (28%). Marked low signal intensity on T1-weighted MRI was thus a valuable tool in the presumptive diagnosis of necrosis of the proximal segment of the scaphoid.

Regarding to intraoperative assessment findings, there was 90% of correlation diagnostic with histological examination of the proximal pole of the scaphoid, which requires greater attention to the presence of bleeding in the proximal segment of the scaphoid.

Interestingly, histological examination revealed four distinct patterns for the microscopically of analyzed segment. Total bone necrosis occurred in only 31% of the cases, without viable proximal scaphoid pole. In the most of the cases (62%) has found intermediate grade, with areas showing more or less cellularity (osteoblasts) or necrosis. This situation is rarely described or discussed in the literature, emphasizes the need to evaluate better the vascularity conditions of the proximal scaphoid pole, since most of the cases are not complete necrosis or full bone viability but are intermediate grade. These data may help provide prognostic information regarding this difficult condition, and further experimental and clinical studies are required to determine the successful surgical outcome, depending on the existing histological pattern. It is noteworthy that the samples were extracted en bloc, in the central, dorsal and volar proximal pole of the scaphoid, making the analysis more reliable (35).

There are no reports of correlations between imaging tests and intraoperative and histological findings. Cerezal and Abascal (16) reported as limitation of their study, the lack of correlation among imaging tests, intraoperative findings and confirmation with histological test. Our findings shows 41% agreement among all parameters assessed.

Knowledge of the vascular status of the proximal scaphoid pole in cases of nonunion allows the surgeon to select the most suitable surgical approach. For patients with a diagnosis of nonunion of the scaphoid, radiographic imaging and marked low signal intensity on preoperative T1-weighted MRI should be considered carefully, as should the state of vascularization of the proximal pole intraoperatively.

Conclusion

In scaphoid nonunion MRI images with marked low signal intensity on T1-weighted and the absence of intraoperative punctate bone bleeding are strong indicatives of osteonecrosis of the proximal fragment.

5. REFERENCES

1. Chang M, Bishop A, Moran S. The outcomes and complications of 1,2 intercompartmental supraretinacular artery pedicled vascularized bone grafting of scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am.* 2006;31:387-396.
2. Dias J, Brenkel I, Finlay D. Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid. *J Bone Joint Surg.* 1989;71B:307-310.
3. Compson J. The anatomy of acute scaphoid fractures. A three-dimensional analysis of patterns. *J Bone Joint Surg.* 1998;80-B:218-224.
4. Taljanovic M, Karantanas A, Griffith JF, Desilva GL, Rieke JD, JE. S. Imaging and treatment of scaphoid fractures and their complications. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012;16(2):159-174.

5. Geissler W, Adams JE, Bindra RR, Lanzinger WD, DJ. S, . Scaphoid Fractures: What's Hot, What's Not. *Instr Course Lect.* 2012;61:71-84.
6. Benis J, Turpin F. The role of imaging in the assessment of vascularity at hand and wrist. *Chir Main.* 2010;29(Suppl 1):S21-27.
7. Schmitt R, Christopoulos G, Wagner M, Krimmer H, Fodor S, van Schoonhoven J, et al. Avascular necrosis (AVN) of the proximal segment in scaphoid nonunion: is intravenous contrast agent necessary in MRI. *Eur J Radiol.* 2011;77(2):222-227.
8. Pao V, Chang J. Scaphoid nonunion: diagnosis and treatment. *Plast Reconstr Surg.* 2003;112:1666-1676.
9. Alnot J, Bellan N, Oberlin C, C. DC. Fractures and non unions of the proximal pole of the carpal scaphoid bone internal fixation by a proximal to distal screw. *Ann Chir Main.* 1988;7:101-108.
10. Barton N. Twenty questions about scaphoid fractures. *J Hand Surg Br.* 1992;17:289-310.
11. Zaidenberg C, Siebert J, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1991;16:474-478.
12. Derby B, Murray P, Shin A, Bueno R, Mathoulin C, Ade T, et al. Vascularized bone grafts for the treatment of carpal bone pathology. *Hand Surg Am.* 2013;8:27-40.
13. Green D. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1985;10:597-605.
14. Imaeda T, Nakamura R, Miura T, Makino N. Magnetic resonance imaging in scaphoid fractures. *J Hand Surg Br.* 1992;17:20-27.

15. Smith M. Using computed tomography to assist with diagnosis of avascular necrosis complicating chronic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am* 2009;34:1037-1043.
16. Cerezal L. Usefulness of gadolinium-enhanced MR imaging in the evaluation of the vascularity of scaphoid nonunions. *Am J Roentgenol.* 2000;174:141-149.
17. Qu G, HP vS. Trabecular microstructure at the human scaphoid nonunion. *Hand Surg Am.* 2008;33(5):650-655.
18. Ribak S, Medina C, Mattar R, Ulson H, Resende M, Etchebehere M. Treatment of scaphoid nonunion with vascularised and nonvascularised dorsal bone grafting from the distal radius. *Int Orthop.* 2010;34:683-688.
19. Grimes D, Schulz KF. An overview of clinical research: the lay of the land. *Lancet.* 2002;359:57-61.
20. Sakuma M, Nakamura R, Imaeda T. Analysis of proximal segment sclerosis and surgical outcome of scaphoid non-union by magnetic resonance imaging. *J Hand Surg Br* 1995;20:201-205.
21. Fondi C, Franchi A. Definition of bone necrosis by the pathologist. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2007;4(1):21-26.
22. Marcus R. Normal and abnormal bone remodeling in man. *Ann Rev Med.* 1987;38:129-41.
23. McClure J, Smith P. Consequences of avascular necrosis of the femoral head in aluminium-related renal osteodystrophy and the role of endochondral ossification in the repairprocess. *J Clin Pathol.* 1983;36: 260-268.

24. Parfitt A, Drezner M, Glorieux F, Kanis J, Malluche H, Meunier P, et al. Bone Histomorphometry : Standardization of Nomenclature, Symbols, and Units. Report of the ASBMR histomorphometry nomenclature committee. . J Bone Miner Res. 1987;2(6):595-610.
25. Schuind F. Prognostic factors in the treatment of carpal scaphoid nonunions. J Hand Surg Am. 1999;24:761-776.
26. Buijze G, Ochtman L, Ring D. Management of scaphoid nonunion. J Hand Surg Am. 2012;37(5):1095-1100.
27. Waitayawinyu T, McCallister W, Katolik L, Schlenker J, Trumble T. Outcome after vascularized bone grafting of scaphoid nonunions with avascular necrosis. J Hand Surg Am. 2009;34(3):387-394.
28. Shah J, ; JW. Factors affecting the outcome in 50 cases of scaphoid nonunion treated with Herbert screw fixation. J Hand Surg Br 1998;23:680-685.
29. Buchler U, Nagy L. The issue of vascularity in fractures and non-union of the scaphoid. J Hand Surg Br. 1995;20:726-735.
30. Dawson J, Martel A, Davis T. Scaphoid blood flow and acute fracture healing. A dynamic MRI study with enhancement with gadolinium. J Bone Joint Surg Br. 2001;83(6):809-814.
31. Paul P, O'Byrne E, Blancuzzi V, Wilson D, Gunson D, Douglas F, et al. Magnetic resonance imaging reflects cartilage proteoglycan degradation in the rabbit knee. Skeletal Radiol. 1991;20(1):31-36.

32. Donati O, Zanetti M, Nagy L, Bode B, Schweizer A, Pfirrmann C. Is dynamic gadolinium enhancement needed in MR imaging for the preoperative assessment of scaphoidal viability in patients with scaphoid nonunion? *Radiology*. 2011;260:808-816.
33. Gunal I, Ozcelik A, Gokturk E, Ada S, . DM. Correlation of magnetic resonance imaging and intraoperative punctate bleeding to assess the vascularity of scaphoid nonunion. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1999;119:285-287.
34. Kenji K, Kevin C. Chung. Treatment of Scaphoid Fractures and Nonunions. *J Hand Surg Am*. 2008;33:988 - 997.
35. Urban M, Green D, Aufdemorte T. The patchy configuration of scaphoid avascular necrosis. *J Hand Surg Am*. 1993;18(4):669-674.

4 CONCLUSÃO

Em pseudoartrose do escafoide, imagens de ressonância nuclear magnética com hipossinal marcado em T1 e ausência de sangramento no intraoperatório são fortes indicativos de necrose avascular do segmento proximal.

5 REFERÊNCIAS

- 1) Adams BD, Blair WF, Reagan DS, Grundberg AB. Technical factors related to Herbert screw fixation. *J Hand Surg.* 1988; 13:893-9.
- 2) Berger RA. The anatomy of the scaphoid. *Hand Clin.* 2001; 17:525-32.
- 3) Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg.* 1980; 5:508-13.
- 4) Pao VS, Chang J. Scaphoid nonunion: diagnosis and treatment. *Plast Reconstr Surg.* 2003;112:1666–1676; quiz 1677; discussion 1678–1669.
- 5) Handley RC, Pooley J: The venous anatomy of the scaphoid. *J Anat.* 1991; 178:115-8.
- 6) Travaglini F. Arterial circulation of the carpal bones. *Bull Hosp Joint Dis.* 1959; 20:19-36.
- 7) Chang M, Bishop A, Moran S, Shin AY. The outcomes and complications of 1,2 intercompartmental supraretinacular artery pedicled vascularized bone grafting of scaphoid nonunions. *J Hand Surg Am.* 2006;31:387–96.
- 8) Barton NJ. Preface. In: Barton NJ (ed.). *Fractures of the hand and wrist. The hand and upper limb, v.4.*, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1988.
- 9) Howe LM. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1999; 33:423-6.

- 10) Adler JB, Shaftan GW. Fractures of the capitate. *J Bone Joint Surg Am.* 1962; 44:1537-47.
- 11) Wolf JM, Dawson L, Mountcastle SB, Owens BD. The incidence of scaphoid fracture in a military population. *Injury.* 2009; 40:1316-9.
- 12) Dickson RA. Scaphoid fractures: conservative management. In: Barton NJ (ed.). *Fractures of the hand and wrist. The hand and upper limb. Vol. 4.* London: Churchill Livingstone, 1988:210-9.
- 13) Amadio PC, Moran SL. Fractures of the carpal bones. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, Wolfe SW (eds.) *Green's operative hand surgery.* Philadelphia: Elsevier, 2005:711-31.
- 14) Compson JP. The anatomy of acute scaphoid fractures. A three-dimensional analysis of patterns. *J Bone Joint Surg.* 1998;80-B:218-24.
- 15) Dias JJ, Brenkel IJ, Finlay DB. Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid. *J Bone Joint Surg.* 1989;71B:307–10.
- 16) Weber ER, Chao EY. An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fracture. *J Hand Surg.* 1978; 3:142-8.
- 17) Geissler WB, Slade JF. Fractures of the carpal bones. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, Wolfe SW (eds.) *Green's operative hand surgery.* Philadelphia: Elsevier, 2010:639-709.
- 18) Taljanovic MS, Karantanas A, Griffith JF, Desilva GL, Rieke JD, Sheppard JE. Imaging and treatment of scaphoid fractures and their complications. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012; 16(2):159–74.

- 19) Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH, Yu E. The natural history of scaphoid non-union. *J Bone Joint Surg.* 1984; 66:504-9.
- 20) Duppe 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; 76:249-52.
- 21) Buchler U, Nagy L. The issue of vascularity in fractures and non-union of the scaphoid. *J Hand Surg Br* 1995; 20:726–35.
- 22) Waitayawinyu T, McCallister WV, Katolik LI, Schlenker JD, Trumble TE. Outcome after vascularized bone grafting of scaphoid nonunions with avascular necrosis. *J Hand Surg Am.* 2009 Mar; 34(3):387–94.
- 23) Smith ML, Bain GL, Charbrel N, Turner P, Carter C, Field J. Using computed tomography to assist with diagnosis of avascular necrosis complicating chronic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 2009; 34:1037–43.
- 24) Imaeda T, Nakamura R, Miura T, Makino N. Magnetic resonance imaging in scaphoid fractures. *J Hand Surg Br.* 1992; 17:20–7.
- 25) Cerezal L, 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. *Am J Roentgenol.* 2000; 174:141–9.
- 26) Green DP. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1985; 10:597–605.
- 27) Qu G, von Schroeder HP. Trabecular microstructure at the human scaphoid nonunion. *Hand Surg Am.* 2008; 33(5):650–5.

- 28) Ribak S, Medina CEG, Mattar R, Ulson HJR, Resende MR, Etchebehere M. Treatment of scaphoid nonunion with vascularised and nonvascularised dorsal bone grafting from the distal radius. *Int Orthop*. 2010; 34:683–8.
- 29) Hori Y, Tamai S, Okuda H, Sakamoto H, Takita T, Masuhara K. Blood vessel transplantation to bone. *J Hand Surg*. 1979; 4:23-33.
- 30) Perlik PC, Guilford WB. Magnetic resonance imaging to assess vascularity of scaphoid nonunions. *J Hand Surgery*. 1991, 16A: 479-4.
- 31) Beltran J, Herman LJ, Burk JM, Zuelzer WA, Clark RN, Lucas JG, et al. Femoral head avascular necrosis: MR imaging with clinical-pathologic and radionuclide correlation. *Radiology*. 1988; 166: 215-20.
- 32) Markisz JA, Knowles RJR, Altchek DW, Schneider R, Whalen JP, Cahill PT. Segmental patterns of avascular necrosis of the femoral heads: Early detection with MR imaging. *Radiology*. 1987; 162: 717-20.
- 33) Wenda K, Ritter G, Pedrosa P, Higer HP, Kreitner KF, Störkel S. Interpretation of MR tomography findings in trauma surgery. *Unfallchirurg*, 1991. 94: 302-7.
- 34) Robinson HJ, Hartleben PD, Lund G, Scheriman, J. Evaluation of magnetic resonance imaging in the diagnosis of osteonecrosis of the femoral head: Accuracy compared with radiographs, core biopsy, and intraosseous pressure measurements. *J Bone Joint Surg*. 1989; 71A: 650-63.
- 35) Schmitt R, Heinze A, Fellner, Obletter N, Struhn R, Bautz W. Imaging and staging of avascular osteonecroses at the wrist and hand. *Eur J Radiol* 1997; 25:92–103.

- 36) Dawson JS, Martel AL, Davis TR. Scaphoid blood flow and acute fracture healing. A dynamic MRI study with enhancement with gadolinium. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(6):809-14.
- 37) Sakuma M, Nakamura R, Imaeda T. Analysis of proximal segment sclerosis and surgical outcome of scaphoid non-union by magnetic resonance imaging. *J Hand Surg Br* 1995; 20:201–5.
- 38) Paul PK, O'Byrne E, Blancuzzi V, Wilson D, Gunson D, Douglas FL, et al. Magnetic resonance imaging reflects cartilage proteoglycan degradation in the rabbit knee. *Skeletal Radiol* 1991; 20:31–6.
- 39) Gunal I, Ozcelik A, Gokturk E, Ada S, Demirtas M. Correlation of magnetic resonance imaging and intraoperative punctate bleeding to assess the vascularity of scaphoid nonunion. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999; 119:285–7.

6 ANEXOS

Anexo 1. Parecer do comitê de ética

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DIAGNÓSTICO DE NECROSE AVASCULAR EM PACIENTES COM PSEUDOARTROSE DO ESCAFOIDE: CORRELAÇÃO DOS EXAMES DE IMAGEM PRÉ-OPERATÓRIOS E ACHADOS INTRA-OPERATÓRIOS COM O

Pesquisador: Michel Roberto Bervian

Área Temática: Área 3. Fármacos, medicamentos, vacinas e testes diagnósticos novos (fases I, II e III) ou não registrados no país (ainda que fase IV), ou quando a pesquisa for referente a seu uso com modalidades, indicações, doses ou vias de administração diferentes daquelas estabelecidas, incluindo seu emprego em combinações.

Versão: 3

CAAE: 03995012.7.0000.5404

Instituição Proponente: Hospital de Clínicas - UNICAMP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 182.445

Data da Relatoria: 18/12/2012

Apresentação do Projeto:

O pesquisador esclarece que o tratamento da pseudoartrose do escafoide ainda é um desafio em cirurgias da mão, notadamente as pseudoartroses localizadas na extremidade proximal deste osso e as relacionadas com sofrimento vascular dos segmentos. A escolha correta da melhor opção de tratamento depende do diagnóstico preciso do estado vascular deste osso. Diversos métodos de diagnóstico são descritos na literatura, porém nenhum estudo correlaciona todos os métodos disponíveis ao mesmo tempo. Na atualidade, com o advento da medicina baseada em evidências, há uma necessidade crescente por estudos, que de uma forma mais completa, ajudem a determinar um diagnóstico correto do estado vascular do escafoide, tendo como consequência um tratamento mais preciso.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo será realizar exames de imagem pré-operatórios (radiografia, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética), verificar a vascularização do segmento proximal do escafoide no intraoperatório e estabelecer correlações diagnósticas destes com o exame anatomopatológico, em pacientes portadores de pseudoartrose do escafoide.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos para a população estudada são desprezíveis, pois não há qualquer alteração na

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

técnicacirúrgica proposta, tendo em vista que todos os procedimentos realizados neste estudo são feitos rotineiramente em qualquer cirurgia para pseudoartrose do escafoíde. O estudo não produzirá gastos ou incômodos adicionais aos pacientes porque não altera a rotina de consultas e exames. Os pacientes serão indiretamente beneficiados pelo aprimoramento do conhecimento acerca do diagnóstico de necrose avascular do segmento proximal do escafoíde; ajudando, com isso, na escolha da melhor técnica cirúrgica a ser utilizada, aumentando as taxas de consolidação. A pesquisa será suspensa no caso de surgir algum risco não previsto para os pacientes em estudo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O trabalho está bem escrito e é claro. O pesquisador anexou o projeto completo. A pesquisa não vai interferir na rotina dos pacientes. Os pesquisadores apenas irão analisar o material coletado na raspagem, e que, na rotina das cirurgias, é descartado. Com base nessas informações, e nos resultados dos exames de imagem, os pesquisadores pretendem aprimorar o diagnóstico do estado vascular do escafoíde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador acolheu todas as recomendações do parecer consubstanciado, estando o TCLE agora, de acordo com os termos da Resolução 196/96.

Recomendações:

Aprovação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O pesquisador realizou todas as alterações necessárias para que o TCLE estivesse de acordo com os termos da Resolução 196/96, estando agora, a pesquisa aprovada para iniciar a coleta de dados.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está aprovado, conforme justificativa acima.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

Anexo 2. Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS

SERVIÇO DE ORTOPEDIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO DE PESQUISA:

Pesquisador Responsável: Dr. Michel Roberto Bervian

Campinas, SP..... de de 2013

Prezado (a),

A pesquisa intitulada “**Diagnóstico de necrose avascular em pacientes com pseudoartrose do escafoide: Correlação dos exames de imagem pré-operatórios e achados intra-operatórios com o anatomopatológico**” está sendo desenvolvida sob a responsabilidade do pesquisador **Michel Roberto Bervian**, do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. O objetivo deste estudo será realizar exames de imagem pré-operatórios (radiografia, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética), verificar a vascularização do segmento proximal do escafoide no

intraoperatório e estabelecer correlações diagnósticas destes com o exame anatomopatológico, em pacientes portadores de pseudoartrose do escafoide.

Sua participação neste estudo será a de realizar os exames pré-operatórios de RX, tomografia e ressonância nuclear magnética do punho com pseudoartrose do escafoide. O material que será usado no estudo é a raspagem do seu osso escafoide que seria descartado de qualquer forma durante o procedimento cirúrgico, não fazendo falta nenhuma para você e nem alterando o tipo de cirurgia escolhido. Esse procedimento é feito como rotina em todas as cirurgias para pseudoartrose do escafoide. O material colhido será usado exclusivamente para esse estudo, sendo completamente descartado após sua análise. O seu caso é de cirurgia, pois o osso escafoide, que é um dos ossos mais importante do punho, não consolidou (“colou”). Quando isso acontece, é necessária uma cirurgia para tratar essa falta de consolidação. Caso contrário, o seu punho poderá evoluir com dor, rigidez e artrose (desgaste) das outras articulações. Os riscos são os que envolvem qualquer cirurgia de qualquer paciente, como anestesia ou infecção. Os riscos específicos para qualquer paciente que opera os ossos do punho são a falha da consolidação e dor persistente pós-cirurgia.

Considera-se este estudo relevante, pois ele permitirá o aprofundamento do conhecimento científico sobre o assunto, para que se possa chegar a um diagnóstico mais preciso em relação à vitalidade do osso escafoide e, como consequência, trará também benefícios para pacientes que, como você, necessitam de uma escolha mais adequada da cirurgia. A participação neste estudo não muda em nada a escolha ou não da cirurgia, nem qual o tipo de procedimento cirúrgico a ser realizado. Caso você não queira participar deste

estudo ou queira desistir no meio dele, não haverá prejuízo algum para o seu atendimento no hospital.

O seu envolvimento nesse trabalho é voluntário, sendo-lhe garantido que os seus dados pessoais serão mantidos em sigilo e os resultados obtidos na pesquisa serão utilizados apenas para alcançar o objetivo do trabalho, exposto acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada. A participação nessa pesquisa não lhe trará qualquer prejuízo ou benefício financeiro ou profissional e, se desejar, a sua exclusão do grupo de pesquisa poderá ser solicitada, a qualquer momento. Informo ainda que o termo será feito em duas vias, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador.

O projeto em questão foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que poderá ser contatado para quaisquer esclarecimentos quanto à avaliação de caráter ético do projeto.

Tendo lido as informações dadas sobre a pesquisa, com a oportunidade de fazer perguntas e ter recebido repostas às minhas indagações, bem como esclarecido que tenho direito de deixar o estudo a qualquer momento, dou consentimento para que as informações por mim prestadas sejam usadas nesta pesquisa.

Nome do paciente / participante: _____.

Endereço: _____.

Telefone: _____.

RG: _____ . CIC: _____ .

Assinatura: _____ .

Testemunha

Confirmo que o médico forneceu os esclarecimentos pertinentes e respondeu de forma clara e compreensível (em linguagem não técnica) a todas as perguntas formuladas pelo paciente (ou representante legal) e este declarou ter compreendido e consentido.

Nome da Testemunha: _____ .

RG: _____ . CIC: _____ .

Assinatura: _____ .

Nome do pesquisador: Michel Roberto Bervian.

CRM-SP: 143056

Telefones de contato:

Telefone do pesquisador: pode ser usado a qualquer momento para esclarecer dúvidas relacionadas à pesquisa.

Nome: *Michel Roberto Bervian*

Fone: (19) 81446367

E-mail: mrbervian@pop.com.br

Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP: para eventuais denúncias e/ou reclamações referente aos aspectos éticos da pesquisa.

Fone/Fax: (19) 3521-8936

Fone/Fax: (19) 3521-7187

e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Anexo 3. Carta de submissão do artigo

Ref.: Ms. No. JHS-D-13-01217R1

Scaphoid fracture nonunion: correlation of radiographic imaging (routine, CT, MRI), proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery

Dear Dr. Bervian,

We have received your revised submission.

You may check the status of your manuscript as it continues through the review process by logging onto Elsevier Editorial Systems at <http://ees.elsevier.com/jhs/>.

Your username is: mbervian@hotmail.com

If you need to retrieve password details, please go to: http://ees.elsevier.com/jhs/automail_query.asp

Best wishes,

Roy Meals, MD

Editor

The Journal of Hand Surgery

E-mail: rmeals@ucla.edu

Anexo 4. Carta de submissão do artigo

7/7/2014 ScholarOne Manuscripts
<https://mc.manuscriptcentral.com/io> 1/2

International Orthopaedics

Thank you for submitting your manuscript to *International Orthopaedics*.

Manuscript ID: IO-07-14-1192

Title:

Scaphoid fracture nonunion: correlation of radiographic imaging (routine, C T, MRI), proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery

Authors:

Bervian, Michel

Ribak, Samuel

Livani, Bruno

Date Submitted: 07-Jul-2014

© Thomson Reuters | © ScholarOne, Inc., 2014. All Rights Reserved.

ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.

ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

· [@ScholarOneNews](#) | · [System Requirements](#) | · [Privacy Statement](#) | · [Terms of Use](#)